

PRODUTO 3

“LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO DAS ALTERNATIVAS ÀS SDOs NO
SETOR DE REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO – MANUFATURA DE
EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS”

Consultor: Gutenberg da Silva Pereira
Brasil, outubro de 2019

ÍNDICE

1. Introdução	3
2. Escopo do Trabalho	3
3. Escopo do Produto 3	3
4. Padrões de crescimento do consumo de alternativas às SDOs por tipo de substância	4
4.1 Padrão de crescimento do consumo do HCFC-22	4
4.2 Padrão de crescimento do consumo do HFC-134a	6
4.3 Padrão de crescimento do consumo do HFC-404A	8
4.4 Padrão de crescimento do consumo do HFC-407C	9
4.5 Padrão de crescimento do consumo do HFC-410A)	11
4.6 Padrão de crescimento do consumo do R-402A (HP80)	12
4.7 Padrão de crescimento do consumo do R-402B (HP81)	14
4.8 Padrão de crescimento do consumo do R-1234yf	15
4.9 Padrão de crescimento do consumo do HC	17
4.10 Padrão de crescimento do consumo do HFC-32	19
4.11 Padrão de crescimento do consumo do CO ₂	20
4.12 Padrão de crescimento do consumo de NH ₃	22
5. Metodologia para previsão do crescimento de alternativas às SDOs utilizadas em cada setor e previsão até 2030	23
5.1 Refrigeração	23
5.1.1 Refrigeração doméstica	23
5.1.2 Refrigeração comercial	32
5.1.3 Refrigeração industrial	50
5.2 Ar condicionado	53
5.2.1 Ar condicionado de janela	53
5.2.2 Ar condicionado do tipo split	60
5.2.3 Ar condicionado do tipo rooftop	69
5.2.4 Ar condicionado do tipo self contained	77
5.2.5 Ar condicionado do tipo Fluxo de Refrigerante Variável – VRF (Médio e Grande Porte)	86
5.2.6 Ar condicionado do tipo <i>Chiller</i> (Central de Água Gelada)	92
6. Oportunidades e desafios para a introdução de alternativas às SDOs de baixo GWP	106
7. Vínculos dos fluidos alternativos às SDOs com o PBH	109

1. Introdução

Esse trabalho tem como objetivo a coleta de informações sobre o uso, consumo histórico e futuro das alternativas às Substâncias que Destroem o Ozônio - SDOs no setor de manufatura de equipamentos e aparelhos de ar condicionado, no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração doméstica, comercial e industrial, e no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado (RAC), incluindo seus subsetores; considerando substâncias alternativas de baixo, médio e alto Potencial de Aquecimento Global (GWP). A pesquisa fornecerá uma visão abrangente do mercado nacional onde as alternativas às SDOs para os referidos setores foram e/ou serão gradualmente implantadas, levando em consideração as tecnologias existentes.

A pesquisa foi realizada tendo como referência o documento “Guia de Preparação de Pesquisa sobre alternativas às SDOs”, do Anexo Técnico do Termo de Referência.

2. Escopo do Trabalho

Este trabalho tem como foco a análise dos dados coletados, bem como a apresentação de uma metodologia para a previsão do crescimento da utilização de substâncias alternativas às SDOs, nos seguintes setores, incluindo seus subsetores:

- i) manufatura de equipamentos de ar condicionado, incluindo seus subsetores;
- ii) manufatura de equipamentos de refrigeração, incluindo seus subsetores, considerando as aplicações doméstica, comercial e industrial; e
- iii) serviços de refrigeração e ar condicionado.

3. Escopo do Produto 3

Este documento corresponde à análise e avaliação dos dados coletados, obtidos por meio dos questionários, levantamento de campo e contato telefônico, de acordo com o apresentado na Atividade 2 do referido Termo de Referência:

Atividade 2. Analisar e avaliar os dados coletados (obtidos por meio dos questionários e levantamentos de campo), conforme orientação apresentada abaixo:

- a) Padrões de crescimento do consumo de alternativas de SDOs por tipo de substância:
 - i. Desenvolver metodologia para previsão do crescimento de alternativas às SDOs utilizadas em cada setor e subsetor;
 - ii. Revisar os dados históricos (desde 2012) sobre o uso de cada alternativa às SDOs e prever seu crescimento (até 2030);
 - iii. Estimar os padrões de crescimento do setor e subsetor onde as alternativas às SDOs são utilizadas (até 2030);
- b) Analisar os dados sobre a produção de alternativas às SDOs para determinar tendências, se aplicável;
- c) Descrever oportunidades e desafios para a introdução de alternativas às SDOs de baixo GWP para as aplicações onde essas substâncias são usualmente utilizadas: revisar as regulamentações e normas nacionais relacionadas à importação e uso de alternativas às

SDOs e identificar barreiras que limitem a introdução de tecnologias de baixo GWP e de que forma isso pode ser abordado (por exemplo, problema de segurança relacionada às alternativas inflamáveis, falta de normas nacionais, etc.); e

d) Descrever os vínculos com o PBH, dando as devidas considerações sobre como a eliminação progressiva dos Hidroclorofluorcarbonos - HCFCs têm influenciado na introdução de alternativas às SDOs e as dificuldades encontradas.

4. Padrões de crescimento do consumo de alternativas às SDOs, por tipo de substância, para o período de 2009 a 2018.

Neste capítulo são apresentados os padrões de crescimento do consumo¹ dos fluidos alternativos às SDOs e também do HCFC-22, durante o período de 2009 a 2018, conforme dados fornecidos pelo IBAMA e por outras fontes, divididos por setores e subsetores com base em pesquisa realizada junto às associações, sindicatos e empresas do setor de refrigeração e ar condicionado. Também são informados os principais fatores relacionados a estes consumos.

4.1 Padrão de crescimento do consumo do HCFC-22

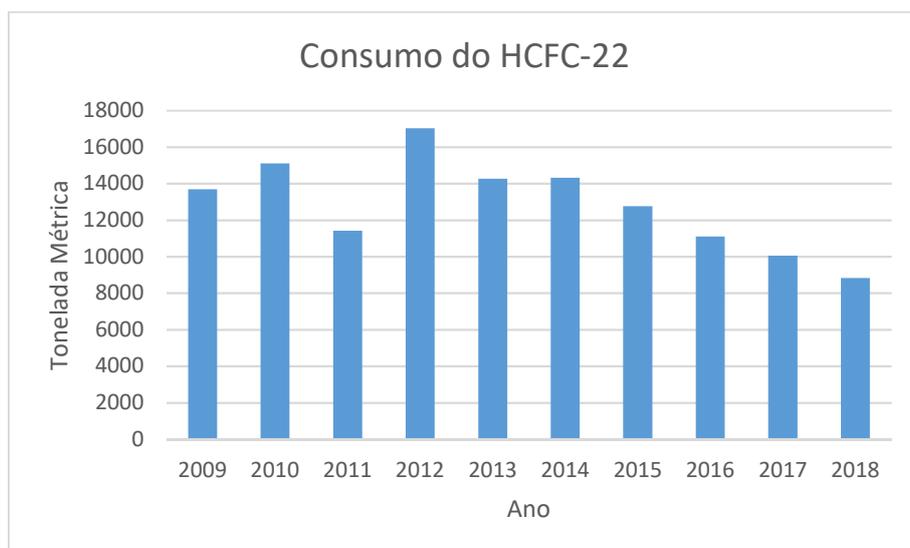
Este fluido refrigerante teve seu consumo aumentado nos últimos 10 anos, devido à eliminação dos CFCs, havendo assim muitos setores e aplicações que fazem uso dessa substância, tais como refrigeração com câmaras frigoríficas, sistemas racks de supermercados, tanto para operação de média quanto na de baixa temperatura, condicionadores de ar do tipo janela, condicionadores de ar do tipo split, *chillers*, equipamentos de ar condicionado do tipo *self-contained*, máquinas de gelo, entre outros, ou seja, existe um leque muito grande e diversificado de aplicações no setor de refrigeração e ar condicionado. Tem como características favoráveis de uso a simplicidade dos sistemas, o manuseio relativamente seguro, a boa eficiência energética, sendo um fluido já muito conhecido e dominado pelos técnicos.

O alto consumo do HCFC-22 no setor de serviços está relacionado com os vazamentos deste fluido, provocados, essencialmente, pela falta de manutenção e instalação adequada dos sistemas e equipamentos acima mencionados. Já no setor de manufatura, especificamente no de ar condicionado, o HCFC-22 não é mais utilizado, abrindo espaço para a utilização de fluidos alternativos às SDOs.

A figura 1 mostra o consumo do HCFC-22 entre os anos de 2009 a 2018.

¹ O consumo para o Protocolo de Montreal é: Consumo = Produção + Importação – Exportação.

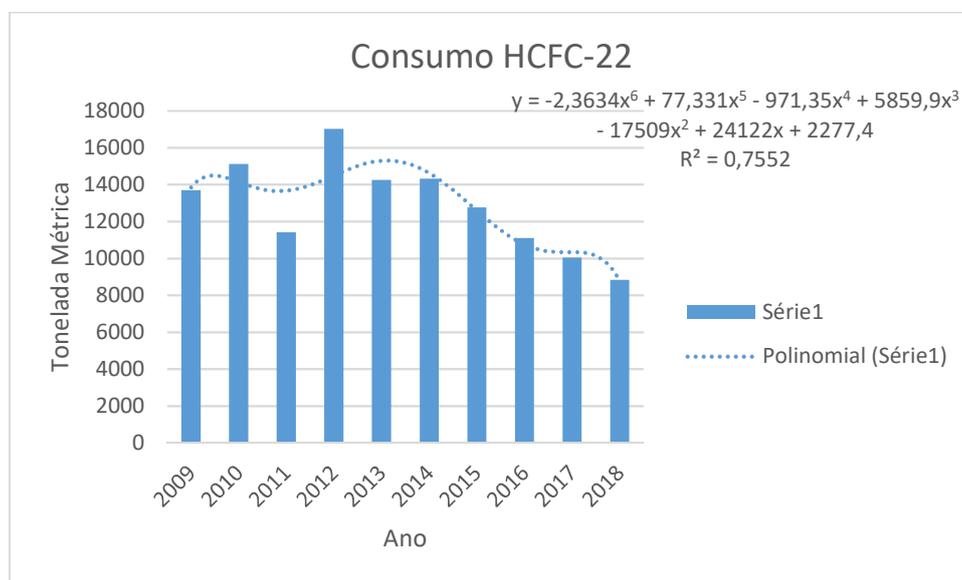
Figura 1 – Consumo do HCFC-22, entre os anos de 2009 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2009 a 2018 do HCFC-22, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 2. O polinômio mostra a linha de tendência, podendo ser utilizado como uma das ferramentas de previsão para o consumo futuro.

Figura 2 – Consumo do HCFC-22, entre os anos de 2009 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o R^2 é o coeficiente de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, em relação aos valores observados. O valor do R^2 quanto mais próximo de 1, melhor o modelo do polinômio se ajusta à amostra.

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e o ano deve ser inserido no polinômio em formato de milhar, e o “y” é o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo, pois tem o R^2 igual a 0,7552, com 75% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como, neste caso específico, o decréscimo da importação do HCFC-22, por conta de sua eliminação gradual de acordo com o cronograma do Protocolo de Montreal, e também os fatores econômicos nacionais envolvidos, tais como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e taxa de crescimento no setor de serviços.

4.2 Padrão de crescimento do consumo do Hidrofluorcarbono HFC-134a

Este fluido refrigerante chegou para substituir o CFC-12 em sistemas de ar condicionado automotivo e em sistemas de refrigeração residenciais e comerciais.

No caso de sistemas para refrigeração, este fluido é usado em câmaras frigoríficas e *racks* de média temperatura, *freezers* comerciais e também em sistemas residenciais, tais como geladeiras (refrigeradores) e *freezers* (congeladores).

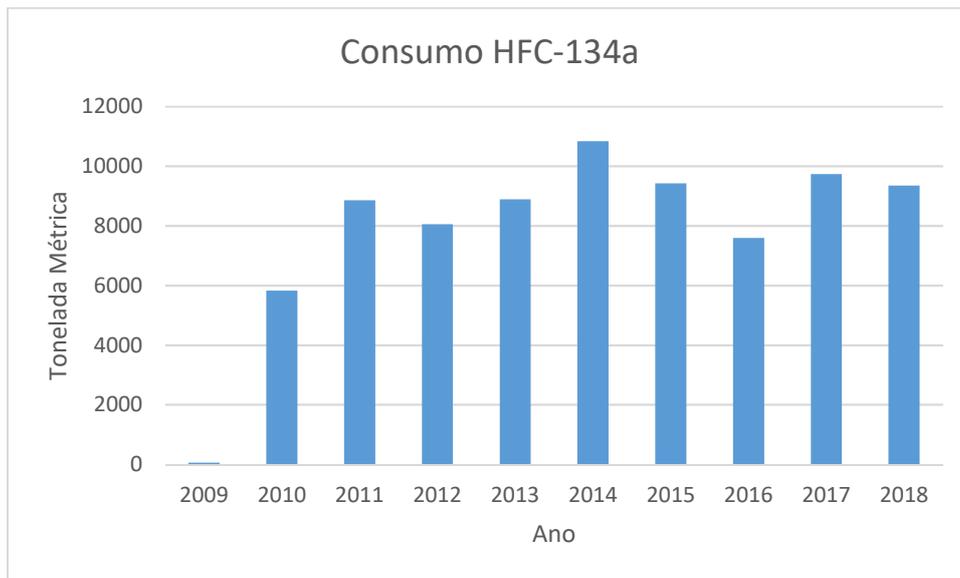
No caso dos sistemas de ar condicionado, este fluido é usado em sistemas de ar condicionado automotivo e *chillers*.

O consumo do HFC-134a no setor de serviços está relacionado com a manutenção e instalação dos sistemas e equipamentos acima mencionados.

No setor de manufatura de refrigeradores e *freezers* domésticos vem ocorrendo um aumento na transição do HFC-134a para os Hidrocarbonetos - HCs. Esta maior transição se intensificou a partir de 2016, onde 40% dos novos refrigeradores e *freezers* foram fabricados com fluido HC, e a cada ano este percentual aumenta (Segundo Eletros, Embraco, Electrolux, Whirlpool e Fricon).

No caso dos *chillers*, atualmente o fluido mais utilizado é o HFC-134a, seguido pelo HFC-410A. A figura 3 mostra o consumo do HFC-134a entre os anos de 2010 a 2018.

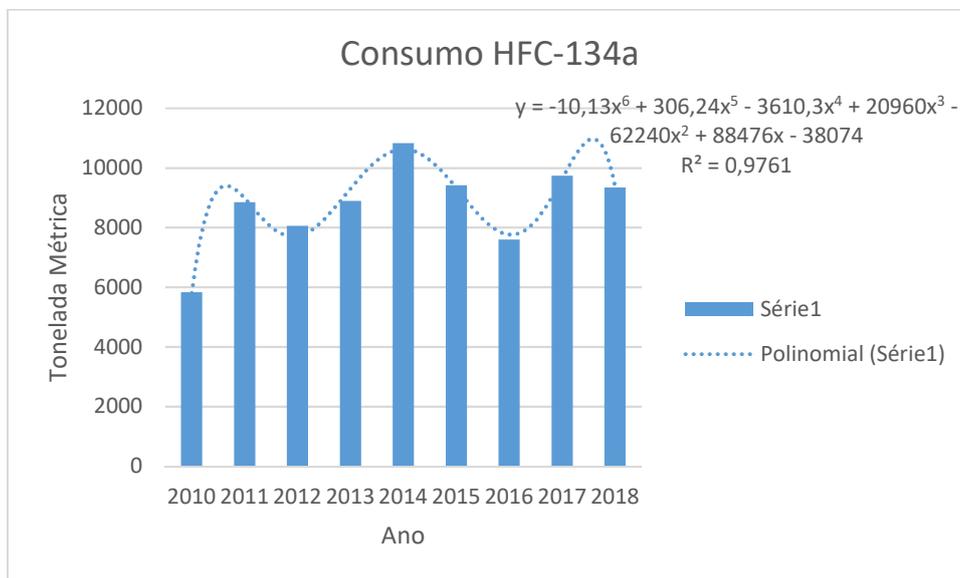
Figura 3 – Consumo do HFC-134a entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do HFC-134a, tem-se o gráfico e o polinômio apresentados na figura 4.

Figura 4 – Consumo do HFC-134a, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo, com R² igual a 0,9761, com 97% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e taxa de crescimento no setor de serviços.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

4.3 Padrão de crescimento do consumo do HFC-404A

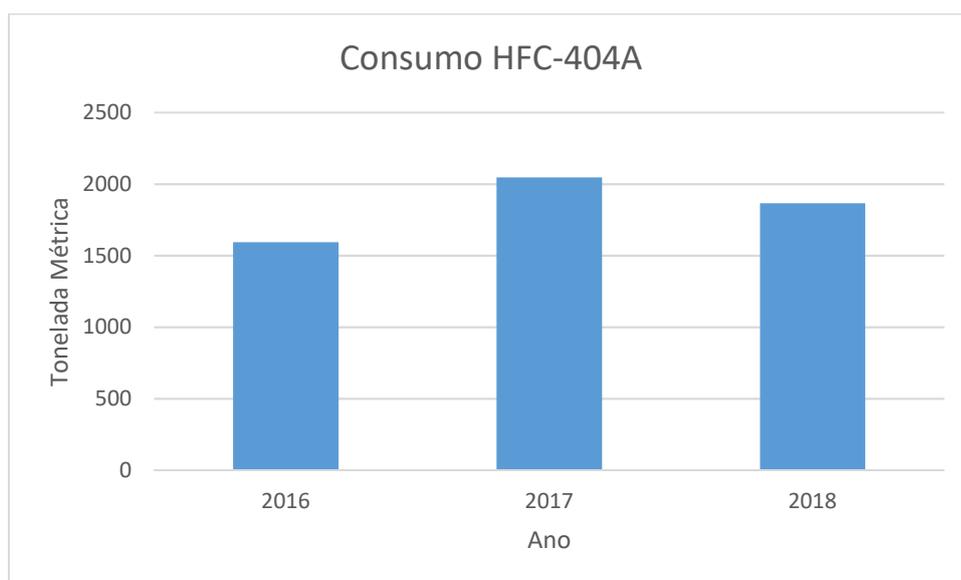
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 nos sistemas de refrigeração comerciais de baixa temperatura, tais como câmaras frigoríficas e *racks* de baixa temperatura, mas também é utilizado em *freezers* comerciais.

No setor de serviços, o consumo do HFC-404A é destinado para a manutenção dos sistemas em operação e para instalação de novas câmaras frigoríficas e novos sistemas do tipo *rack* de baixa temperatura.

Já no setor de manufatura de *freezers* comerciais vem ocorrendo uma transição do HFC-404A para os HCs, que se intensificou a partir de 2017, no qual entre 35% a 38% dos novos *freezers* comerciais foram fabricados com o fluido HC, e a cada ano este percentual aumenta (segundo pesquisa realizada junto à Embraco e Fricon).

Já para os sistemas do tipo *rack* de baixa temperatura, o fluido predominante nos últimos anos tem sido o HFC-404A. Entretanto, iniciou-se uma transição para sistemas com CO₂ e HCs, com expectativa de crescimento apesar dos valores ainda serem baixos. A figura 5 mostra o consumo do HFC-404A entre os anos de 2016 a 2018.

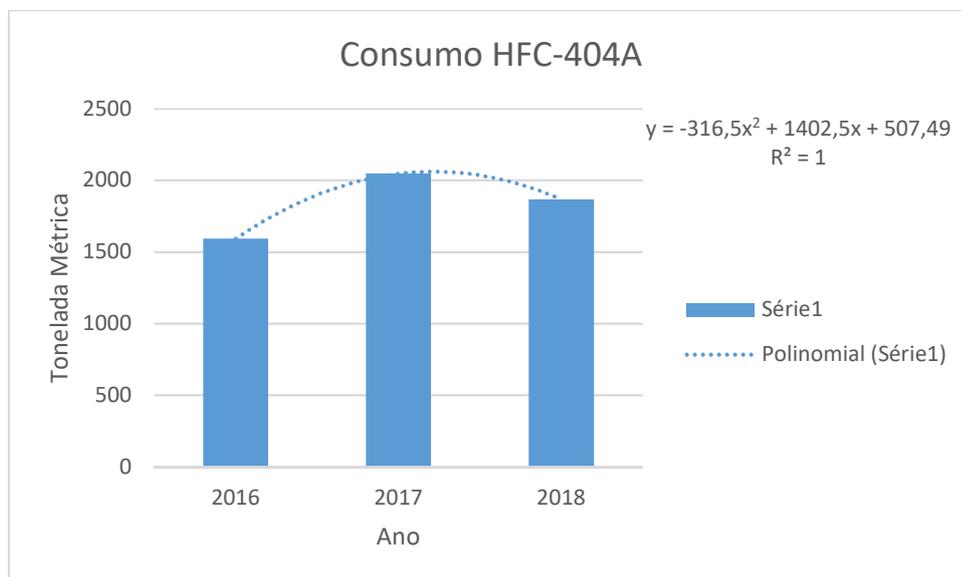
Figura 5 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do HFC-404A, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 6.

Figura 6 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de segunda ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como os fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços. Além da inserção de outros fluidos alternativos, tais como o CO_2 e o HC, fluidos refrigerantes concorrentes para aplicações similares.

4.4 Padrão de crescimento do consumo do HFC-407C

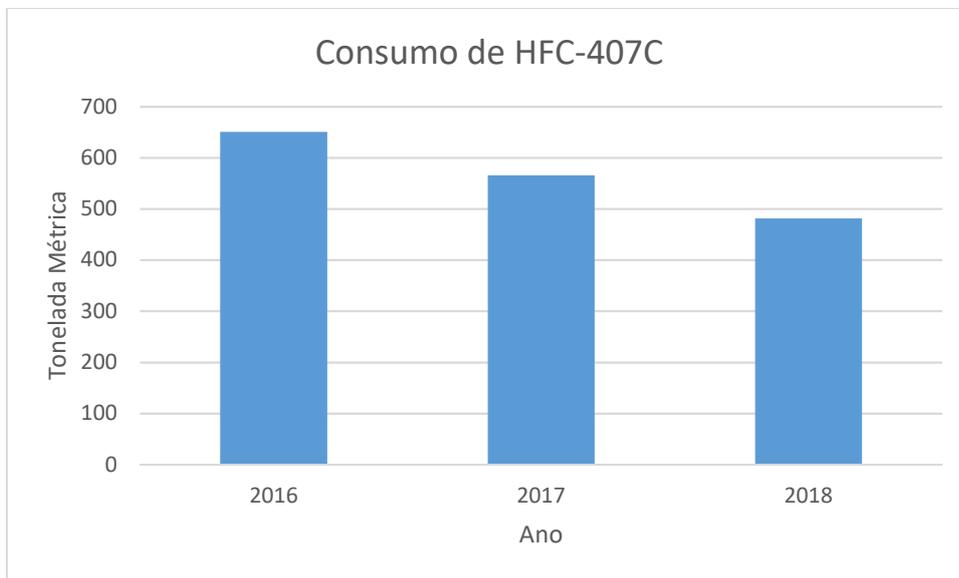
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 em equipamentos novos em aplicações de média e alta temperatura, tais como condicionador de ar doméstico e comercial, bomba de calor e *chillers*. Também pode ser utilizado como uma opção para o *retrofit*. Porém, no mercado brasileiro, o HFC-407C somente é utilizado como *retrofit* dos equipamentos do setor de ar condicionado e bombas de calor que foram fabricados com o HCFC-22.

O consumo do HFC-407C é destinado ao setor de serviços para *retrofit* e manutenção dos equipamentos citados anteriormente. É decrescente, dada a disponibilidade ainda existente do HCFC-22 no mercado brasileiro para manutenção dos equipamentos, não havendo interesse da sua utilização como *drop-in* do HCFC-22.

No caso do setor de manufatura, o mercado optou pelo HFC-410A para sistemas de ar condicionado do tipo *splits*, janela e *chillers* em vez do HFC-407C. Para equipamentos

chillers, o mercado optou pelo HFC-134a em vez do HFC-407C (segundo entrevista com a Springer Midea, Electrolux e Johnson Controls). A figura 7 mostra o consumo do HFC-407C entre os anos de 2016 a 2018.

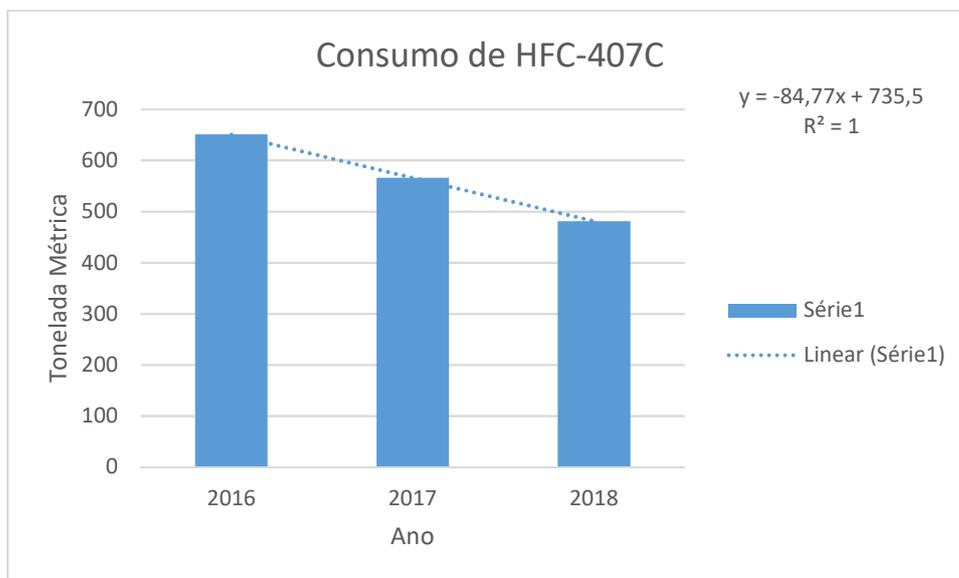
Figura 7 – Consumo do HFC-407A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do HFC-407C, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 8.

Figura 8 – Consumo do HFC-404A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

O decréscimo do consumo do HFC-407C é devido ao desinteresse do mercado em realizar o *drop-in* em sistemas de ar condicionado com HCFC-22, visto ainda haver disponibilidade de HCFC-22 para a manutenção dos aparelhos de ar condicionado. Além disso, também houve no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado à migração, em sua maioria, do HCFC-22 para o HFC-410A.

4.5 Padrão de crescimento do consumo do HFC-410A

Este fluido refrigerante foi desenvolvido para substituir o HCFC-22 em equipamentos novos com aplicações de média e alta temperatura, projetados exclusivamente para trabalhar com o R-410A.

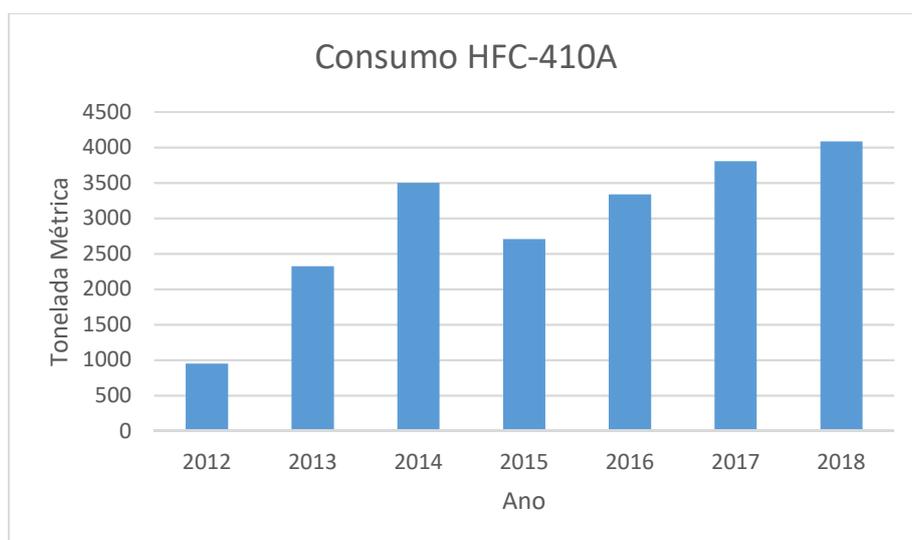
As aplicações são para equipamentos de ar condicionado doméstico do tipo janela e *split*, bombas de calor, *chillers*. Não se trata de uma opção de *retrofit* para o HCFC-22, por conta das pressões de trabalho mais elevadas para o HFC-410A.

O consumo do HFC-410A é destinado ao setor de serviços e de manufatura, visto que esse fluido é a principal alternativa adotada no Brasil para a substituição do HCFC-22 pela indústria do setor de ar condicionado residencial e comercial de baixa e média capacidade.

O consumo do HFC-410A é crescente e estável, acompanhando o crescimento econômico nacional.

A figura 9 mostra o consumo do HFC-410A entre os anos de 2012 a 2018.

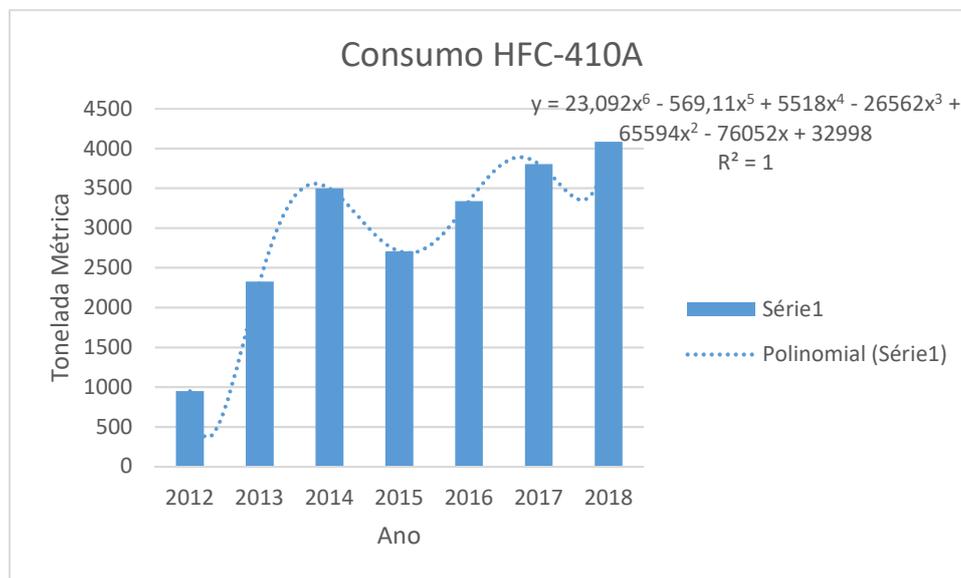
Figura 9 – Consumo do HFC-410A, entre os anos de 2012 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2012 a 2018 do HFC-410A, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 10.

Figura 10 – Consumo do HFC-410A, entre os anos de 2012 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, pois o HFC-410A é atualmente o fluido mais utilizado pela indústria de fabricação de aparelhos de ar condicionado residências de janela, split e também aparelhos comerciais como *multi-split* e *chillers*.

4.6 Padrão de crescimento do consumo do R-402A (HP80)

Este fluido refrigerante é indicado para substituir o R-502 (opção de *retrofit*) em equipamentos novos ou existentes de baixa e média temperatura de evaporação (acima de -26°C).

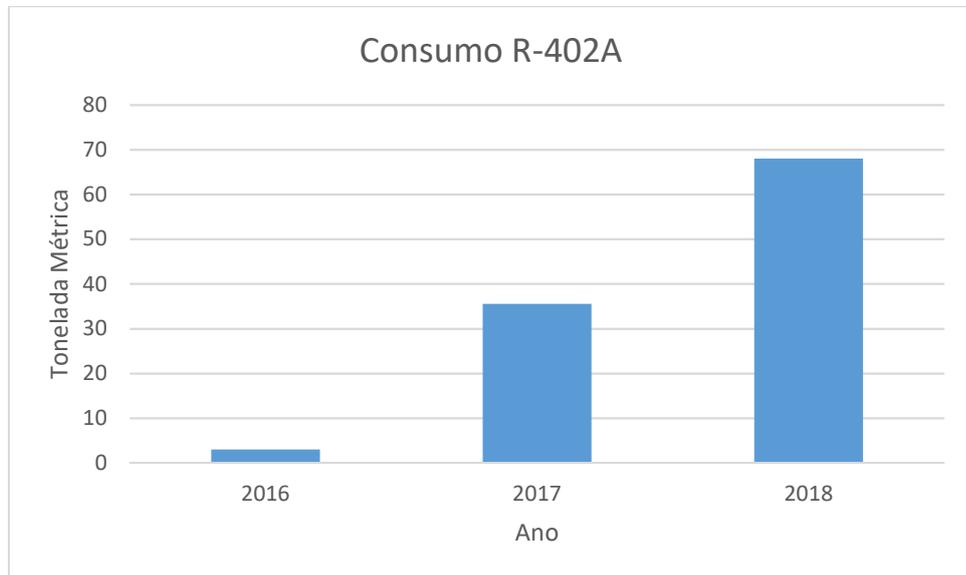
É usado em equipamentos de refrigeração comercial e industrial, tais como câmaras frigoríficas e *racks* de baixa e média temperatura, tanto para alimentos como para processos e túneis de congelamento.

O consumo do R-402A é destinado ao setor de serviços para a manutenção, instalação e *retrofit* dos sistemas acima citados.

O consumo do R-402A é crescente e estável, acompanhando o crescimento econômico nacional, mas ainda tímido devido à utilização de outros fluidos, tais como o HCFC-22 e

o HFC-404A, alternativas mais difundidas e utilizadas. A figura 11 mostra o consumo do R-402A entre os anos de 2016 a 2018.

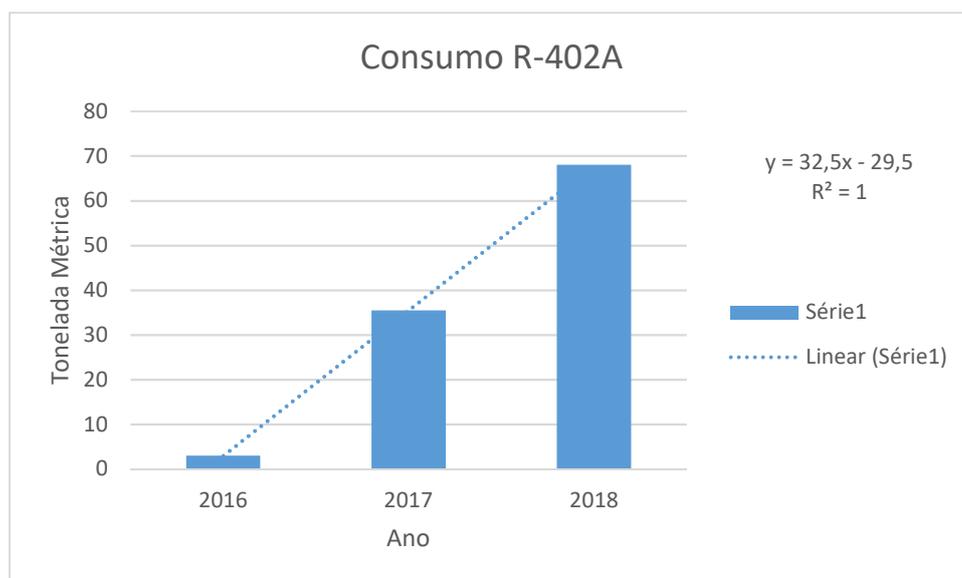
Figura 11 – Consumo do R-402A, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do R-402A, tem-se o gráfico e o polinômio apresentados na figura 12.

Figura 12 – Consumo do R-402A, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de primeira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços.

O consumo deste fluido é baixo quando comparado com outras alternativas como HFC-404A, devido ao fato do R-402A ser usado principalmente como *drop-in*.

4.7 Padrão de crescimento do consumo do R-402B (HP81)

Este fluido refrigerante é indicado para substituir o R-502, em equipamentos novos ou existentes de baixa temperatura de evaporação. É uma opção para o *retrofit* do R-502.

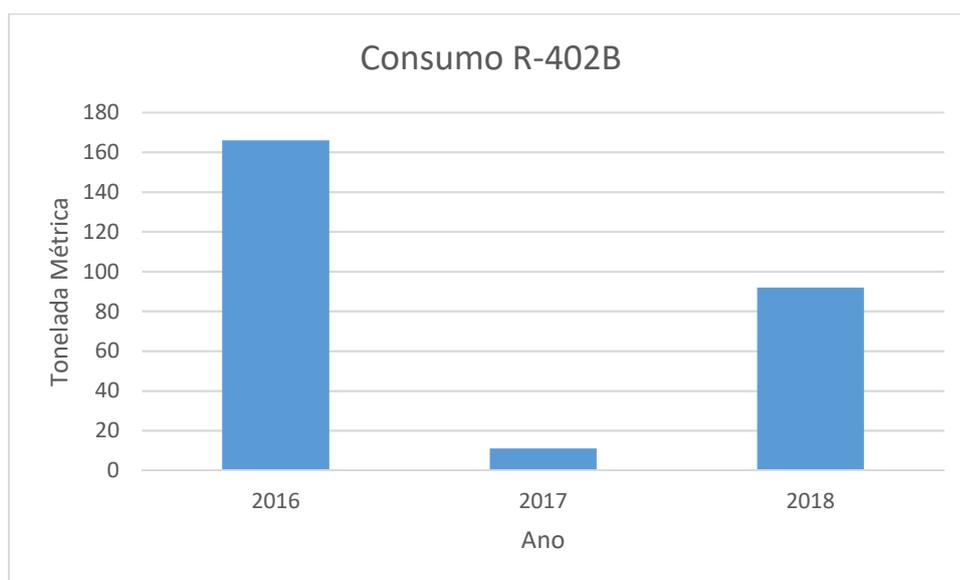
Usado em equipamentos de refrigeração comercial e industrial, tais como máquinas de gelo e câmaras frigoríficas de baixa temperatura.

O consumo do R-402B é destinado ao setor de serviços para manutenção, instalação e *retrofit* dos sistemas acima citados.

O consumo do R-402B é decrescente, devido à existência de outras opções mais comuns no mercado, tais como o CO₂ e o HFC-404A.

A figura 13 mostra o consumo do R-402B entre os anos de 2016 a 2018.

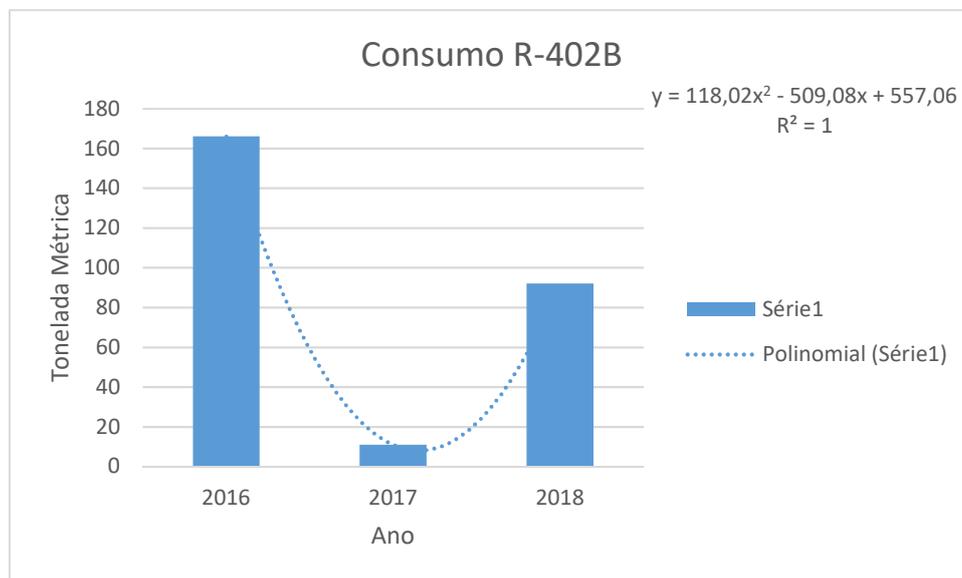
Figura 13 – Consumo do R-402B, entre os anos de 2016 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2016 a 2018 do R-402B, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 14.

Figura 14 – Consumo do R-402B, entre os anos de 2016 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de segunda ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços.

A análise do setor de serviços demonstra que o R-402B terá um uso cada vez menor, devido às alternativas existentes apresentarem custo benefício melhor, com menor custo de retrabalho, visto que os procedimentos de *retrofit* exigem intervenções no sistema de refrigeração, podendo acarretar na troca de óleo e filtro, limpeza do sistema, além de ajustes nas válvulas de expansão.

4.8 Padrão de crescimento do consumo do R-1234yf

Este fluido refrigerante foi desenvolvido para substituir o HFC-134a nos sistemas de ar condicionado automotivo novos.

O consumo do R-1234yf no setor de serviços é destinado à manutenção dos sistemas de ar condicionado automotivo, principalmente de carros importados.

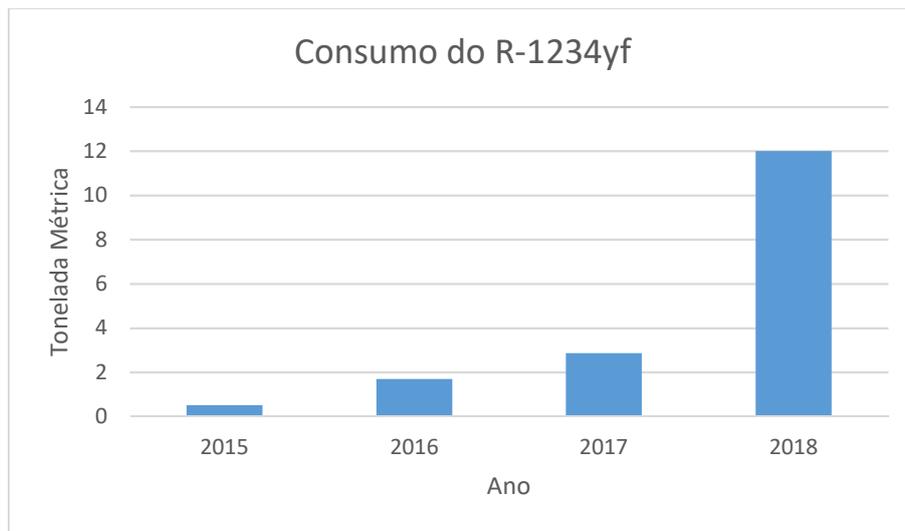
No que diz respeito ao setor de manufatura, algumas linhas de produção, de forma pontual, montam automóveis com a utilização do fluido R-1234yf nos sistemas de ar

condicionado automotivo para exportação. Atualmente não há linha de montagem com R-1234yf para o mercado nacional.

O consumo do R-1234yf é crescente, devido principalmente à frota de alguns modelos de veículos importados começarem a apresentar necessidade de manutenção em seus sistemas de ar condicionado automotivo.

A figura 15 mostra o consumo do R-1234yf entre os anos de 2015 a 2018.

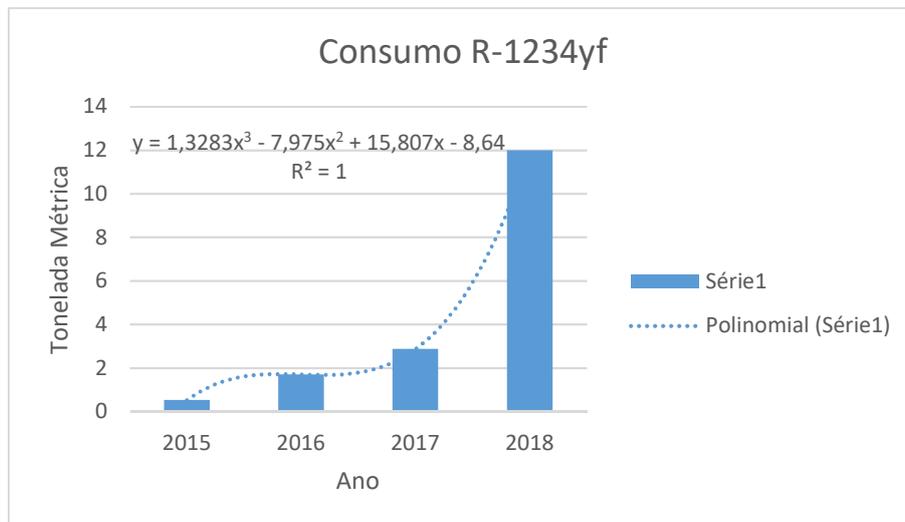
Figura 15 – Consumo do R-1234yf, entre os anos de 2015 a 2018.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Como padrão de crescimento de 2015 a 2018 do R-1234yf, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 16.

Figura 16 – Consumo do R-1234yf, entre os anos de 2015 a 2018 e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA e Chemours (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 1, com 100% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de terceira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como produção de automóveis com este fluido refrigerante e necessidade de manutenção nos veículos importados que contenham o R-1234yf no sistema de ar condicionado.

4.9 Padrão de crescimento do consumo do HC

É um fluido refrigerante natural, onde os dois principais tipos usados são o HC-600a, para refrigeradores e freezers domésticos, e o HC-290, para equipamentos da linha de refrigeração comercial. Apesar dos HCs serem fluidos bastante antigos no mercado, somente nos últimos 10 anos iniciaram uma participação mais ativa por conta da produção de refrigeradores e *freezers* domésticos com HC-600a. Já nos últimos 3 anos, a participação do HC-600a aumentou consideravelmente devido à tendência de aumento de consumo pela refrigeração doméstica, e foi acompanhada pela utilização do HC-290 de maneira mais recente na fabricação de *freezers*, expositores e ilhas comerciais de pequeno porte.

No caso de sistemas para refrigeração, os HCs podem ser utilizados em câmaras frigoríficas e racks de média e baixa temperatura, freezers comerciais e também em sistemas residenciais, tais como em geladeiras (refrigeradores) e *freezers* (congeladores).

No caso dos sistemas de ar condicionado, o HC-290 pode ser utilizado em aparelhos de ar condicionado do tipo janela, *split* e *chillers*; não havendo atualmente produção nacional desses aparelhos, mas com tendência de produção no longo prazo pelos fabricantes de ar condicionado.

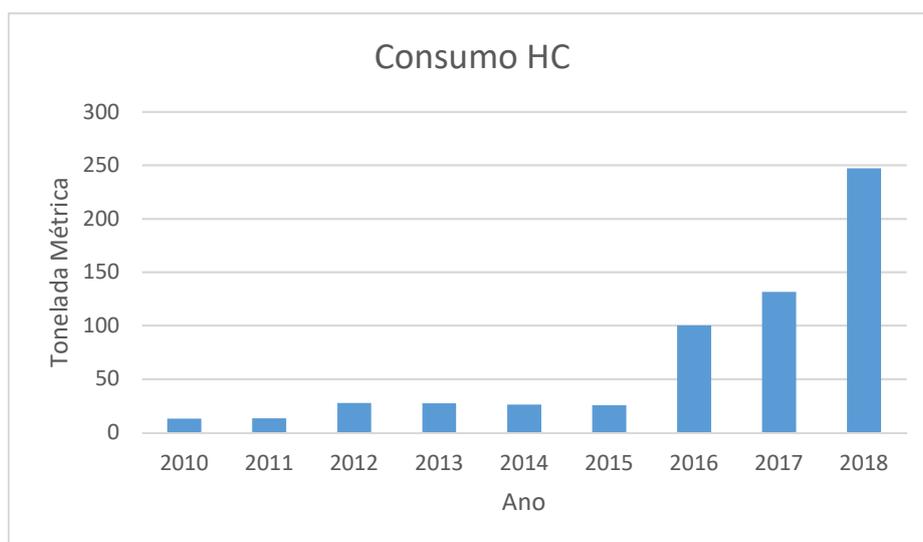
O consumo dos HCs no setor de serviços é devido à manutenção de refrigeradores e *freezers* da linha doméstica e de expositores, ilhas e freezers da linha comercial de pequeno porte.

Já no setor de manufatura de refrigeradores e freezers domésticos e de ilhas e freezers comerciais, vem ocorrendo uma transição crescente do uso do HFC-134a para o HCs, o que já representa atualmente 50% da produção na linha doméstica (Segundo Eletros, Embraco, Electrolux, Whirlpool e Fricon).

Já para outras aplicações como ar condicionado e câmaras frigoríficas, as instalações são bem pontuais, não havendo representatividade atualmente.

A figura 17 mostra o consumo do HC entre os anos de 2010 a 2018.

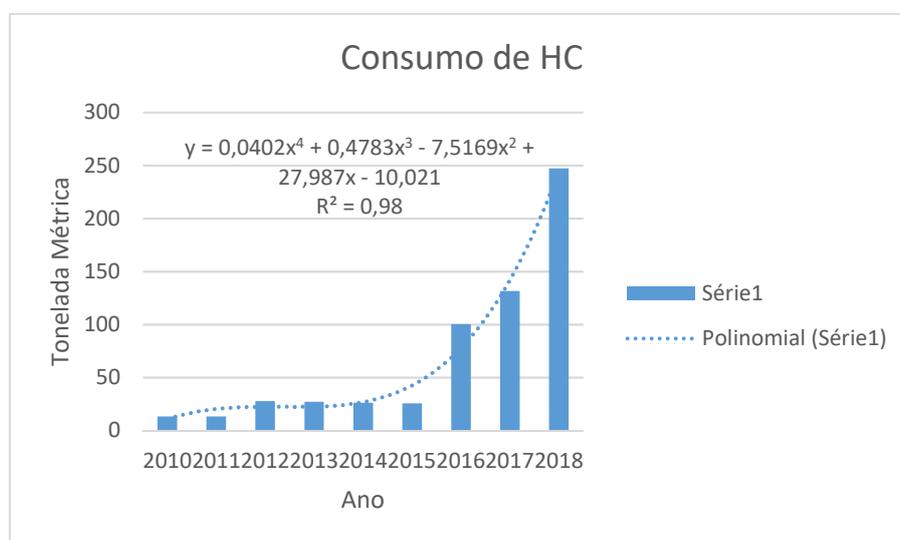
Figura 17 – Consumo do HC, entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Embraco, Tecumseh e Eletros (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do HC, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 18.

Figura 18 – Consumo do HC, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Embraco, Tecumseh e Eletros (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,98, com 98% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de quarta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, e a transição de fluido refrigerante que está ocorrendo na refrigeração doméstica

no refrigeradores e *freezers*, bem como na refrigeração comercial de médio porte nas ilhas, *freezers* e expositores comerciais.

4.10 Padrão de crescimento do consumo do HFC-32

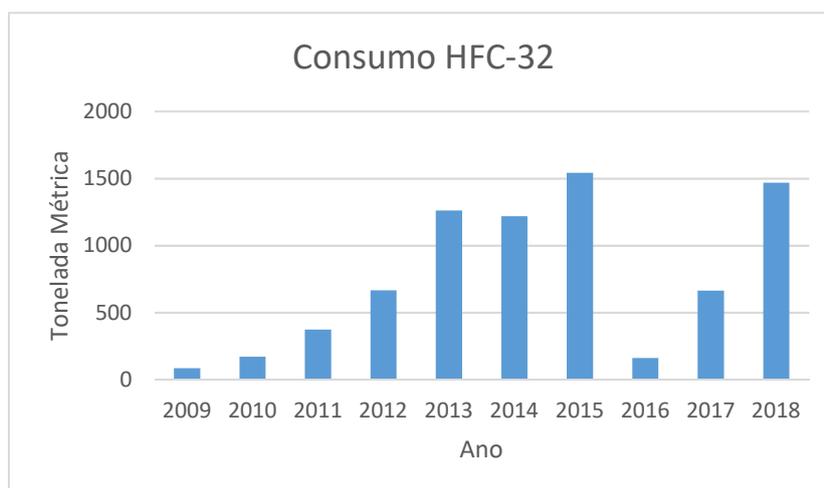
Este fluido refrigerante chegou para substituir o HCFC-22 em sistemas de ar condicionado residencial e comercial em aparelhos novos.

A importação do HFC-32 é realizada em sua maioria para a composição de mistura juntamente com HFC-125, para formar o HFC-410A. Uma parcela mínima é utilizada para a fabricação e instalação de *multi-splits*.

Há uma tendência na ampliação do setor fabril para fabricação de equipamentos com o HFC-32, tanto na linha residencial como comercial. (Segundo Komeco e Daikin).

A figura 19 mostra o consumo do HFC-32 entre os anos de 2009 a 2018.

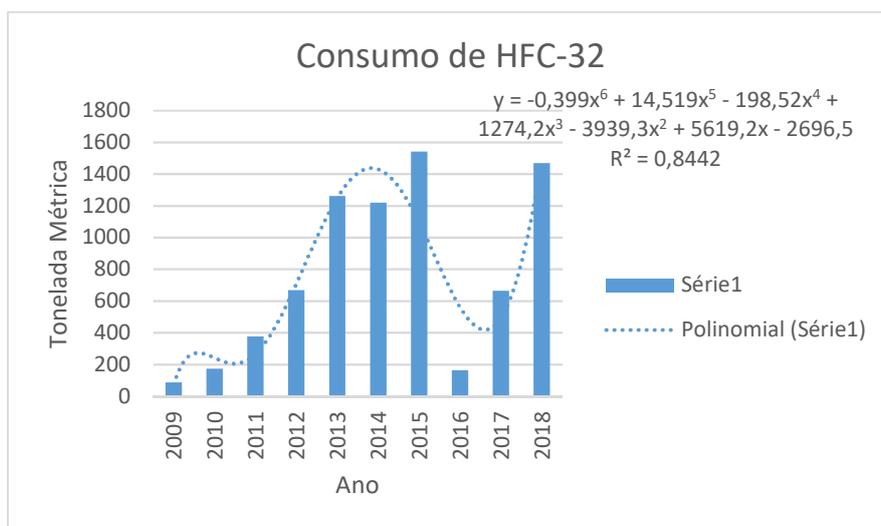
Figura 19 – Consumo do HFC-32, entre os anos de 2009 a 2018.



Fonte: IBAMA (2019).

Como padrão de crescimento de 2009 a 2018 do HFC-32, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 20.

Figura 20 – Consumo do HFC-32, entre os anos de 2009 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: IBAMA (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,84, com 84% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de sexta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços, e também o uso do HFC-410A, pois atualmente o HFC-32 é utilizado principalmente como mistura junto com o HFC-125 para formar o HFC-410A. Existe divulgação e preparação do mercado para a utilização dessa substância, principalmente pela Daikin e Honeywell.

4.11 Padrão de crescimento do consumo do CO₂

Este fluido refrigerante natural, apesar de ser bastante antigo no mercado, nos últimos 10 anos iniciou sua participação efetiva no mercado. Ano após ano a quantidade de instalações no Brasil vem aumentando, chegando a 386 instalações de CO₂, porém ainda se mostra irrisória quando comparada à quantidade total de instalações de supermercados e centros de distribuição que utilizam HCFC-22, HFC-404A e HFC-134a.

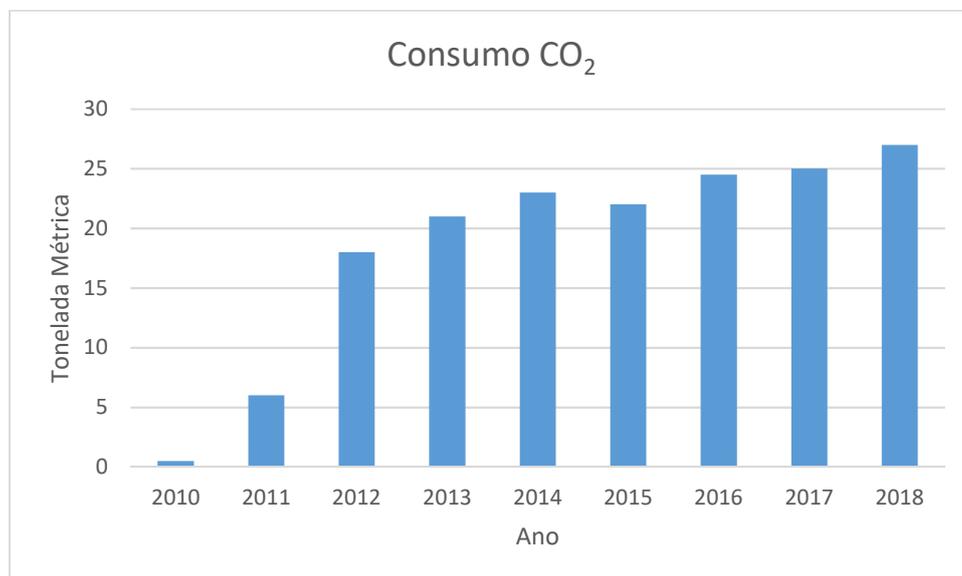
Há uma tendência de mercado do uso crescente deste fluido em novas instalações de supermercados e centros de distribuição de alimentos, devido aos ajustes de projetos, desenvolvimento tecnológico e melhorias de componentes, como ejetores de fluidos para o sistema, que melhoram a eficiência dos sistemas de CO₂ “transcríticos”. Sistemas esses que necessitam de menos componentes quando comparados aos sistemas subcríticos e que não demandam fluidos refrigerantes intermediários para o resfriamento do condensador cascata, como ocorre para os sistemas de CO₂ subcrítico.

O consumo do CO₂ no setor de refrigeração e ar condicionado ocorre devido às novas instalações e à manutenção das existentes, resultando em um consumo crescente. A

inauguração de instalações novas tendem a acompanhar o desempenho econômico do Brasil.

A figura 21 mostra o consumo do CO₂ entre os anos de 2010 a 2018.

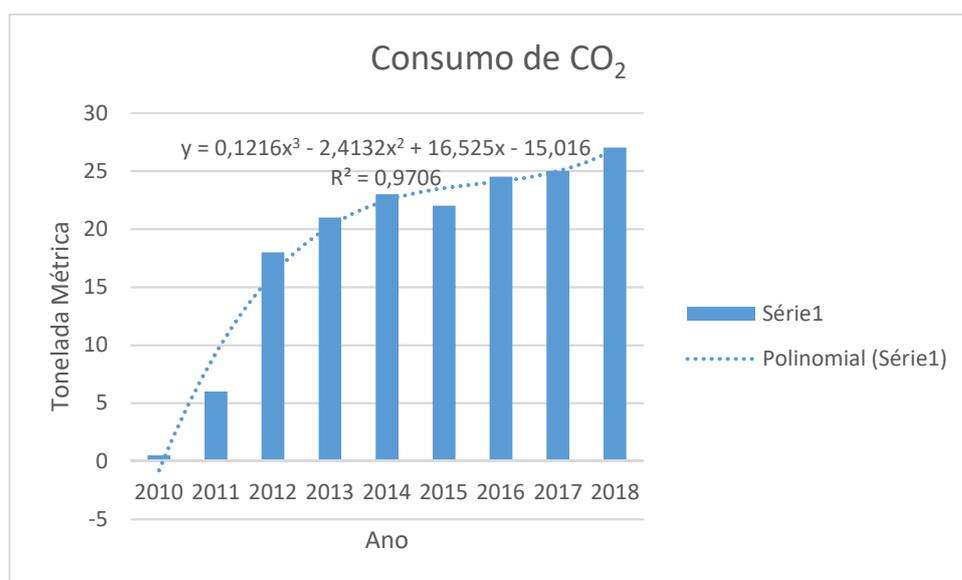
Figura 21 – Consumo do CO₂, entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Bitzer e Danfoss (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do CO₂, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 22.

Figura 22 – Consumo do CO₂, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Bitzer e Danfoss (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R^2 igual a 0,9706, com 97% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de terceira ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e setor de serviços. A evolução da quantidade de instalações de CO_2 depende de grandes investimentos e qualificação técnica da mão de obra.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

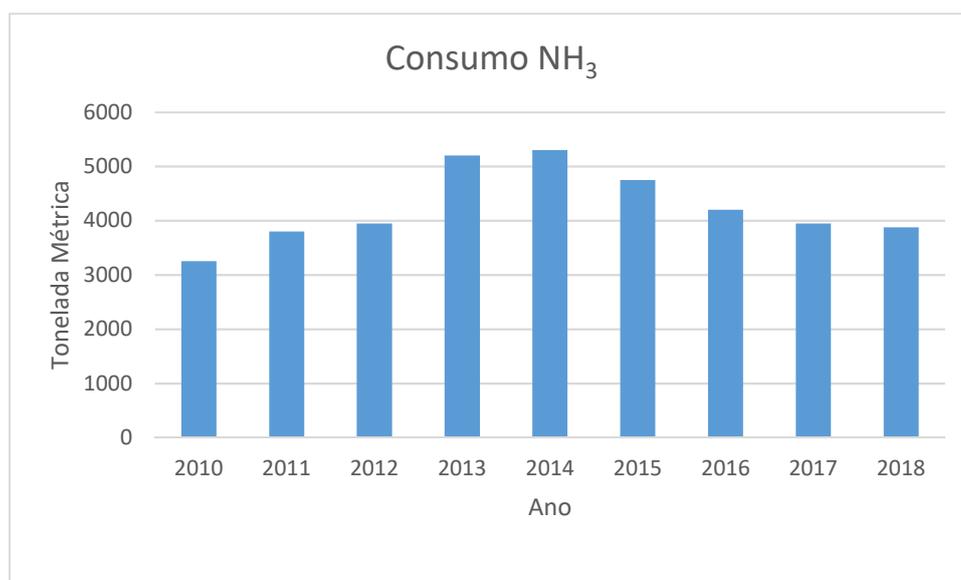
4.12 Padrão de crescimento do consumo de NH_3

Este fluido refrigerante natural e antigo no mercado da refrigeração industrial já é um fluido consolidado, tanto fora quanto dentro do Brasil. Devido à sua eficiência, custo baixo quando comparado com as alternativas às SDOs, e padrões de segurança e operação já dominados pela indústria.

O consumo da amônia é destinado a novas instalações e manutenção das instalações já existentes. É um consumo estável, visto que nos últimos anos, poucas instalações novas foram criadas, por conta dos altos investimentos e incertezas econômicas no Brasil. O surgimento de novas instalações acompanha o desempenho da economia nacional, tendo como indicação o PIB brasileiro (dados de PIB segundo IPEA, 2019).

A figura 23 mostra o consumo de NH_3 entre os anos de 2010 a 2018.

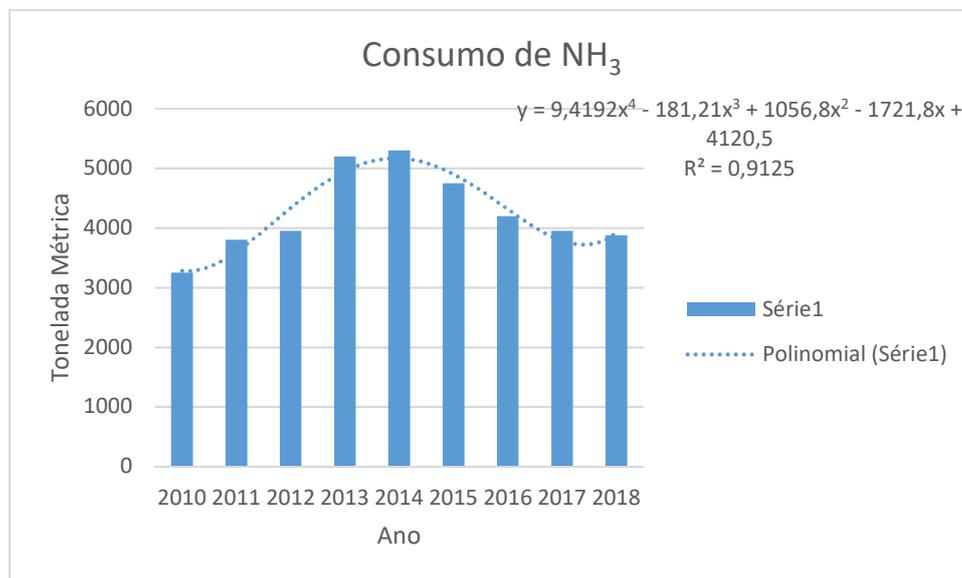
Figura 23 – Consumo do NH_3 , entre os anos de 2010 a 2018.



Fonte: Pesquisa no setor de serviços e setor de manufatura (2019).

Como padrão de crescimento de 2010 a 2018 do NH₃, tem-se o gráfico e o polinômio mostrados na figura 24.

Figura 24 – Consumo do NH₃, entre os anos de 2010 a 2018, e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Pesquisa no setor de serviços e setor de manufatura (2019).

Onde o “x” representa o ano em que se quer saber o consumo, e “y” o consumo do ano escolhido. Este polinômio representa bem o modelo com R² igual a 0,91251, com 91% dos pontos da curva coincidindo com a parte superior das barras do gráfico.

Além do próprio modelo representado pelo polinômio de quarta ordem, outros fatores devem ser levados em conta, tais como fatores econômicos nacionais envolvidos como o crescimento do PIB e dentro do PIB o consumo das famílias, produção industrial, expectativa e crescimento no setor de serviços, visto que novas instalações de amônia exigem altos investimentos.

O modelo acima mostra coerência com a consulta realizada entre as empresas do setor de serviços e setor de manufatura.

5. Metodologia para previsão do crescimento de alternativas às SDOs utilizadas em cada setor e previsão até 2030

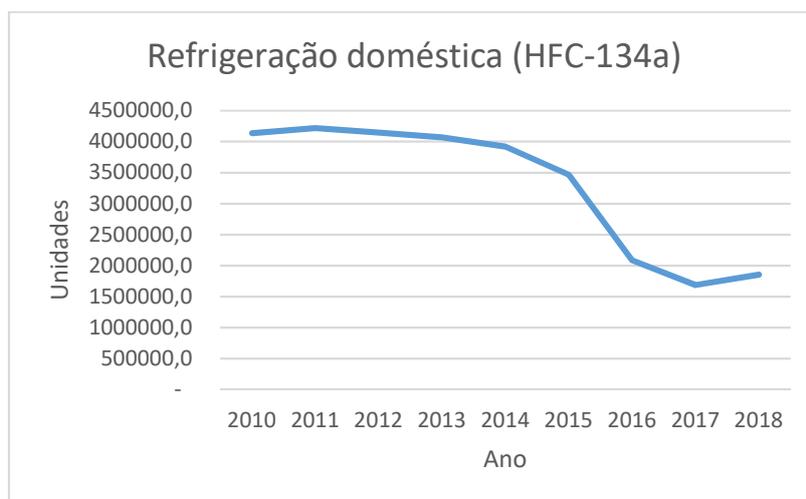
5.1 Refrigeração

5.1.1 Refrigeração Doméstica

Para a manufatura de refrigeradores e *freezers* os principais fluidos utilizados são o HFC-134a e o HC.

A figura 25 mostra a produção de refrigeradores e *freezers* domésticos, usando HFC-134a, nos anos de 2010 a 2018.

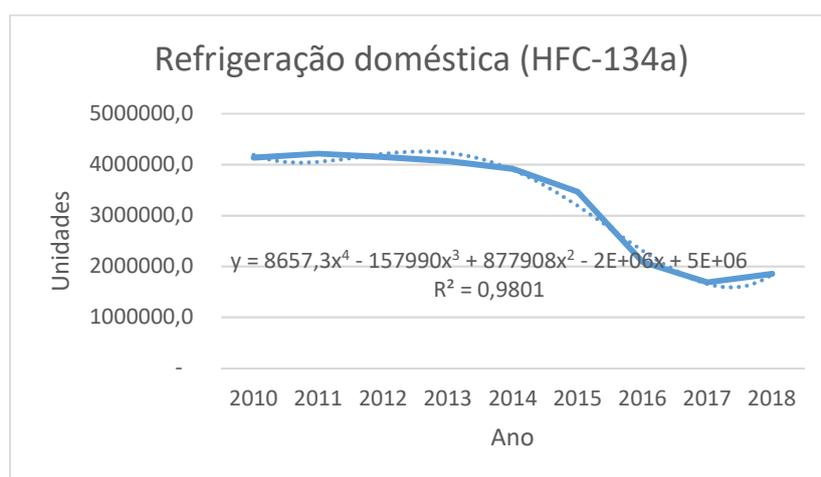
Figura 25 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HFC-134a.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

Em 2015 iniciou-se uma queda de 11% na produção de aparelhos de refrigeração doméstica (refrigeradores e *freezers*) com HFC-134a. Já em 2016 essa queda acentuou-se para 43%, e em 2017 foi de 19%. Em 2018 houve um leve aumento na produção de unidades domésticas com HFC-134a, sendo essa substância responsável por aproximadamente 50% das unidades produzidas no Brasil. Essa queda sinaliza a estratégia dos fabricantes em substituir o HFC-134a pelo HC-600a a longo prazo² em sistema de pequeno porte, como refrigeradores e *freezers* domésticos. O polinômio da figura 26 representa a tendência de mercado.

Figura 26 – Produção de refrigeradores e freezers domésticos, usando HFC-134a, e polinômio para curva de tendência.

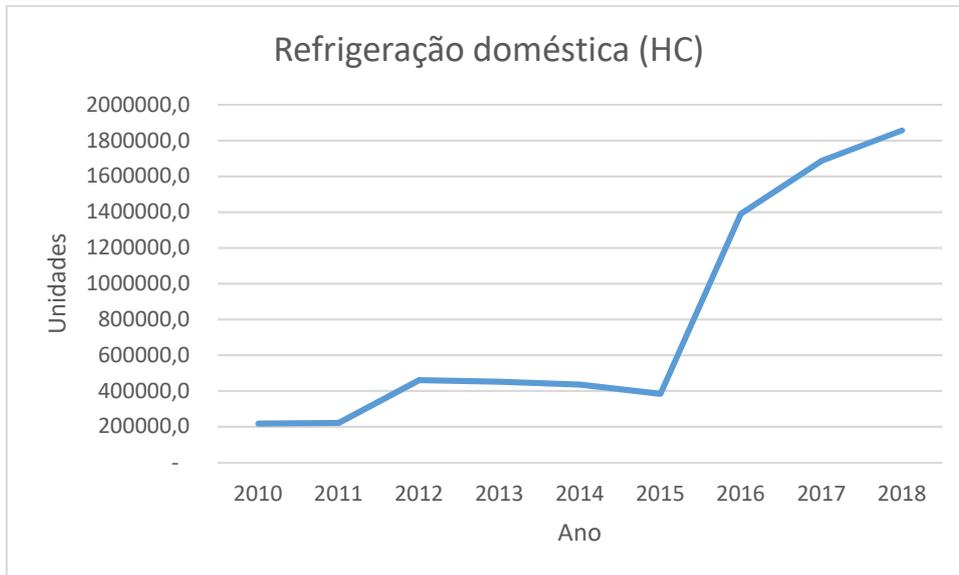


Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

² Segundo informações coletadas em campo, a transição do HFC-134a para o HC-600a poderá ocorrer em um período de 7 a 12 anos.

No caso da produção de refrigeradores e *freezers* domésticos, o gráfico da figura 27 mostra a quantidade de unidades fabricadas utilizando o fluido refrigerante HC-600a.

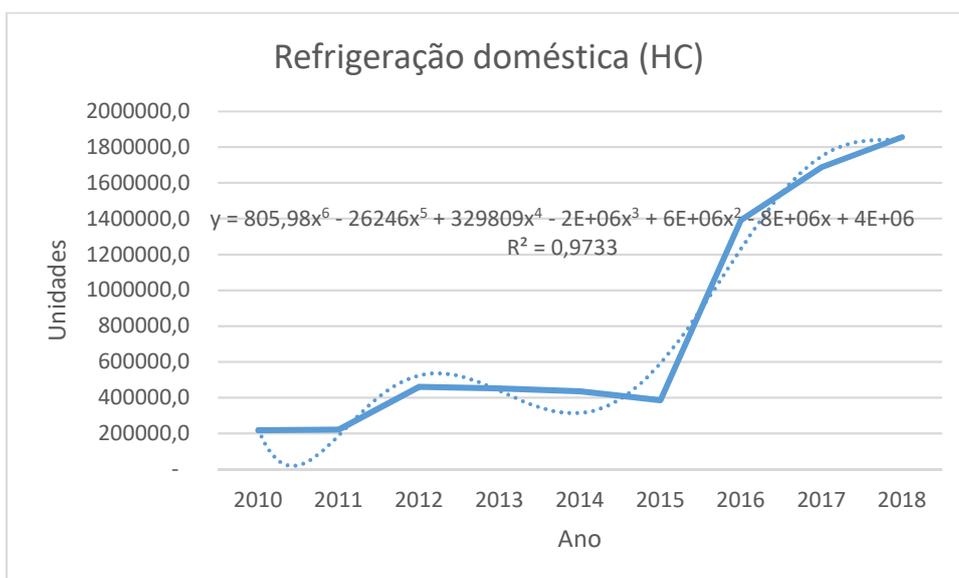
Figura 27 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HC.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

No ano de 2015 iniciou-se um crescimento acentuado de 72% na produção de aparelhos com HC. Já em 2016 ocorreu um acréscimo de 17%, e em 2017 de 9%. Ou seja, se o aumento do consumo se mantiver, haverá a transição completa no longo prazo da fabricação de refrigeradores e *freezers* domésticos para o HC em detrimento do HFC-134a. O polinômio da figura 28 representa a tendência de mercado.

Figura 28 – Produção de refrigeradores e *freezers* domésticos usando HC e polinômio para curva de tendência.



Fonte: Eletros, Embraco, Tecumseh e Electrolux (2019).

A metodologia utilizada para a previsão de consumo de HFC-134a e HC-600a

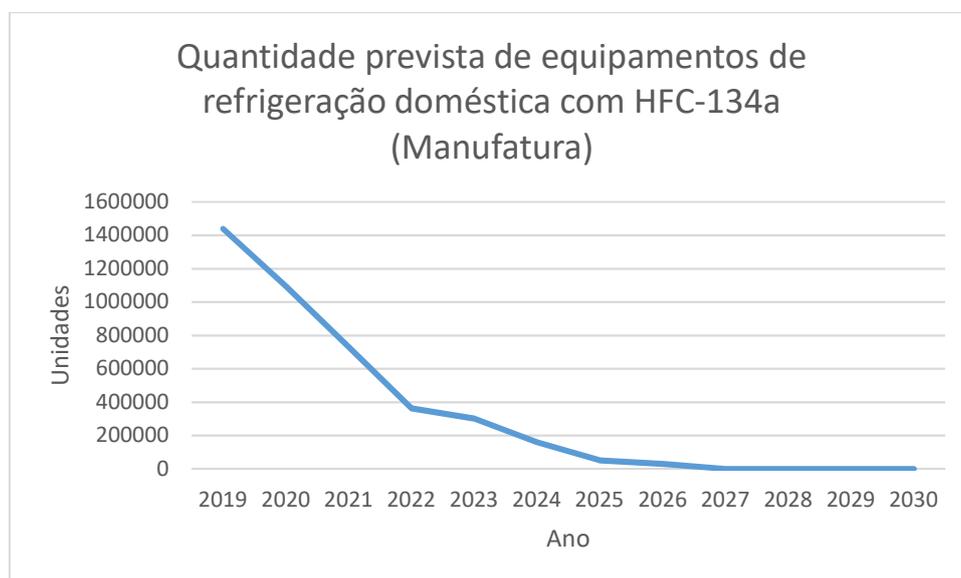
Para o setor de manufatura foi usado os dois polinômios das figuras 26 e 28 para prever a demanda de consumo do HFC-134a e HC-600a, juntamente com os dados de previsão de aumento do consumo nacional, onde segundo os fabricantes há uma tendência de substituição total do HFC-134a pelo HC-600a em aproximadamente 10 anos.

Já no setor de serviços da refrigeração doméstica para as atividades de manutenção, o uso maior ainda é do HFC-134a, devido ao maior número de aparelhos vendidos, compostos por muitos equipamentos antigos, e pelo fato dos aparelhos com R-600a serem mais recentes, com menores índices de reparos. Segundo representantes de empresas do setor de assistência técnica de refrigeração doméstica, cerca de 8% desses sistemas apresentam problemas nos 5 primeiros anos, na faixa de 30% apresentam problemas entre 5 e 10 anos e cerca de 55% apresentam problemas entre 10 e 15 anos. Os dados foram coletados segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas do setor de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

Previsão de consumo do HFC-134a até 2030 para a refrigeração doméstica

A figura 29 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

Figura 29 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 1 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

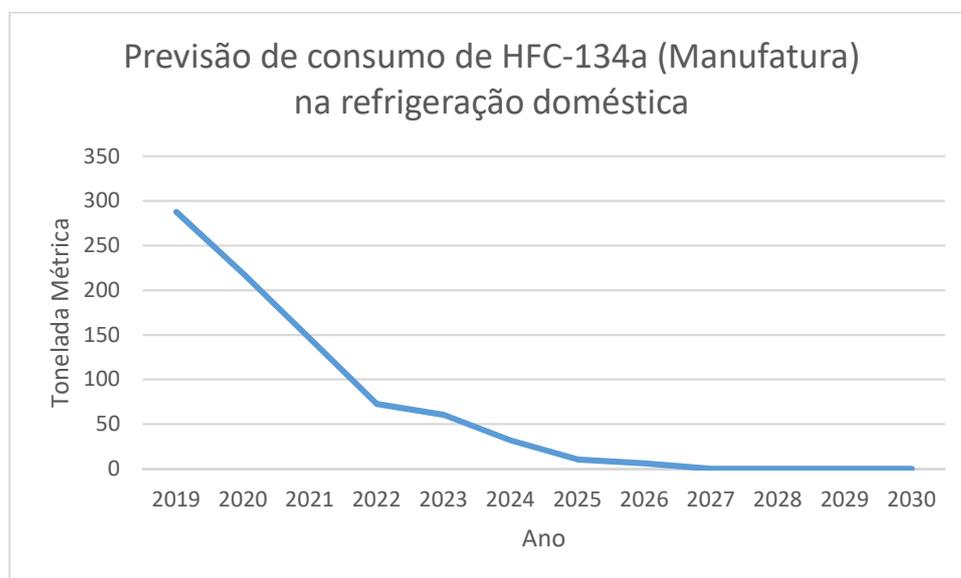
Tabela 1 - Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HFC-134a no setor de manufatura.

Ano	Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica (Unidades)
2019	1.438.416
2020	1.093.587
2021	729.595
2022	363.311
2023	302.375
2024	159.900
2025	51.250
2026	30.750
2027	0
2028	0
2029	0
2030	0

Fonte: Autor (2019).

A figura 30 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Figura 30 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 2 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

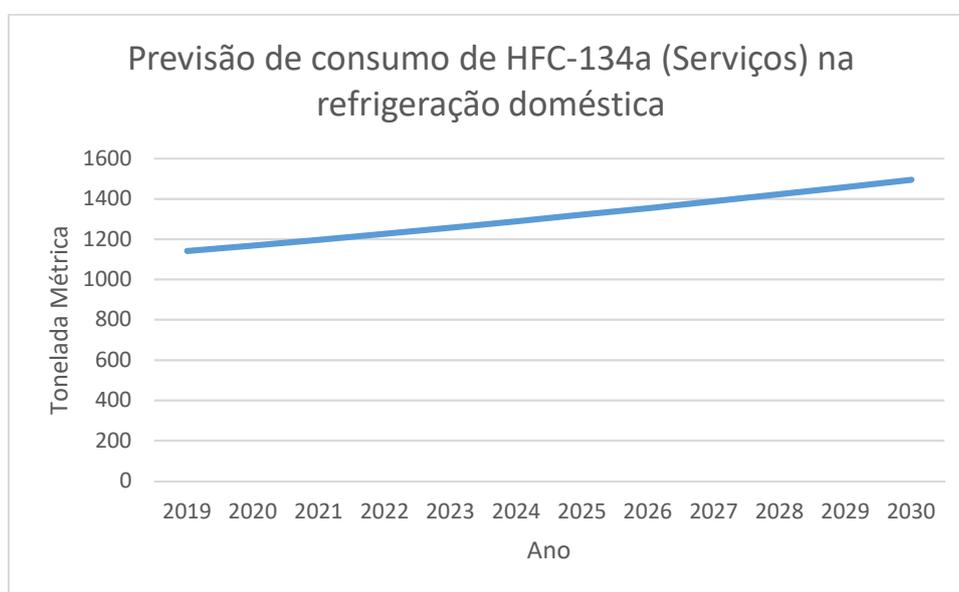
Tabela 2 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	287,68
2020	218,71
2021	145,91
2022	72,66
2023	60,47
2024	31,98
2025	10,25
2026	6,15
2027	0
2028	0
2029	0
2030	0

Fonte: Autor (2019).

A figura 31 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Figura 31 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 3 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Tabela 3 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

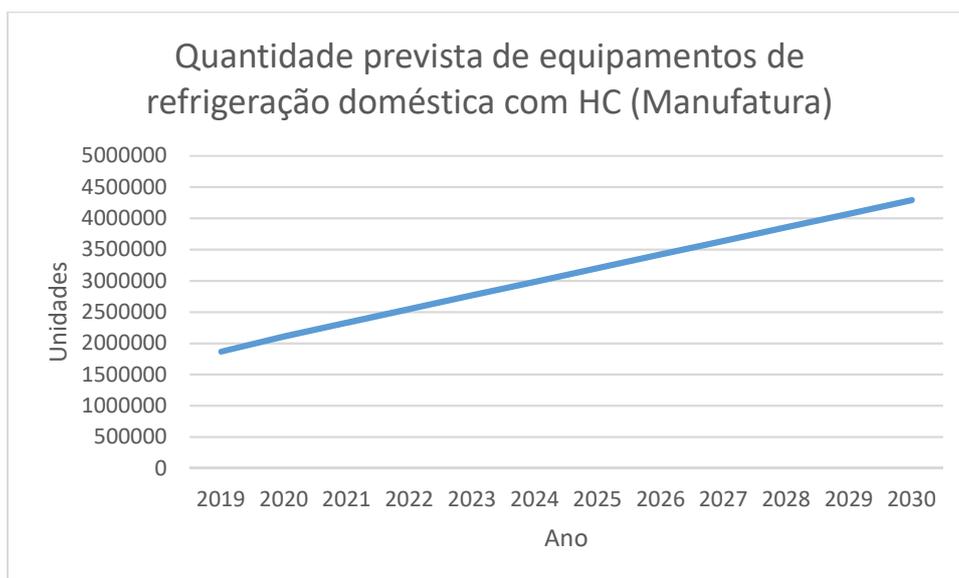
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.141,60
2020	1.167,86
2021	1.197,05
2022	1.226,98
2023	1.257,65
2024	1.289,10
2025	1.321,32
2026	1.354,36
2027	1.388,21
2028	1.422,92
2029	1.458,49
2030	1.494,96

Fonte: Autor (2019).

Previsão de consumo do HC-600a até 2030 para a refrigeração doméstica

A figura 32 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC-600a no setor de manufatura.

Figura 32 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 4 mostra a quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.

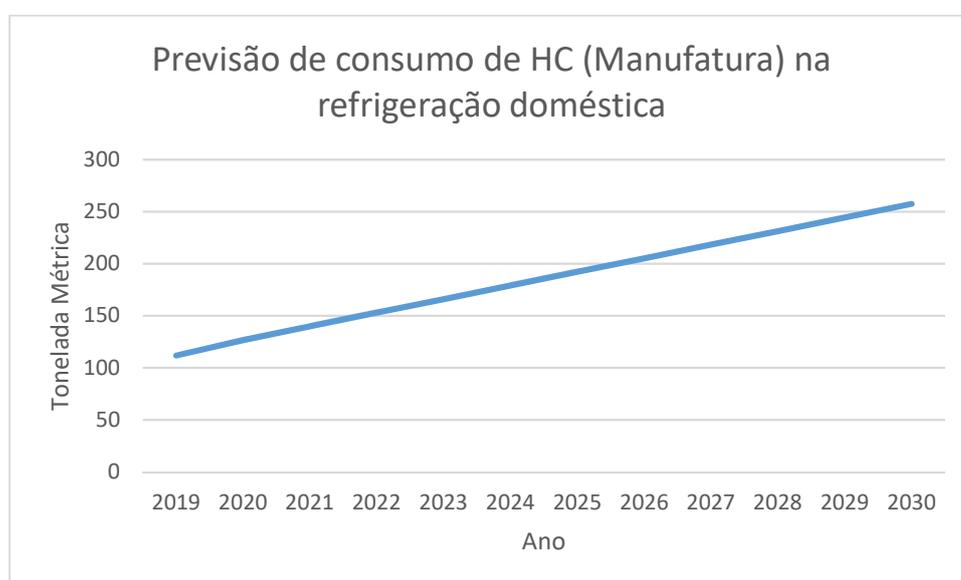
Tabela 4 – Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica com HC no setor de manufatura.

Ano	Quantidade prevista de equipamentos de refrigeração doméstica (Unidades)
2019	1.866.816
2020	2.111.472
2021	2.332.900
2022	2.551.225
2023	2.768.525
2024	2.986.850
2025	3.204.150
2026	3.421.450
2027	3.639.775
2028	3.857.075
2029	4.074.375
2030	4.292.700

Fonte: Autor (2019).

A figura 33 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Figura 33 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 5 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

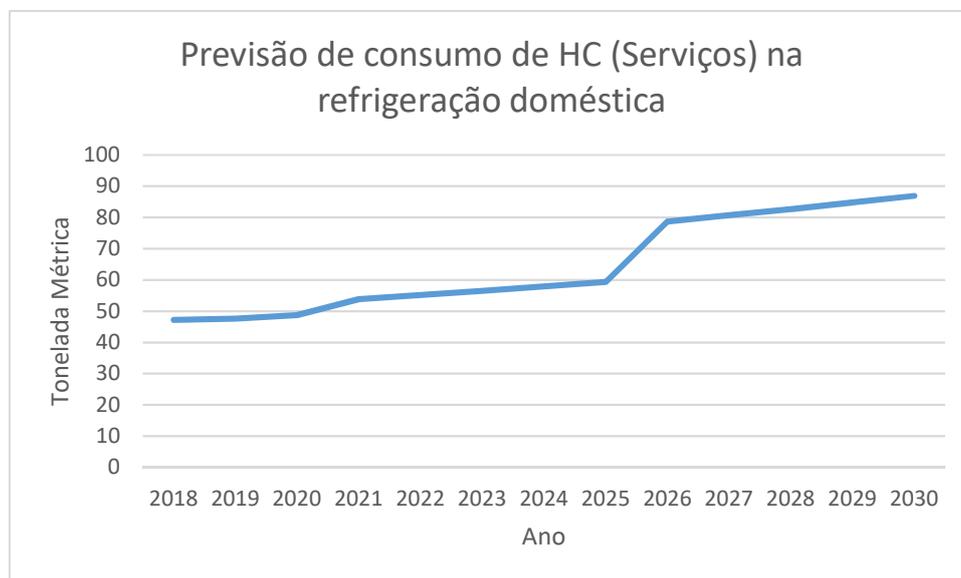
Tabela 5 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	112,01
2020	126,69
2021	139,97
2022	153,07
2023	166,11
2024	179,21
2025	192,25
2026	205,29
2027	218,39
2028	231,42
2029	244,46
2030	257,56

Fonte: Autor (2019).

A figura 34 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Figura 34 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 6 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Tabela 6 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração doméstica.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2018	47,24
2019	47,62
2020	48,71
2021	53,83
2022	55,17
2023	56,55
2024	57,97
2025	59,42
2026	78,73
2027	80,69
2028	82,71
2029	84,78
2030	86,90

Fonte: Autor (2019).

5.1.2 Refrigeração comercial

A refrigeração comercial é contemplada por equipamentos *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico. É o setor responsável em atender frigoríficos, supermercados, padarias, entre outros. E os fluidos refrigerantes utilizados nessas instalações são:

HFC-134a: aplicação em sistemas de média temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico.

HFC-404A: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, unidades condensadoras, sistemas centralizados e transporte frigorífico.

HC-290: aplicação em sistemas de baixa e média temperatura, nos equipamentos do tipo *stand-alone*, devido às limitações de carga de fluido.

CO₂: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo sistemas centralizados.

R-454B: aplicação em sistemas de baixa temperatura, nos equipamentos do tipo sistemas centralizados.

A metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes na refrigeração comercial

Para previsão de crescimento do consumo de fluidos no setor da refrigeração comercial, o fator utilizado foi a projeção de crescimento do PIB, pois este irá impactar diretamente na decisão de ampliação e instalação de novos sistemas. Como o principal foco do setor

é a conservação de alimentos, a projeção do consumo das famílias é um fator determinante (fator relacionado ao PIB). Também é preciso levar em consideração o envelhecimento do parque de equipamentos, que afeta a demanda de fluido no setor de serviços.

Com relação ao HC-290 utilizado na refrigeração comercial para sistemas com até 150 gramas de carga de fluido refrigerante, estes sistemas estão tendo boa aceitação no mercado brasileiro. A tendência é uma maior produção desses equipamentos nos próximos anos, com aumento previsto de cerca de 6% ao ano. Para equipamentos com cargas de até 500 gramas, a previsão é de se iniciar a produção no prazo de um ano, com a projeção da substituição da produção de sistemas atuais utilizando outros fluidos pelo HC-290 em torno de 10% ao ano. No entanto, dependendo da aceitação do mercado, este percentual poderá ser alterado. Empresas como a Eletrofrio, Metalfrio, Fricon, São Rafael, Arneg, entre outras, já estão produzindo equipamentos com HC-290 com carga de fluido máxima de 150 gramas, e atualmente estão discutindo a fabricação de sistemas com carga máxima de 500 gramas, sendo esta uma tendência para os próximos anos.

Para o consumo do fluido refrigerante HC-290, três cenários foram citados pelos fabricantes como possibilidade futura de mercado, sendo:

- Cenário 1: 6% de crescimento de 2019 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas;
- Cenário 2: 6% de crescimento de 2019 a 2021 e aumento de crescimento de 20% de 2022 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas;
- Cenário 3: 6% de crescimento de 2019 a 2021 e incremento de sistemas com carga de até 500 gramas a partir de 2022.

Já para o consumo de fluido refrigerante HFC-404A, dois cenários foram citados pelos fabricantes como possibilidade futura de mercado, sendo:

- Cenário 1: redução do uso a partir de 2025, em 5% ao ano, por conta do alto GWP;
- Cenário 2: redução do uso a partir de 2025, em 15% ao ano, por conta do alto GWP e a utilização de sistemas alternativos, a exemplo do HC.

Os dados informados acima foram obtidos segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

HFC-134a

Cenário 1: considerando somente a previsão de crescimento do PIB, estimada pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada) em setembro de 2019, sendo de 0,8% em 2019; de 2,3% em 2020; e de 2,5% para os anos seguintes.

A figura 35 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 35 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura na refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 7 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

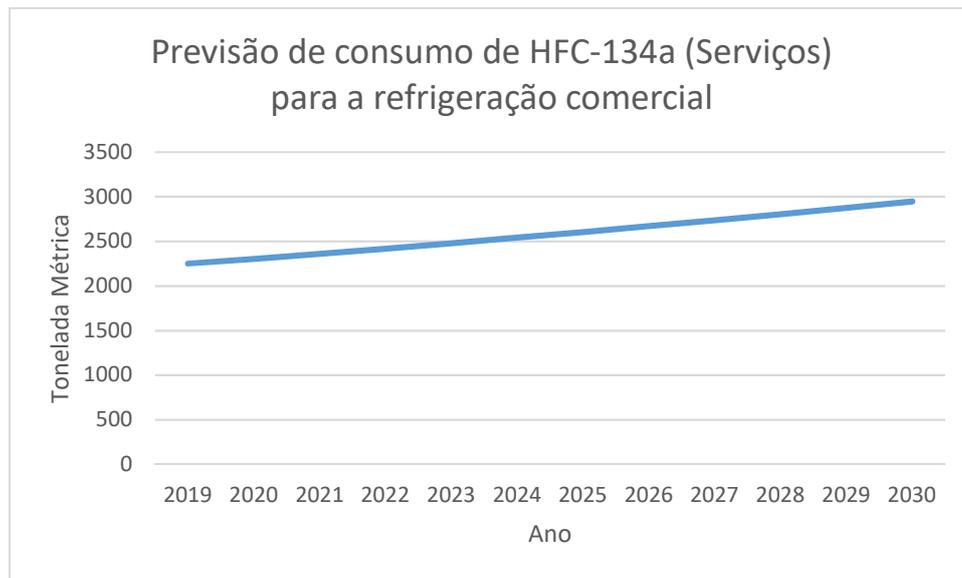
Tabela 7 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura na refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	488,88
2020	500,12
2021	512,63
2022	525,44
2023	538,58
2024	552,04
2025	565,84
2026	579,99
2027	594,49
2028	609,35
2029	624,59
2030	640,20

Fonte: Autor (2019).

A figura 36 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de serviços de refrigeração comercial.

Figura 36 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 8 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 para o setor de serviços de refrigeração comercial.

Tabela 8 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para refrigeração comercial.

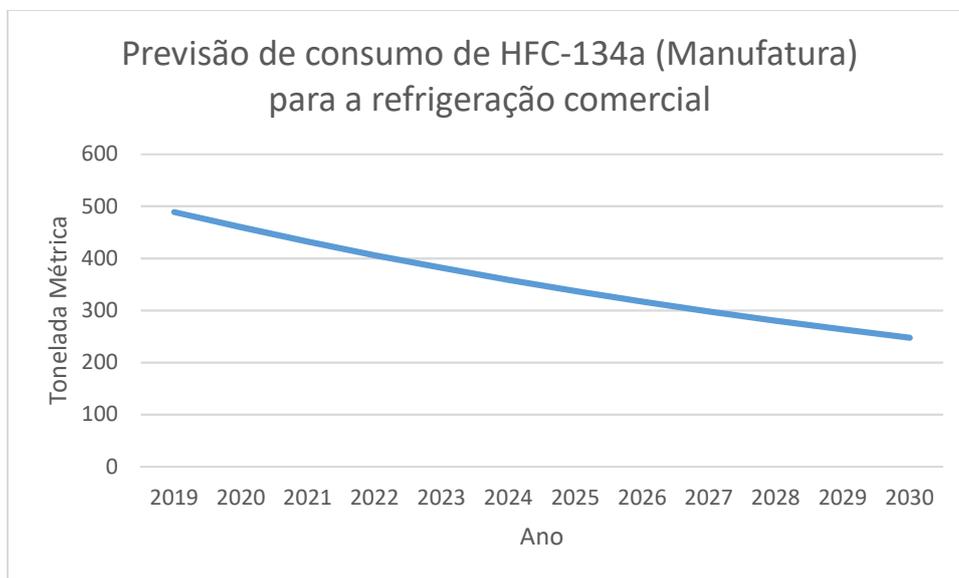
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.250,86
2020	2.302,63
2021	2.360,20
2022	2.419,20
2023	2.479,68
2024	2.541,68
2025	2.605,22
2026	2.670,35
2027	2.737,11
2028	2.805,54
2029	2.875,67
2030	2.947,57

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: redução de 6% ao ano na linha de manufatura de pequenos equipamentos com HFC-134a devido à introdução de equipamentos de refrigeração comercial com cargas de até 500g de HC.

A figura 37 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Figura 37 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura para equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 9 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

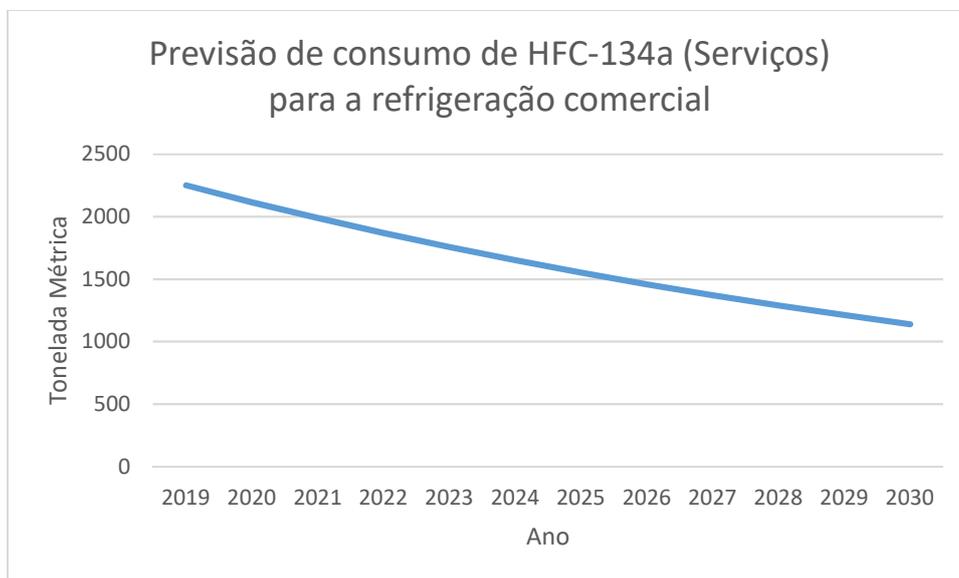
Tabela 9 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura para equipamentos de refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	488,88
2020	459,55
2021	431,97
2022	406,06
2023	381,69
2024	358,79
2025	337,26
2026	317,03
2027	298,01
2028	280,13
2029	263,32
2030	247,52

Fonte: Autor (2019).

A figura 38 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 38 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 10 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 10 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços para a refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.250,86
2020	2.115,81
2021	1.988,86
2022	1.869,53
2023	1.757,36
2024	1.651,92
2025	1.552,80
2026	1.459,63
2027	1.372,06
2028	1.289,73
2029	1.212,35
2030	1.139,61

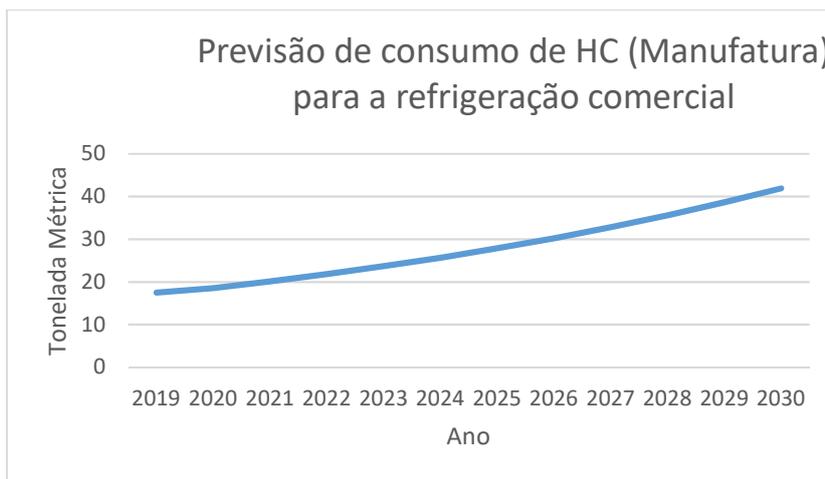
Fonte: Autor (2019).

HC-290

Cenário 1: com 6% de crescimento de 2019 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas.

A figura 39 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 39 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 11 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 11 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

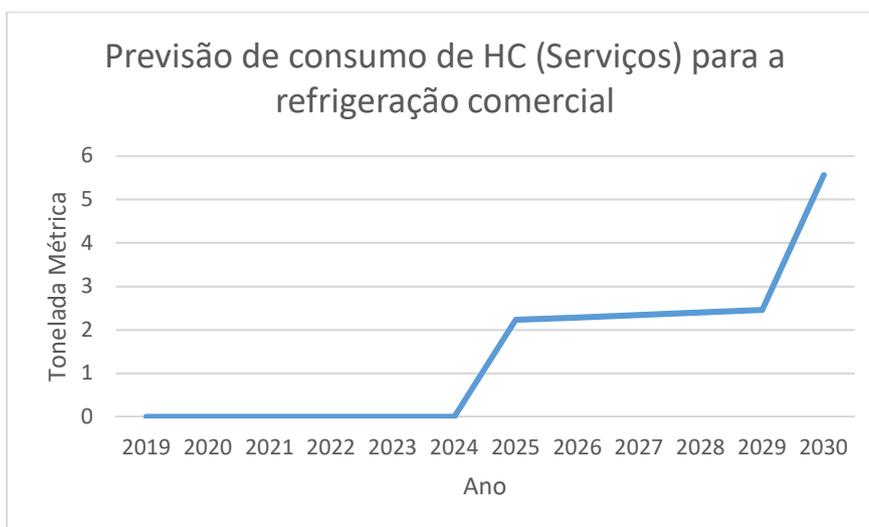
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	21,83
2023	23,68
2024	25,69
2025	27,88
2026	30,25
2027	32,82
2028	35,61
2029	38,63
2030	41,92

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento dos reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 40 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços para equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 40 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 12 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços para equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 12 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

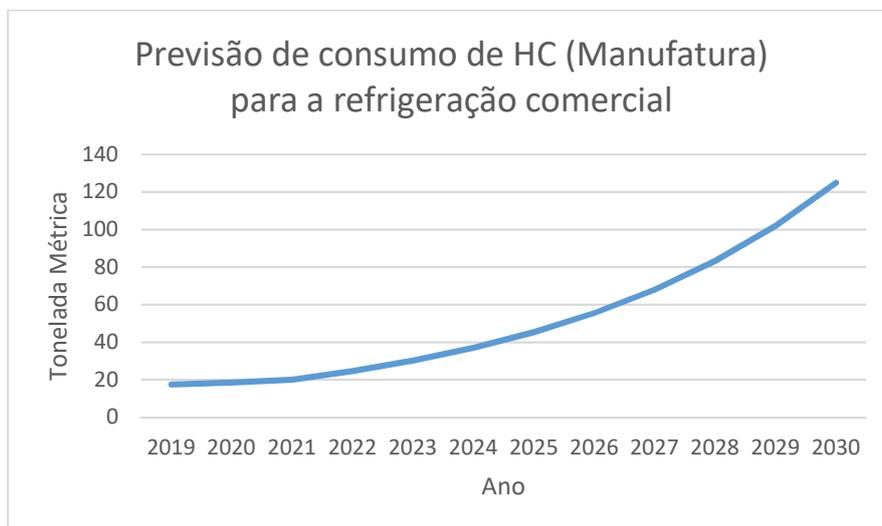
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	2,23
2026	2,29
2027	2,34
2028	2,40
2029	2,46
2030	5,56

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: com 6% de crescimento de 2019 a 2021, e aumento de crescimento de 20% de 2022 a 2030, para equipamento com carga de até 150 gramas.

A figura 41 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Figura 41 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 13 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

Tabela 13 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração comercial.

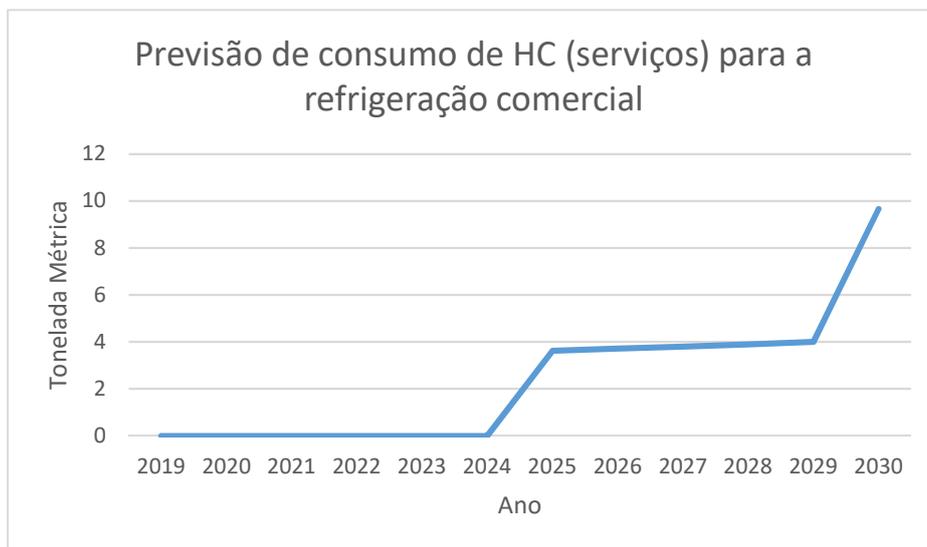
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	24,64
2023	30,19
2024	36,98
2025	45,30
2026	55,49
2027	67,97
2028	83,27
2029	102,00
2030	124,95

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento dos reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 42 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 42 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 14 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 14 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

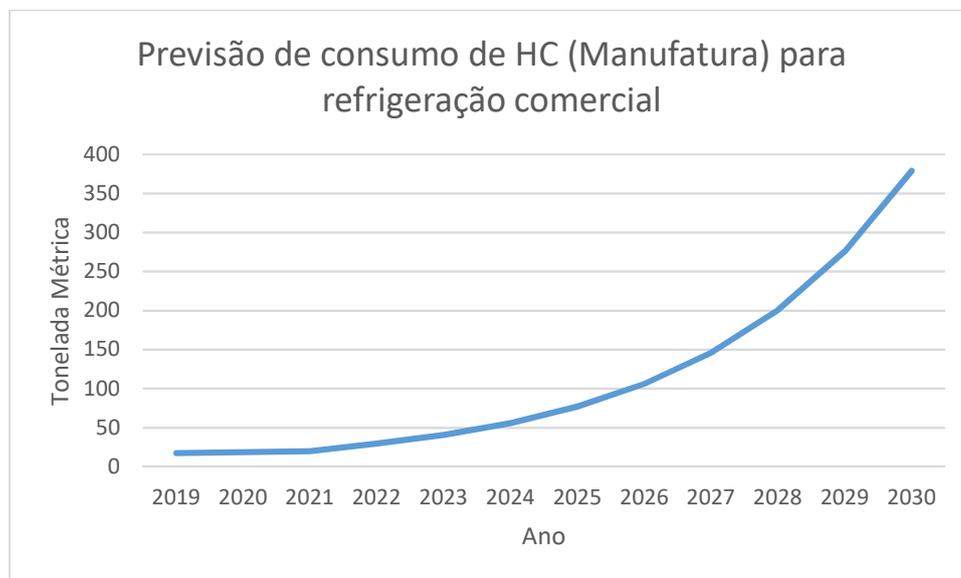
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	3,62
2026	3,71
2027	3,81
2028	3,90
2029	4,00
2030	9,66

Fonte: Autor (2019).

Cenário 3: com 6% de crescimento de 2019 a 2021 e incremento de sistemas com carga de até 500 gramas a partir de 2022.

A figura 43 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 43 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 15 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 15 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para a refrigeração comercial.

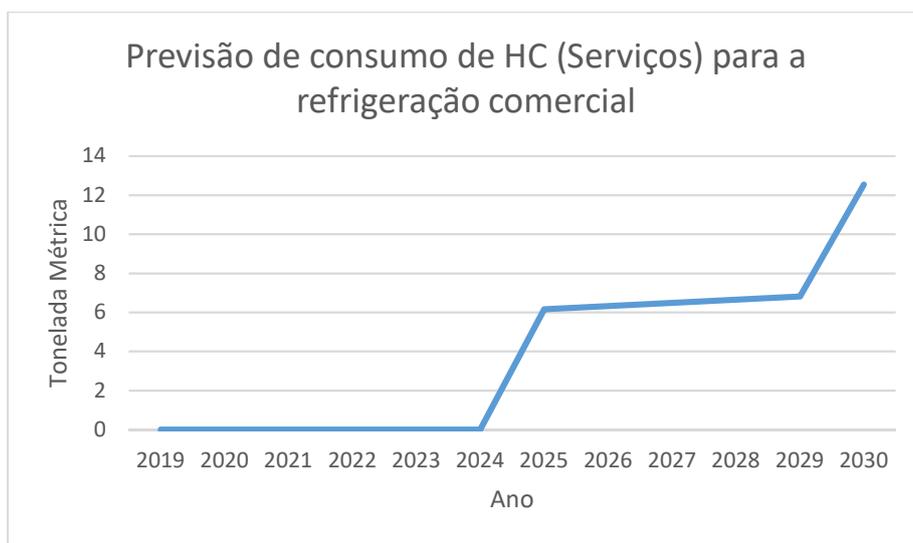
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	17,49
2020	18,54
2021	20,12
2022	29,67
2023	40,80
2024	56,09
2025	77,13
2026	106,05
2027	145,82
2028	200,51
2029	275,70
2030	379,09

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento de reparos em novos equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso e de 30% após 10 anos de uso.

A figura 44 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 44 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para a refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 16 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 16 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para a refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	6,17
2026	6,32
2027	6,48
2028	6,64
2029	6,81
2030	12,54

Fonte: Autor (2019).

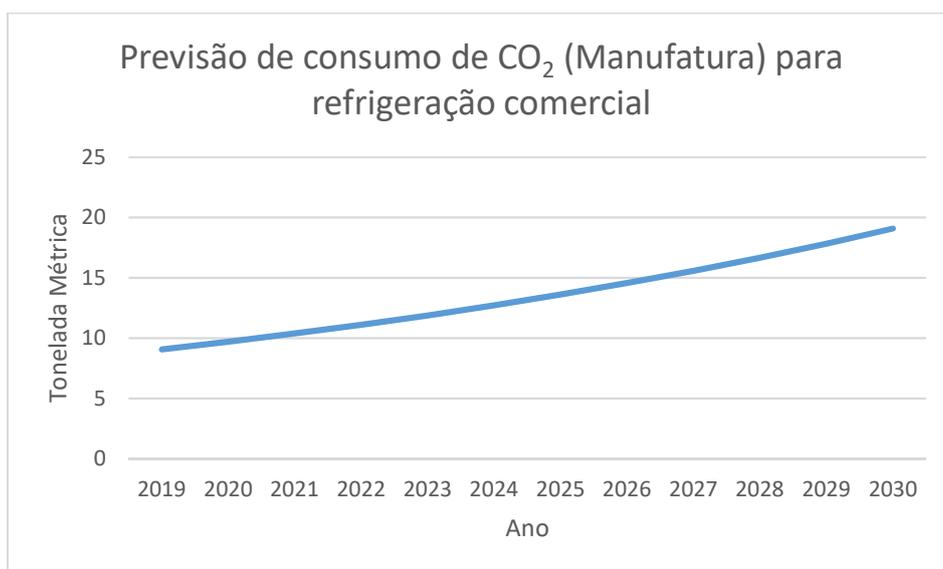
CO₂

Com relação ao fluido refrigerante CO₂, segundo informações coletadas da Danfoss, Bitzer e Carel, há uma tendência de aumento do seu uso em novas instalações, porém os entraves ainda são a mão de obra especializada, que ainda é escassa, e o valor de implantação do sistema que, apesar de ter sido bastante reduzido nos últimos anos, ainda gira em torno de 15% mais caro quando comparado aos sistemas similares com HFC-404A e HCFC-22. Segundo a Bitzer, a estimativa é de um aumento em torno de 200% na utilização do CO₂ em um período de 10 anos, mas dependendo da qualificação dos técnicos e da redução no valor dos componentes utilizados este percentual poderá aumentar.

Cenário: crescimento de 200% no consumo do CO₂ no período de 10 anos.

A figura 45 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 45 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 17 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

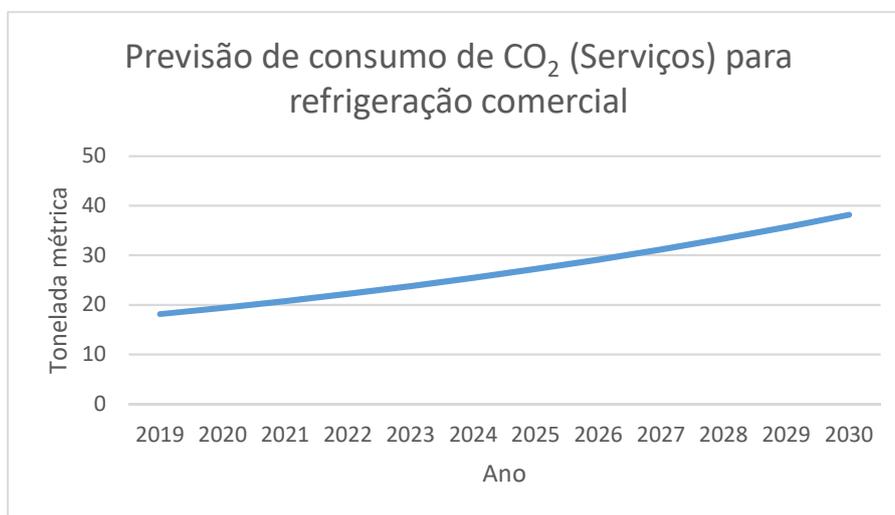
Tabela 17 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	9,07
2020	9,71
2021	10,39
2022	11,11
2023	11,89
2024	12,72
2025	13,61
2026	14,57
2027	15,59
2028	16,68
2029	17,85
2030	19,10

Fonte: Autor (2019).

A figura 46 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 46 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 18 mostra o consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 18 – Consumo de CO₂ previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	18,14
2020	19,41
2021	20,77
2022	22,23
2023	23,78
2024	25,45
2025	27,23
2026	29,14
2027	31,17
2028	33,36
2029	35,69
2030	38,19

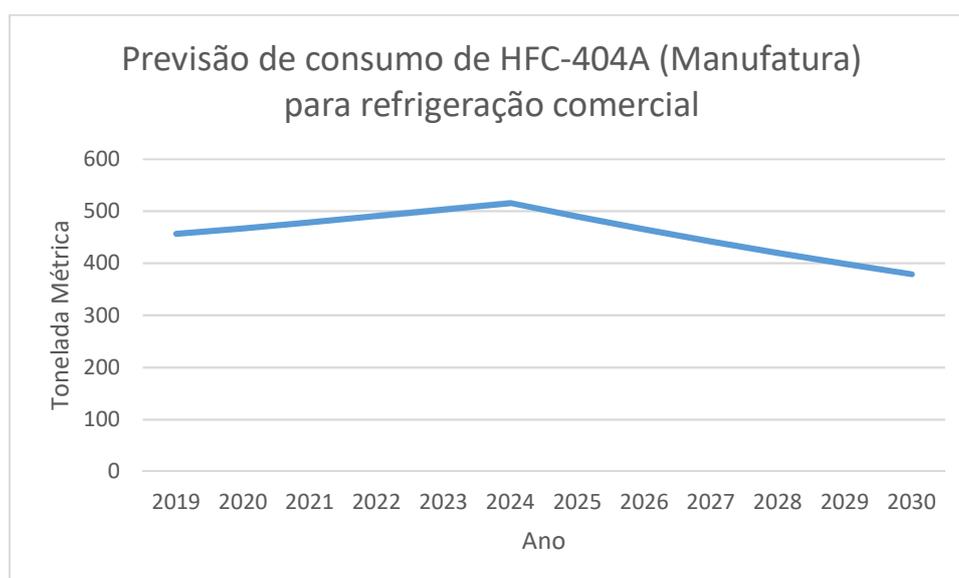
Fonte: Autor (2019).

HFC-404A

Cenário 1: de redução do consumo, a partir de 2025, em 5% ao ano, por conta do alto GWP.

A figura 47 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 47 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 19 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

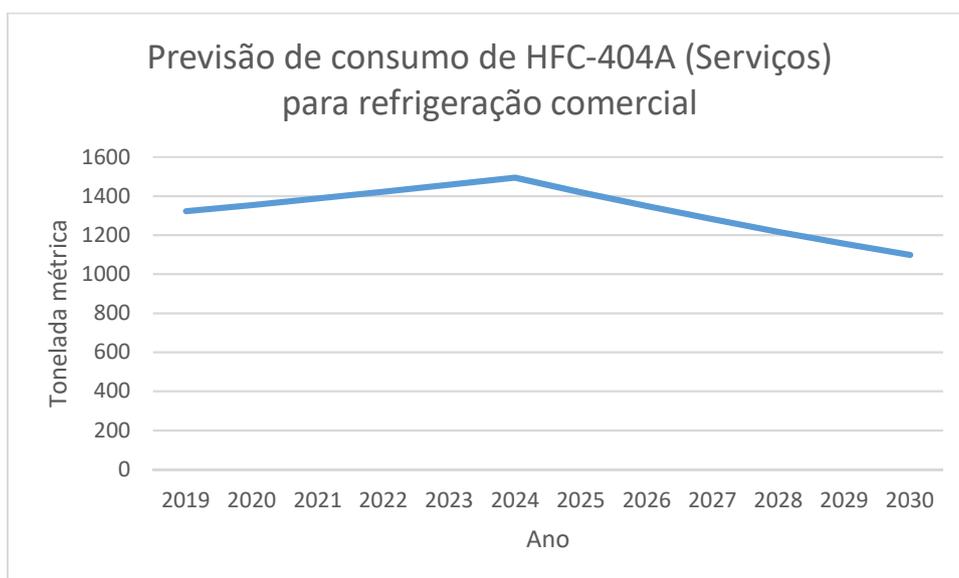
Tabela 19 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	456,62
2020	467,13
2021	478,80
2022	490,77
2023	503,04
2024	515,62
2025	489,84
2026	465,35
2027	442,08
2028	419,98
2029	398,98
2030	379,03

Fonte: Autor (2019).

A figura 48 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 48 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 20 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 20 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

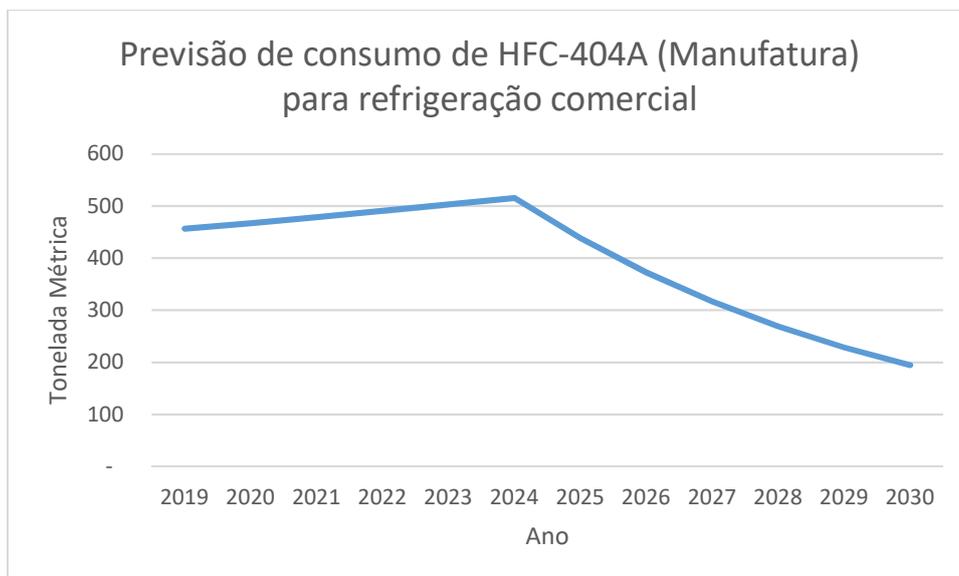
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.323,50
2020	1.353,94
2021	1.387,79
2022	1.422,49
2023	1.458,05
2024	1.494,50
2025	1.419,78
2026	1.348,79
2027	1.281,35
2028	1.217,28
2029	1.156,42
2030	1.098,60

Fonte: Autor (2019).

Cenário 2: de redução do consumo, a partir de 2025, em 15% ao ano, por conta do alto GWP e utilização de sistemas alternativos, a exemplo do HC.

A figura 49 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 49 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 21 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração comercial.

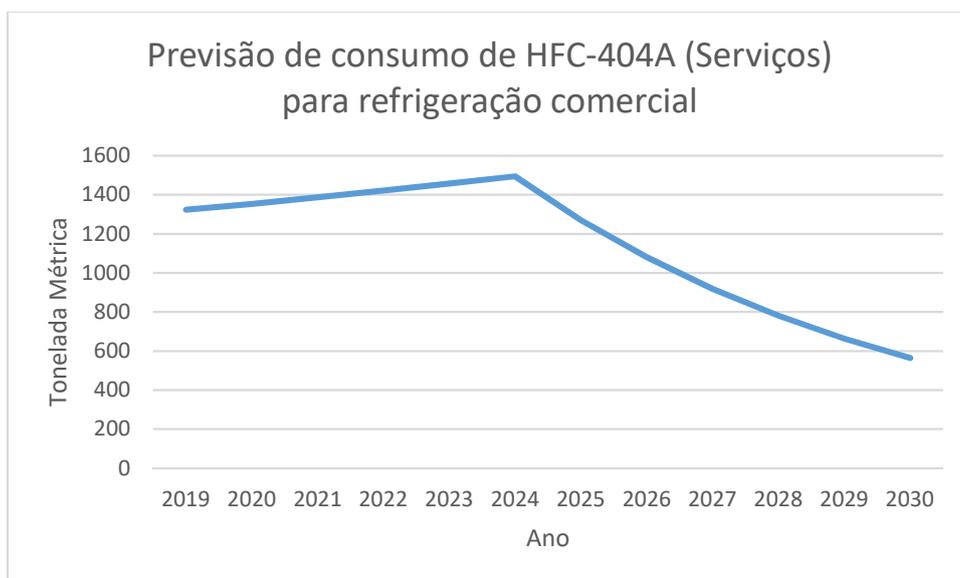
Tabela 21 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de manufatura, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	457
2020	467
2021	479
2022	491
2023	503
2024	516
2025	438
2026	373
2027	317
2028	269
2029	229
2030	194

Fonte: Autor (2019).

A figura 50 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Figura 50 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 22 mostra o consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração comercial.

Tabela 22 – Consumo de HFC-404A previsto até 2030 no setor de serviços, para refrigeração comercial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.323,50
2020	1.353,94
2021	1.387,79
2022	1.422,49
2023	1.458,05
2024	1.494,50
2025	1.270,33
2026	1.079,78
2027	917,81
2028	780,14
2029	663,12
2030	563,65

Fonte: Autor (2019).

5.1.3 Refrigeração industrial

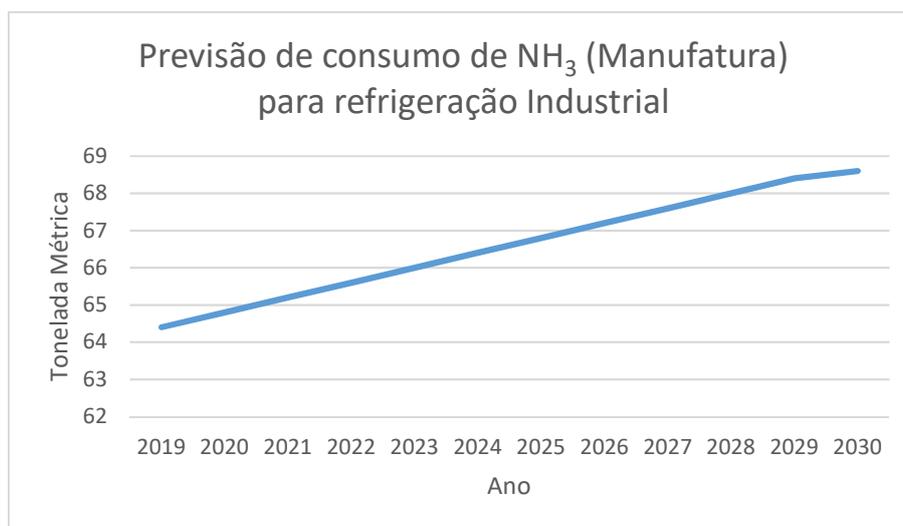
A refrigeração industrial, contemplada por equipamentos e instalações de grande porte, é utilizada tanto para conservação de alimentos quanto para realização de processos.

Tanto o setor de manufatura quanto o de serviços preveem crescimento de 6,5% nos próximos 10 anos, devido ao crescimento de demanda pela indústria de processamento de alimentos, além da expansão do número de armazéns frigoríficos nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Outro fator a ser levado em consideração é o aumento da fabricação de produtos farmacêuticos, elevando a demanda da cadeia do frio por produtos farmacêuticos nos próximos anos. Esses dados foram coletados de pesquisa realizada junto aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de refrigeração industrial considerou o perfil de crescimento citado no parágrafo anterior, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

A figura 51 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos para refrigeração industrial.

Figura 51 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 23 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.

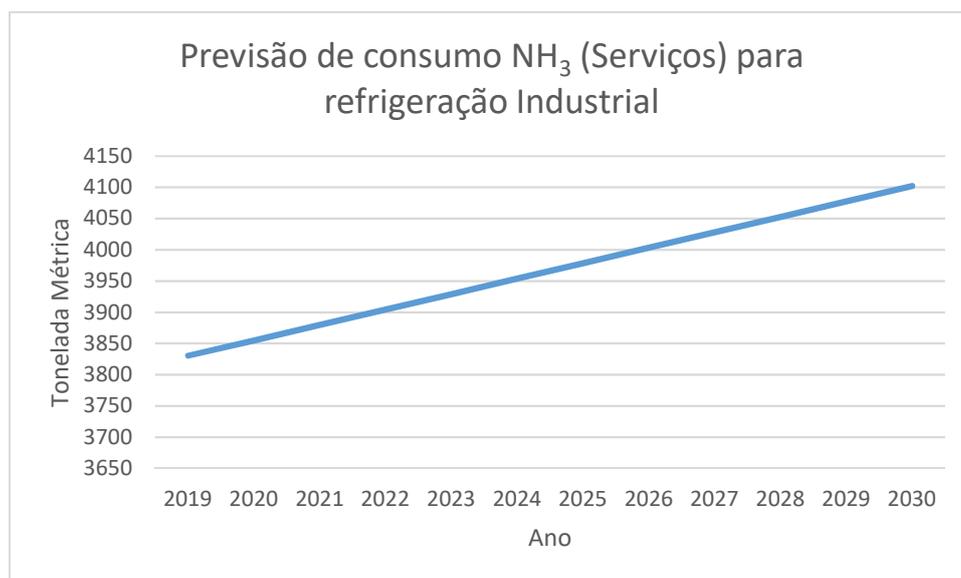
Tabela 23 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de refrigeração industrial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	64,4
2020	64,8
2021	65,2
2022	65,6
2023	66
2024	66,4
2025	66,8
2026	67,2
2027	67,6
2028	68
2029	68,4
2030	68,6

Fonte: Autor (2019).

A figura 52 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Figura 52 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 24 mostra o consumo de NH₃ previsto até 2030 pelo setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Tabela 24 – Consumo de NH₃ previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de refrigeração industrial.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	3.830,4
2020	3.855,1
2021	3.879,8
2022	3.904,5
2023	3.929,2
2024	3.953,9
2025	3.978,6
2026	4.003,3
2027	4.028
2028	4.052,7
2029	4.077,4
2030	4.102,1

Fonte: Autor (2019).

5.2 Ar condicionado

5.2.1 Ar condicionado de janela

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo janela

Os condicionadores de ar de janela têm uma tendência de queda na produção devido à inserção mais acentuada do *Split*, mesmo assim a sua produção irá continuar, por conta da substituição dos aparelhos já existentes e também para suprir a demanda em locais onde a instalação de aparelhos do tipo *Split* não pode ser executada, a exemplo de edifícios populares construídos para utilização desse tipo de aparelho.

Com relação ao fluido refrigerante, recentemente houve a transição do HCFC-22 para o HFC-410A. A tendência é que o HFC-410A continue por muitos anos, visto que a mudança do HCFC-22 para o HFC-410A é recente e demandou investimentos em maquinários, treinamentos e componentes.

Já o fluido R-454B vem sendo estudado pelo setor para o desenvolvimento de novos equipamentos de ar condicionado do tipo janela, visto possuir características similares ao HFC-410A, mas com GWP reduzido. No entanto, é previsto que o processo de mudança seja lento nos cinco primeiros anos, acentuando-se posteriormente. A previsão é que 10% dos aparelhos de ar condicionado do tipo janela fabricados nos próximos cinco anos sejam com o fluido R-454B, aumentando esse número para 30% no período entre 2025 e 2030, segundo informações da Chemours.

Já a utilização do HC-290 em ACJ irá depender do comportamento do mercado mundial, mas com a previsão de sua inserção no Brasil a partir de 2027, com uma fatia acumulada de 15% do referido mercado no período entre 2027 a 2030, segundo fabricantes como a Springer e Electrolux. Os dados informados foram obtidos de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistências técnicas credenciadas aos fabricantes.

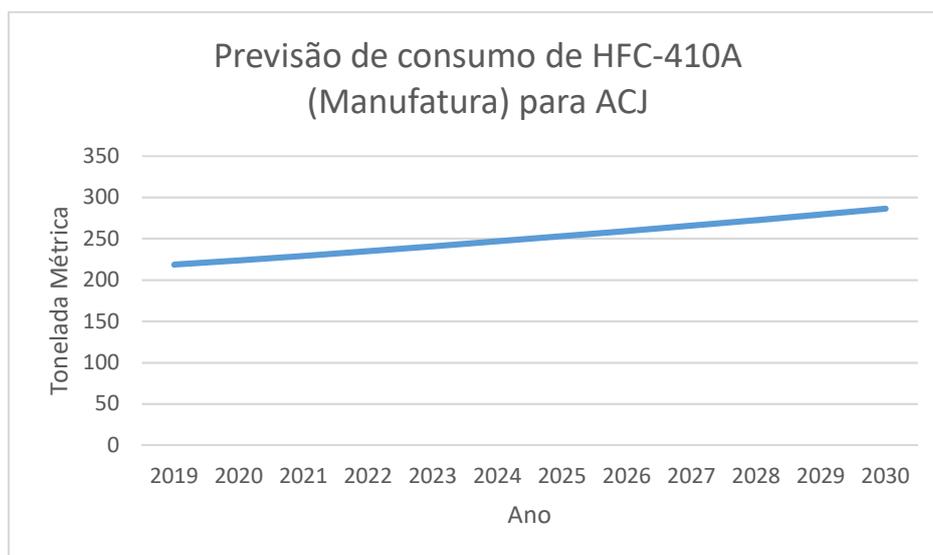
A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo janela consistiu em adotar o perfil de crescimento do uso do HFC-410A acompanhado pelo desempenho do PIB, tendo em vista um cenário de previsão de crescimento econômico.

Para o setor de serviços relacionado à utilização de fluidos refrigerantes alternativos no mercado, o valor de 10% de consumo a partir do quinto ano de fabricação foi considerado, de acordo com informações cedidas pelas empresas de assistência técnica da Springer e Electrolux.

HFC-410A

A figura 53 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo de janela, acompanhando o crescimento econômico estimado para o PIB.

Figura 53 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 25 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo de janela, acompanhando o crescimento econômico estimado para o PIB.

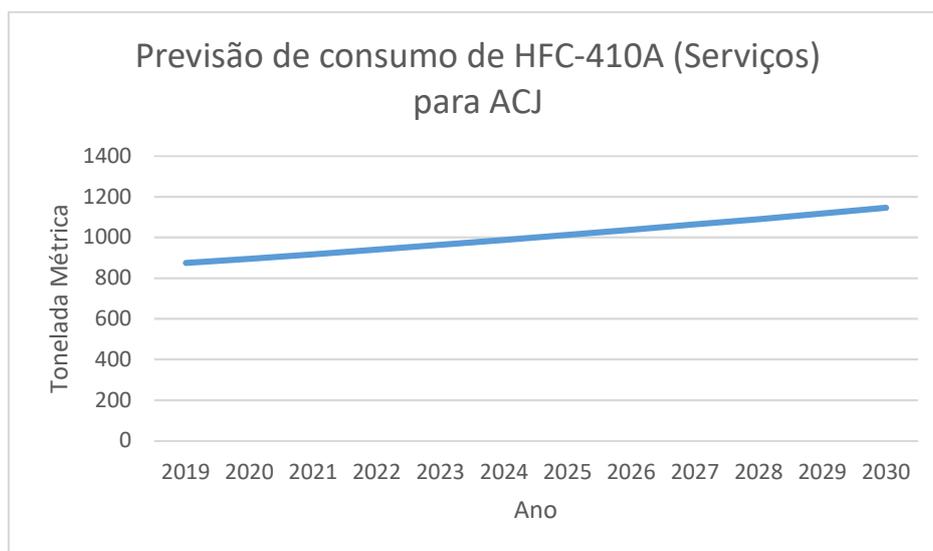
Tabela 25 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	218,74
2020	223,77
2021	229,36
2022	235,10
2023	240,97
2024	247,00
2025	253,17
2026	259,50
2027	265,99
2028	272,64
2029	279,45
2030	286,44

Fonte: Autor (2019).

A figura 54 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 54 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 26 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 26 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

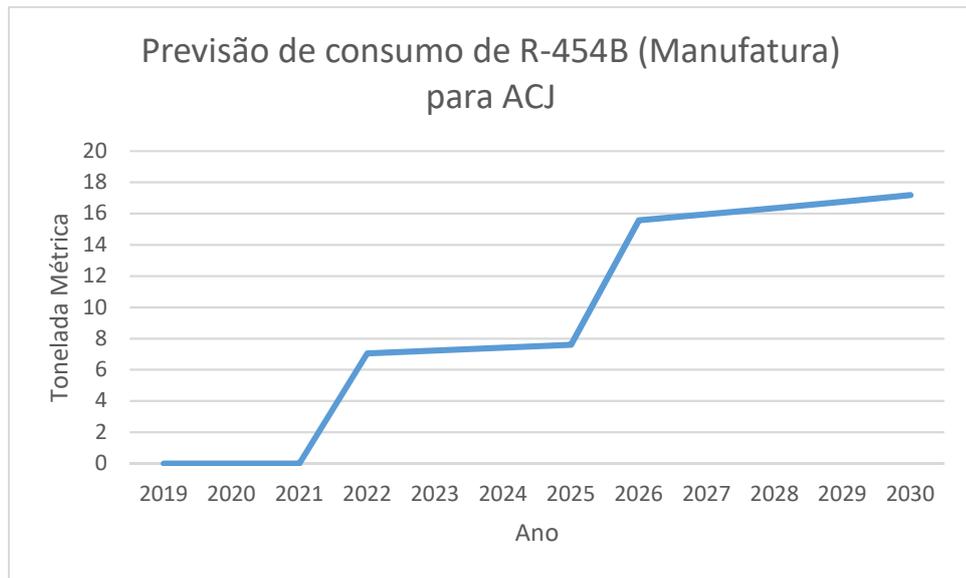
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	874,94
2020	895,07
2021	917,44
2022	940,38
2023	963,89
2024	987,99
2025	1.012,69
2026	1.038,00
2027	1.063,95
2028	1.090,55
2029	1.117,82
2030	1.145,76

Fonte: Autor (2019).

R-454-B

A figura 55 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 55 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 27 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 27 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.

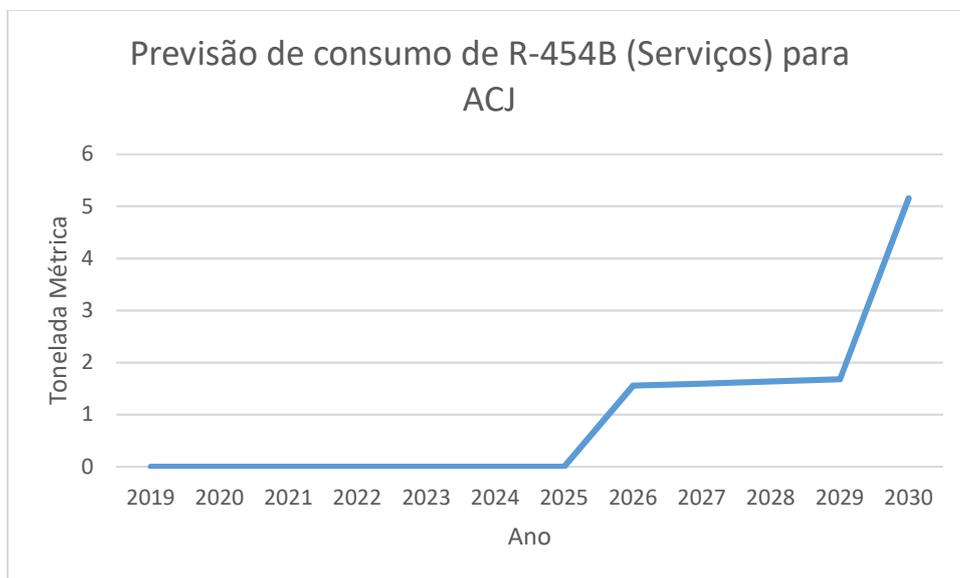
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	7,05
2023	7,23
2024	7,41
2025	7,60
2026	15,57
2027	15,96
2028	16,36
2029	16,77
2030	17,19

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos herméticos é de 8% após cinco anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 56 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 56 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 28 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 28 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	1,56
2027	1,60
2028	1,64
2029	1,68
2030	5,16

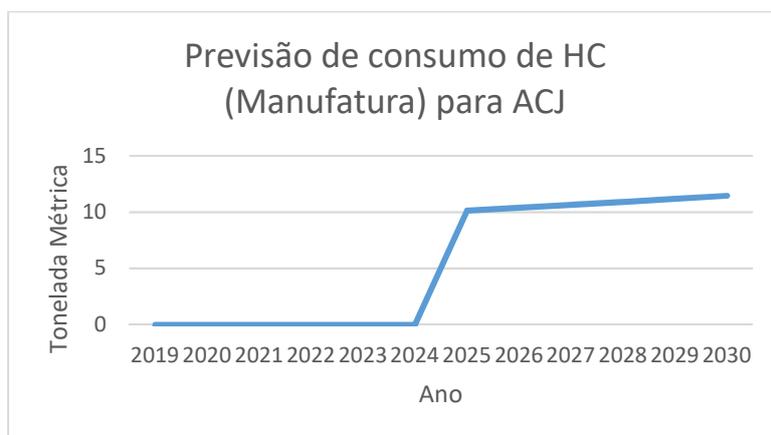
Fonte: Autor (2019).

HC

Para o consumo de HC no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela, seu uso irá depender do comportamento do mercado mundial quanto ao uso do HC-290 em equipamentos com carga acima de 150 gramas, mas a previsão é de inserção no Brasil a partir de 2027, respondendo por 15% do volume fabricado no período entre 2027 a 2030.

A figura 57 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 57 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 29 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 29 – Consumo do HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura para o setor de ar condicionado do tipo janela.

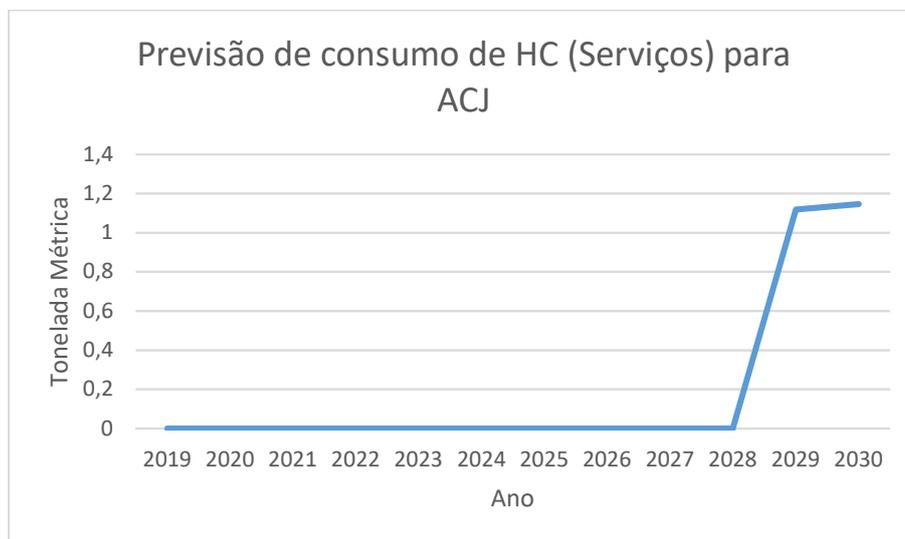
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	10,13
2026	10,38
2027	10,64
2028	10,91
2029	11,18
2030	11,46

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos em equipamentos herméticos é de 8% após 5 anos de uso.

A figura 58 mostra o consumo de HC previsto até 2030 para o setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Figura 58 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 30 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

Tabela 30 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado de janela.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	1,12
2030	1,15

Fonte: Autor (2019).

5.2.2 Ar condicionado do tipo Split

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo split

O setor de condicionadores de ar do tipo Split tem uma tendência de crescimento suave nos próximos anos, acompanhando os índices de desenvolvimento econômico nacional.

Com relação ao fluido refrigerante, iniciou-se nos últimos 5 anos a transição do HCFC-22 para o HFC-410A. A tendência é que o HFC-410A continue por mais anos de acordo com os fabricantes do setor devido aos investimentos já feitos, conforme entrevistas realizadas com a Springer e Electrolux.

Com relação à transição do mercado para a utilização de fluidos de menor GWP, o HFC-32 é o mais cotado, com a previsão de que nos próximos cinco anos atinja uma inserção mais acentuada no mercado nacional, respondendo por 15% do volume de aparelhos fabricados/comercializados nos cinco primeiros anos e de 25% entre os anos de 2025 a 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com uma transição estimada em 10% do mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que este fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

Considera-se que o HC-290 deverá ter mudanças mais lentas devido aos critérios de segurança a serem adotados pelos fabricantes em suas plantas de produção, com a exigência de um programa de treinamento específico para que as assistências técnicas credenciadas aos fabricantes possam trabalhar com esse fluido.

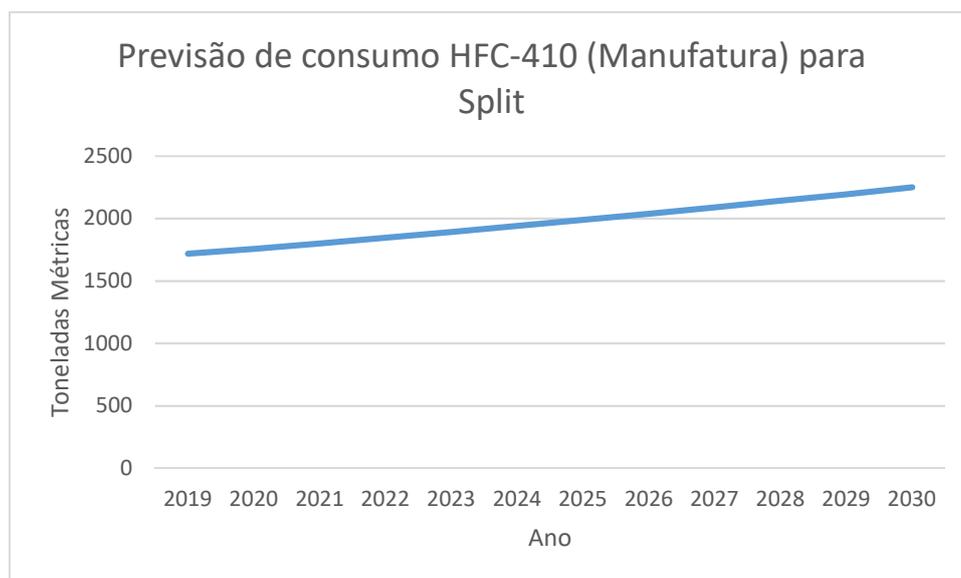
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo split considerou o perfil de crescimento citado acima, juntamente com a previsão de crescimento da economia brasileiro (segundo dados do IPEA, 2019).

HFC-410A

A figura 59 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 59 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 31 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 para o setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

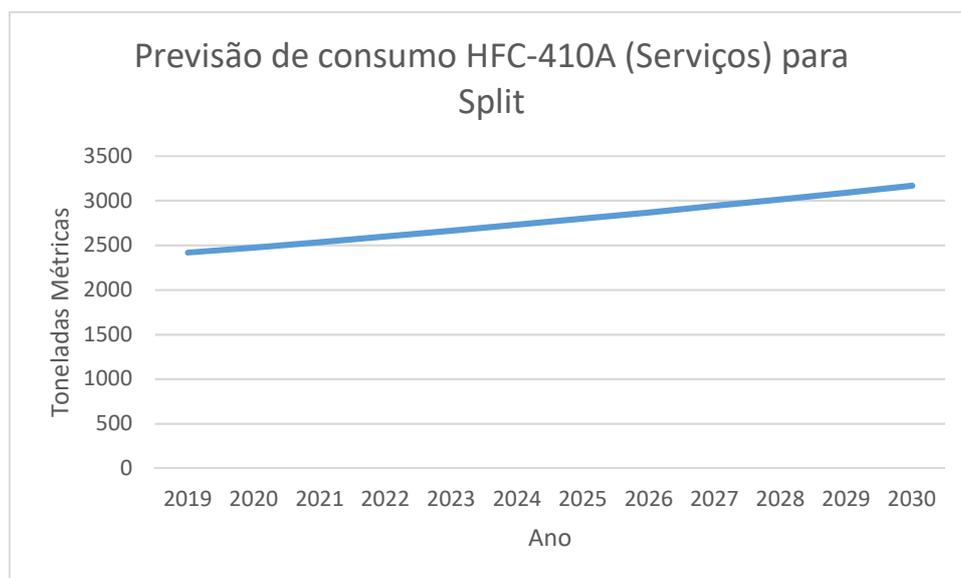
Tabela 31 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	1.758,17
2021	1.802,12
2022	1.847,18
2023	1.893,36
2024	1.940,69
2025	1.989,21
2026	2.038,94
2027	2.089,91
2028	2.142,16
2029	2.195,71
2030	2.250,60

Fonte: Autor (2019).

A figura 60 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 60 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 32 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 32 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.

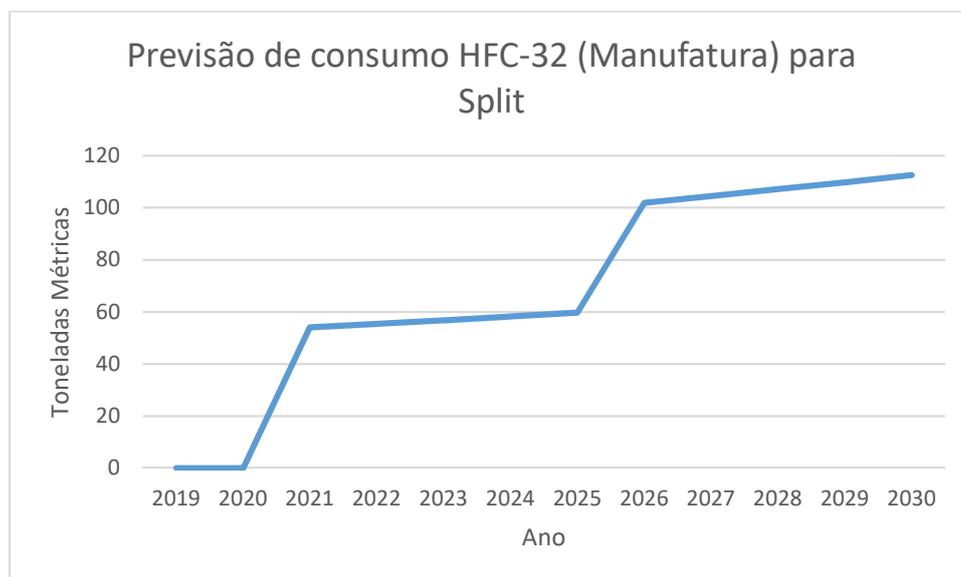
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2419,20
2020	2474,84
2021	2536,71
2022	2600,13
2023	2665,13
2024	2731,76
2025	2800,06
2026	2870,06
2027	2941,81
2028	3015,35
2029	3090,74
2030	3168,01

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 61 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 61 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 33 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 33 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

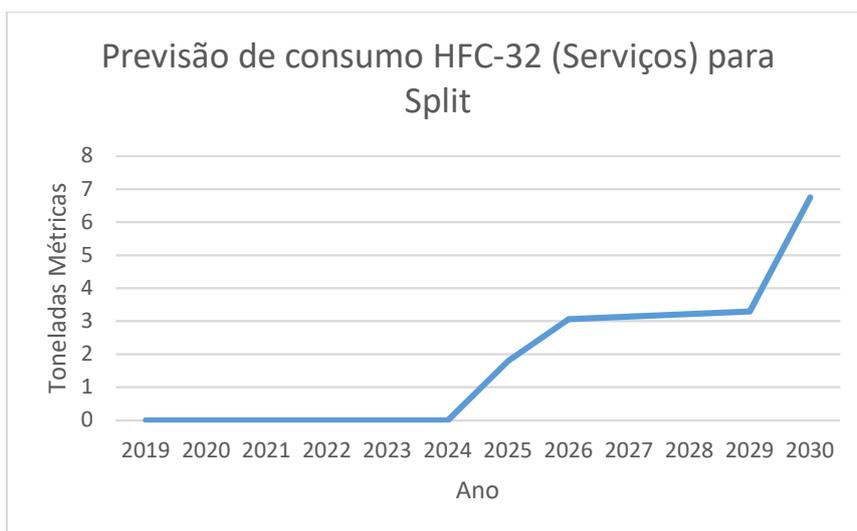
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	54,06
2022	55,42
2023	56,80
2024	58,22
2025	59,68
2026	101,95
2027	104,50
2028	107,11
2029	109,79
2030	112,53

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 62 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 62 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 34 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 34 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

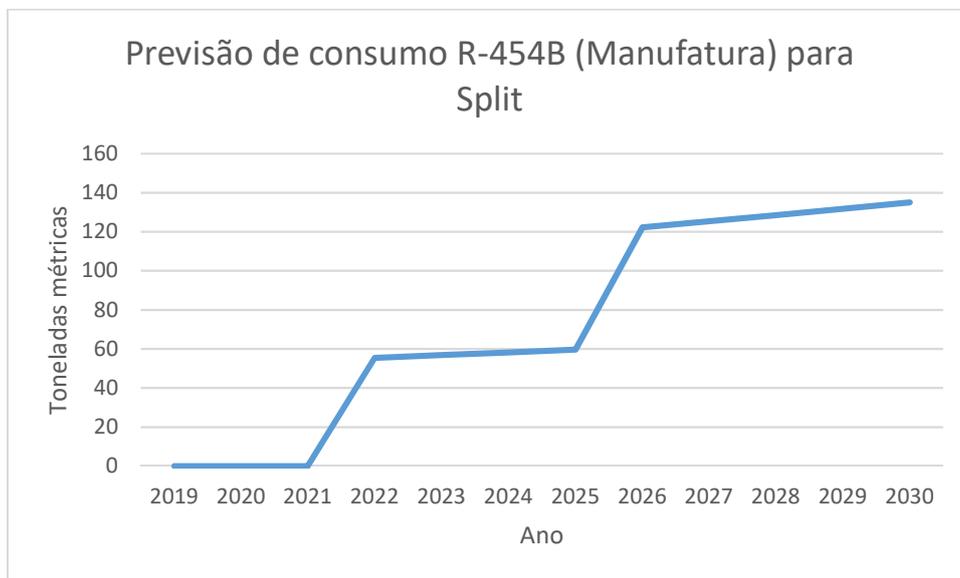
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	1,79
2026	3,06
2027	3,13
2028	3,21
2029	3,29
2030	6,75

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 63 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 63 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 35 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 35 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

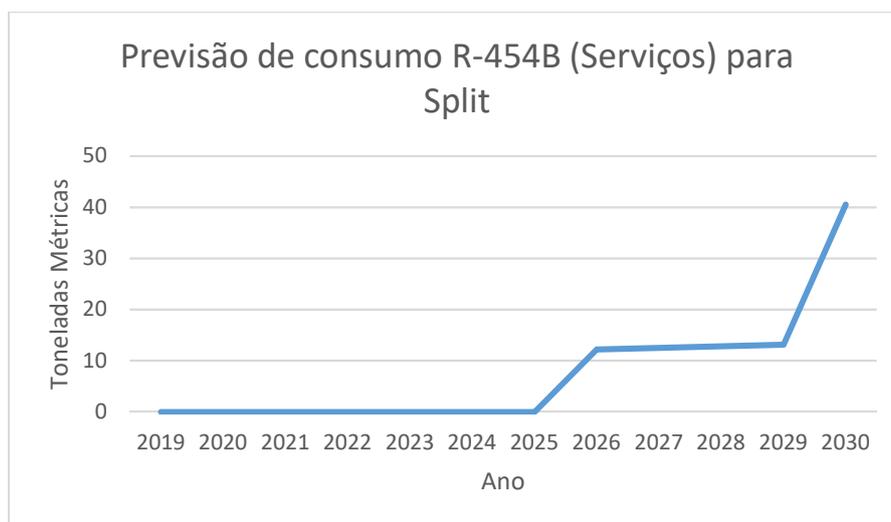
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	55,42
2023	56,80
2024	58,22
2025	59,68
2026	122,34
2027	125,39
2028	128,53
2029	131,74
2030	135,04

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 64 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 64 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 36 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 36 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo split.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	12,23
2027	12,54
2028	12,85
2029	13,17
2030	40,51

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 65 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 65 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 37 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 37 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo split.

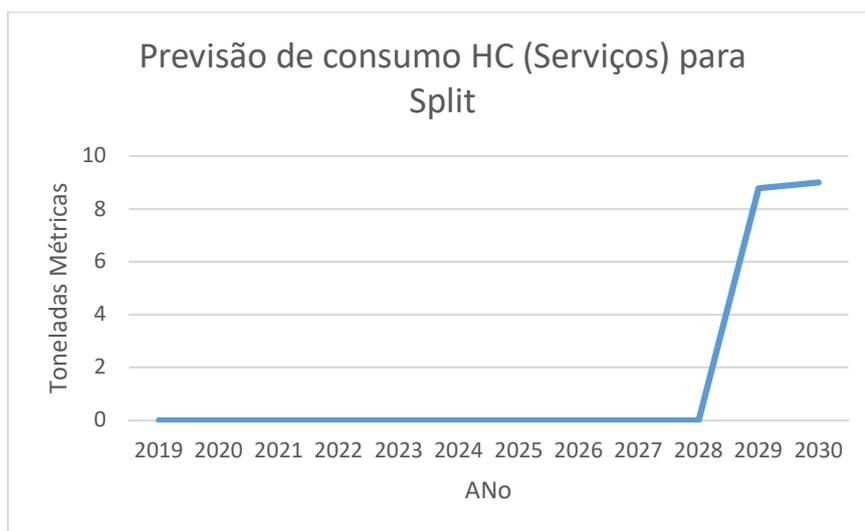
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	79,57
2026	81,56
2027	83,60
2028	85,69
2029	87,83
2030	90,02

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 66 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Figura 66 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 38 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Tabela 38 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de aparelhos de ar condicionado do tipo split.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	8,78
2030	9,00

Fonte: Autor (2019).

5.2.3 Ar condicionado do tipo *rooftop*

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo *rooftop*

O *rooftop* é uma central de ar condicionado compacta, que não necessita de casa de máquinas e é indicada para ambientes de grandes proporções, com poucas divisórias (paredes), como galpões, salões de festas, tendas de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em grandes instalações e os índices de crescimento de fabricação estão atrelados aos índices da construção civil de grandes empreendimentos, tais como auditórios, teatros, parque de exposições.

O fluido predominante nestes aparelhos atualmente é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32 e em menor grau pelos fluidos R-454B e HC. Para o HFC-32, é esperada a produção para a substituição de 15% dos aparelhos fabricados nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 a 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com a transição estimada de 10% do mercado nos anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

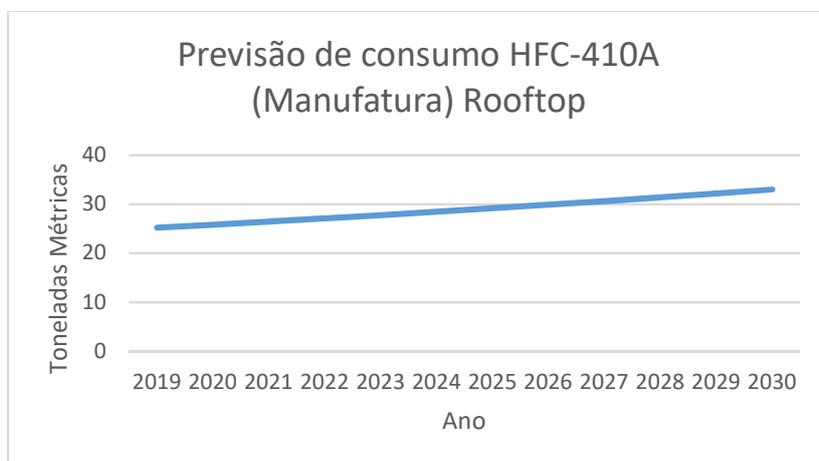
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop* considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 67 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 67 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 39 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

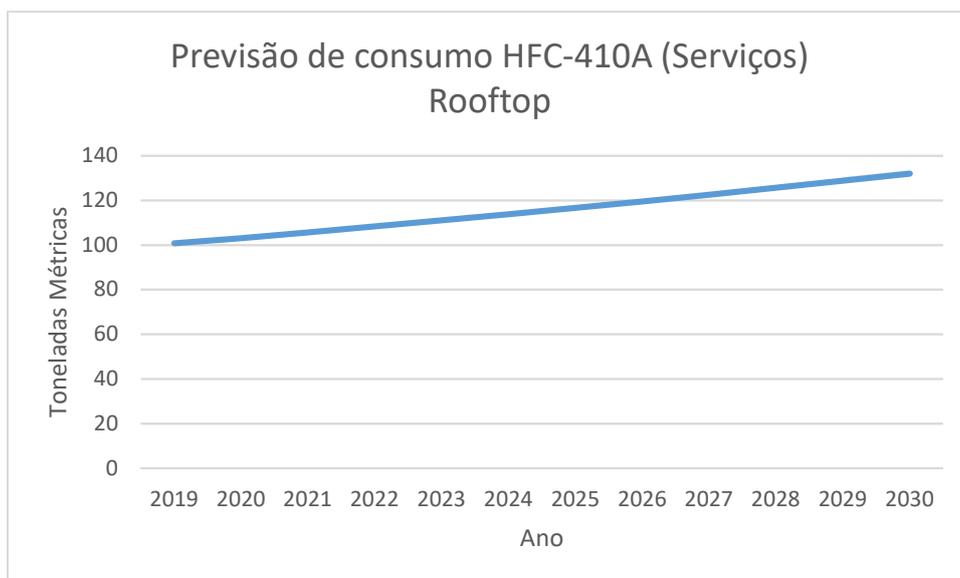
Tabela 39 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de aparelhos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	25,20
2020	25,78
2021	26,42
2022	27,08
2023	27,76
2024	28,46
2025	29,17
2026	29,90
2027	30,64
2028	31,41
2029	32,20
2030	33,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 68 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 68 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 40 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 40 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

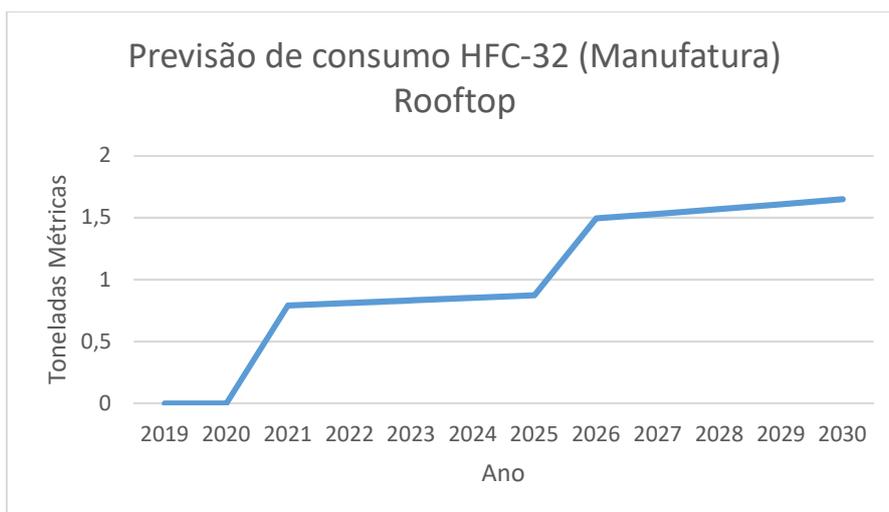
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	100,80
2020	103,12
2021	105,70
2022	108,34
2023	111,05
2024	113,82
2025	116,67
2026	119,59
2027	122,58
2028	125,64
2029	128,78
2030	132,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 69 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 69 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 41 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 41 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

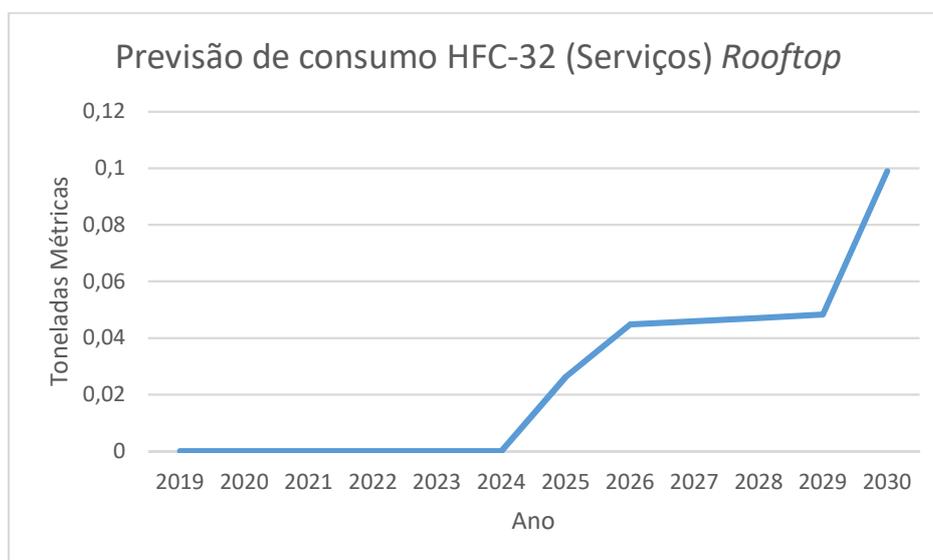
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,79
2022	0,81
2023	0,83
2024	0,85
2025	0,88
2026	1,49
2027	1,53
2028	1,57
2029	1,61
2030	1,65

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 70 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 70 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 42 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 para o setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 42 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

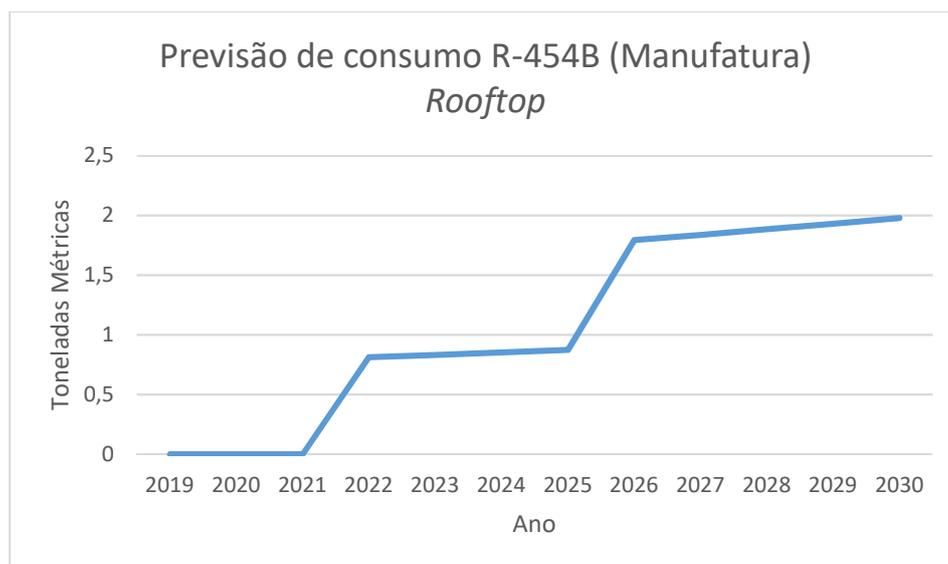
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,03
2026	0,04
2027	0,05
2028	0,05
2029	0,05
2030	0,10

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 71 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 71 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 43 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 43 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de ar condicionado do tipo *rooftop*.

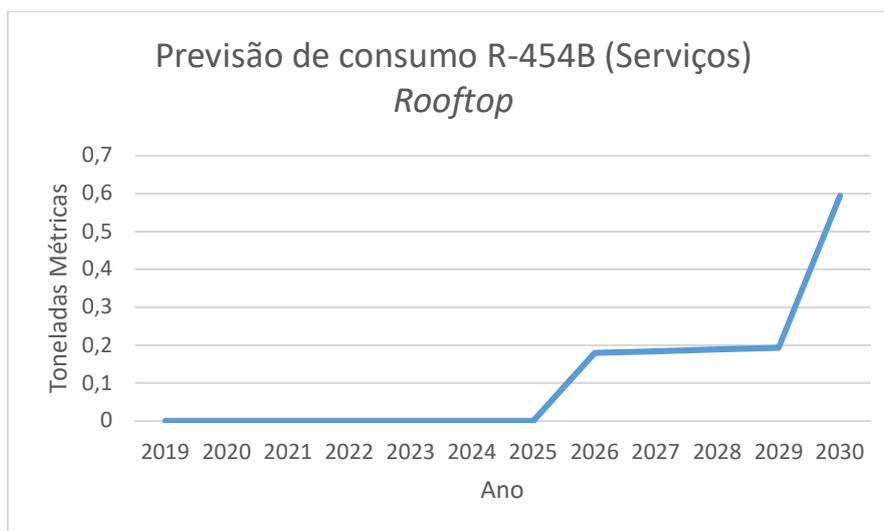
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,81
2023	0,83
2024	0,85
2025	0,88
2026	1,79
2027	1,84
2028	1,88
2029	1,93
2030	1,98

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 72 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 72 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 44 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 44 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

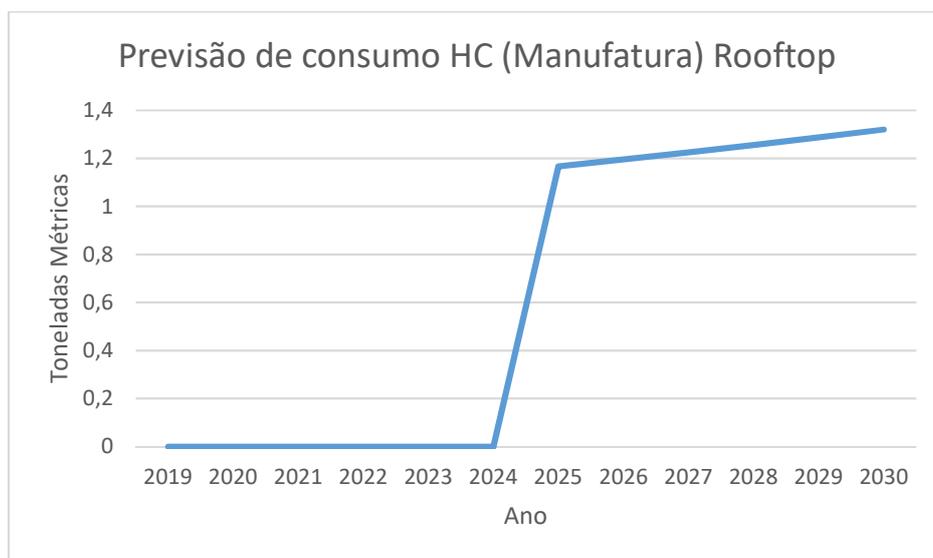
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,18
2027	0,18
2028	0,19
2029	0,19
2030	0,59

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 73 mostra o consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 73 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 45 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 45 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

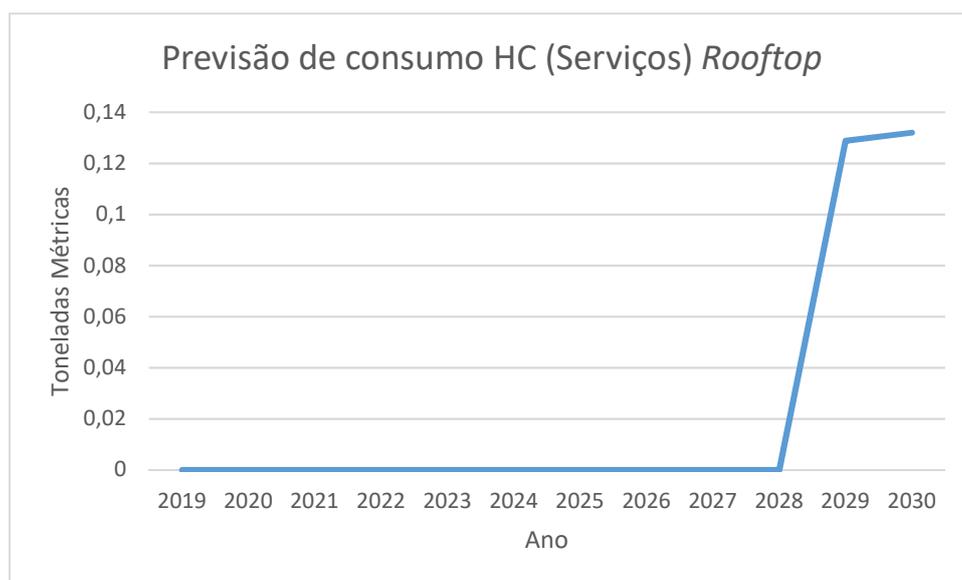
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	1,17
2026	1,20
2027	1,23
2028	1,26
2029	1,29
2030	1,32

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 74 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Figura 74 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 46 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Tabela 46 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *rooftop*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,13
2030	0,13

Fonte: Autor (2019).

5.2.4 Ar condicionado do tipo *self contained*

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo *self contained*

O equipamento *self contained* é uma central de ar condicionado compacta de médio porte, indicada para ambientes que necessitem de carga térmica entre 5 a 20 TRs (Toneladas de Refrigeração), sendo indicados para estabelecimentos comerciais, tais como bancos, galpões, salas comerciais, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em médias e grandes instalações, por isso as demandas do setor estão atreladas aos índices de crescimento da construção civil de ambientes comerciais.

O fluido predominante nestes aparelhos é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32 e em menor grau pelos fluidos R-454B e HC. Sendo o HFC-32 responsável pela substituição de 15% dos aparelhos fabricados nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 e 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com uma transição estimada de 10% do mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume ofertado de aparelhos entre os anos de 2025 a 2030.

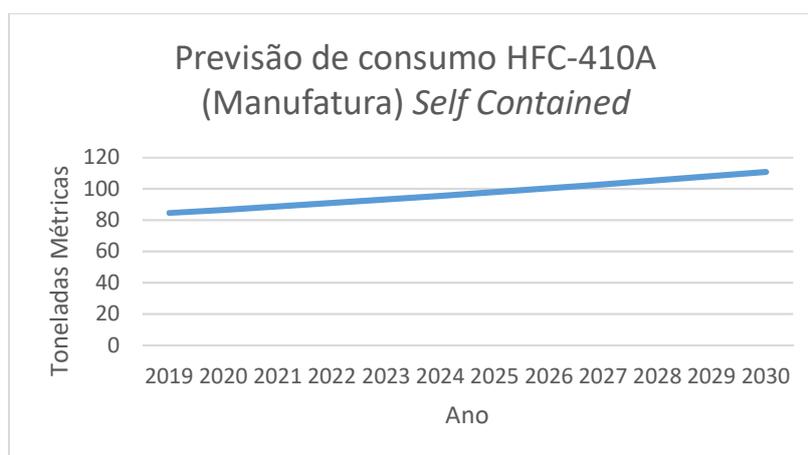
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *self contained* considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 75 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 75 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 47 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

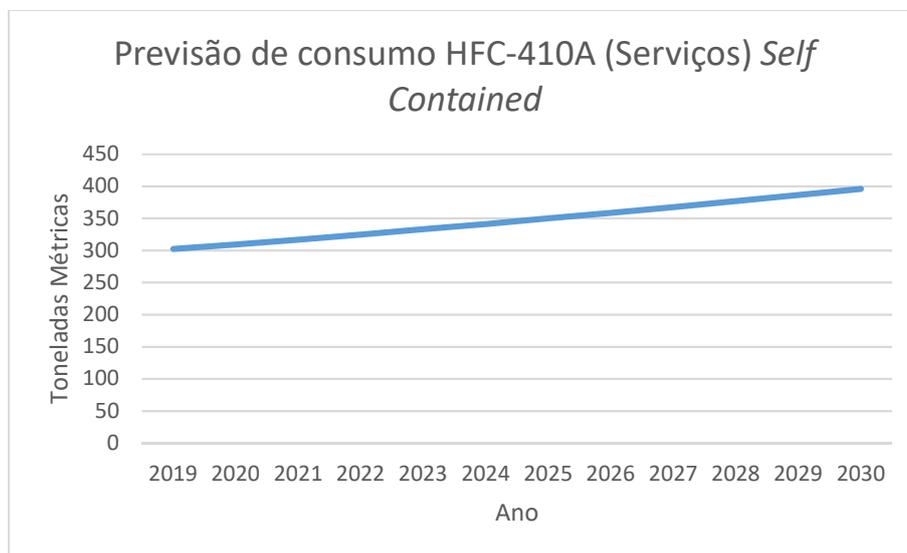
Tabela 47 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	84,67
2020	86,62
2021	88,78
2022	91,00
2023	93,28
2024	95,61
2025	98,00
2026	100,45
2027	102,96
2028	105,54
2029	108,18
2030	110,88

Fonte: Autor (2019).

A figura 76 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 76 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 48 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 48 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

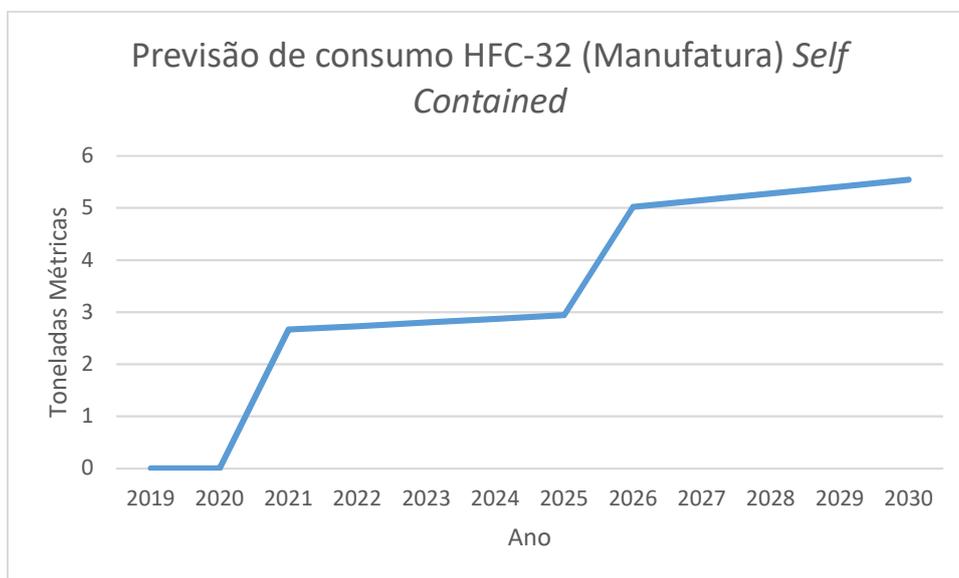
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	302,40
2020	309,36
2021	317,09
2022	325,02
2023	333,14
2024	341,47
2025	350,01
2026	358,76
2027	367,73
2028	376,92
2029	386,34
2030	396,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 77 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 77 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 49 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 49 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

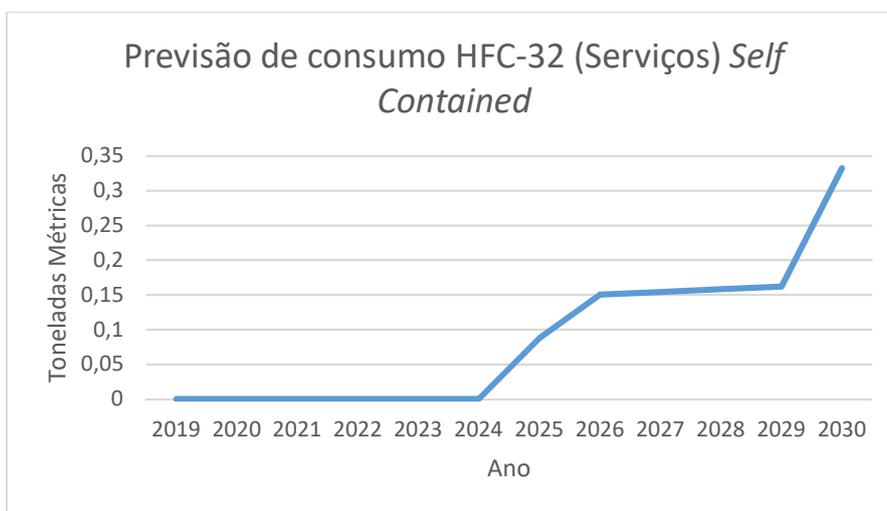
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	2,66
2022	2,73
2023	2,80
2024	2,87
2025	2,94
2026	5,02
2027	5,15
2028	5,28
2029	5,41
2030	5,54

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 78 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 78 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 50 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 50 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

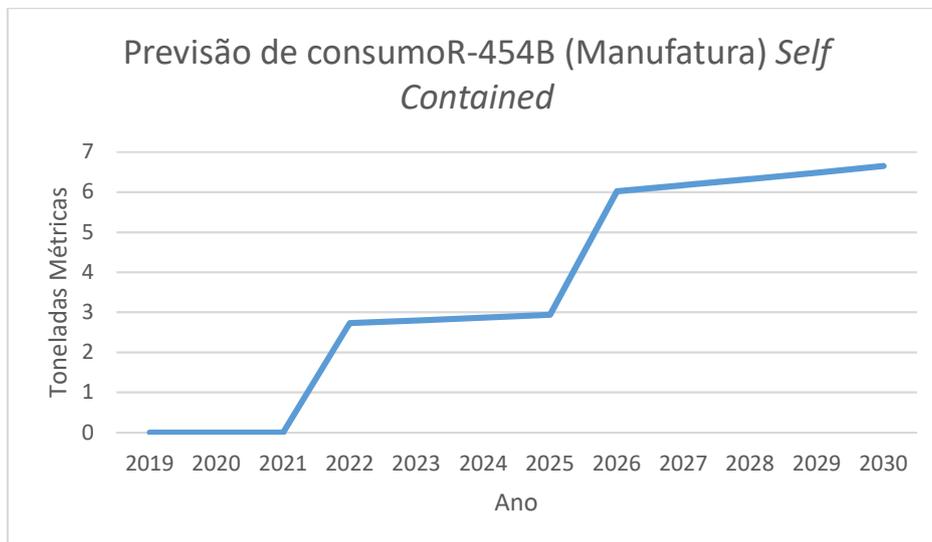
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,09
2026	0,15
2027	0,15
2028	0,16
2029	0,16
2030	0,33

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 79 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 79 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 51 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 51 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

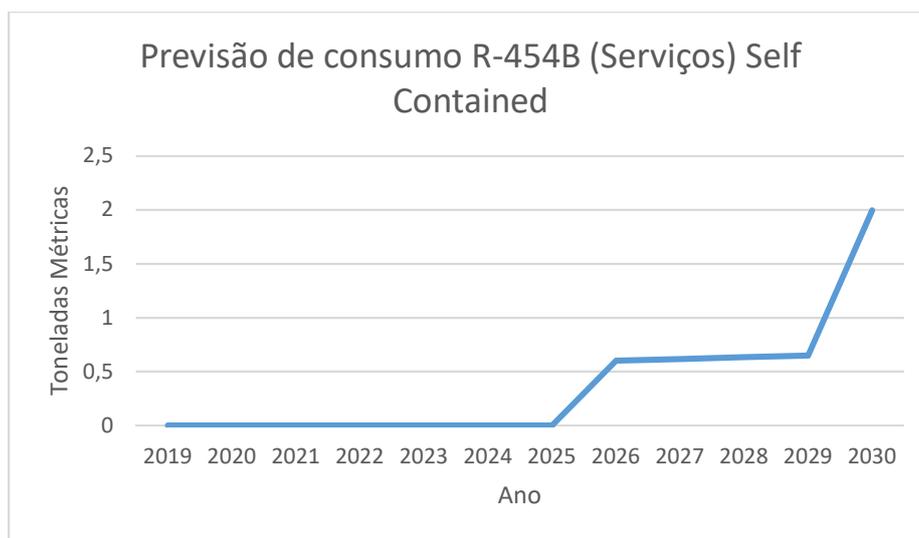
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	2,73
2023	2,80
2024	2,87
2025	2,94
2026	6,03
2027	6,18
2028	6,33
2029	6,49
2030	6,65

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 80 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 80 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 52 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 52 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

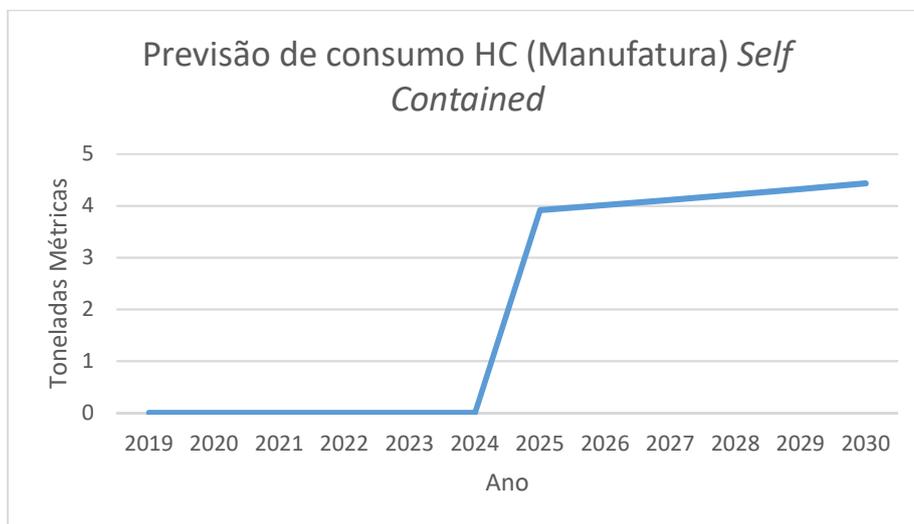
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,60
2027	0,62
2028	0,63
2029	0,65
2030	2,00

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 81 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 81 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 53 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 53 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *self contained*.

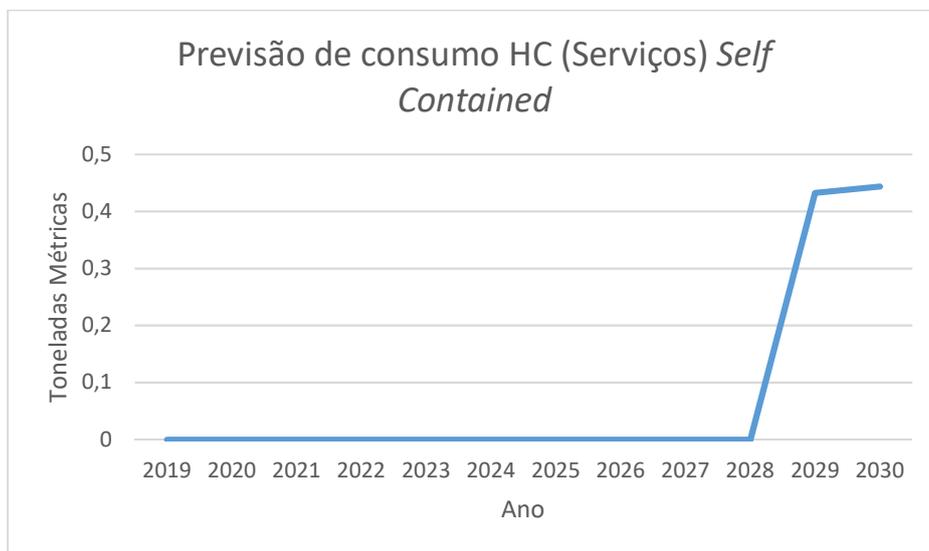
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	3,92
2026	4,02
2027	4,12
2028	4,22
2029	4,33
2030	4,44

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 82 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 82 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 54 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Tabela 54 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *self contained*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,43
2030	0,44

Fonte: Autor (2019).

5.2.5 Ar condicionado do tipo Fluxo de Refrigerante Variável - VRF (Médio e Grande Porte)

Metodologia utilizada para a previsão do consumo de fluidos refrigerantes no setor de ar condicionado do tipo Fluxo de Refrigerante Variável - VRF (Médio e Grande Porte)

O VRF é um sistema de ar condicionado compacto de médio ou grande porte, sendo indicado para ambientes de diversos tamanhos e cargas térmicas variáveis. São utilizados em estabelecimentos comerciais de médio e grande porte, tais como bancos, galpões, salas comerciais, salão de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho é utilizado em médias e grandes instalações e os índices de crescimento de fabricação estão atrelados aos índices de crescimento da construção civil de ambientes comerciais.

O fluido predominante nestes aparelhos é o HFC-410A, mas há tendência de sua substituição pelo HFC-32, e menor grau pelos fluidos R-454B e HC. Sendo o HFC-32 responsável pela substituição de 15% dos aparelhos nos próximos cinco anos e de 25% entre os anos de 2025 e 2030. Essa tendência poderá ser seguida pelo R-454B, com a transição estimada em 10% de participação deste mercado para os anos de 2022 a 2025 e de 30% entre 2026 e 2030. Para HC-290, estima-se que esse fluido responderá por cerca de 25% do volume acumulado entre os anos de 2025 a 2030.

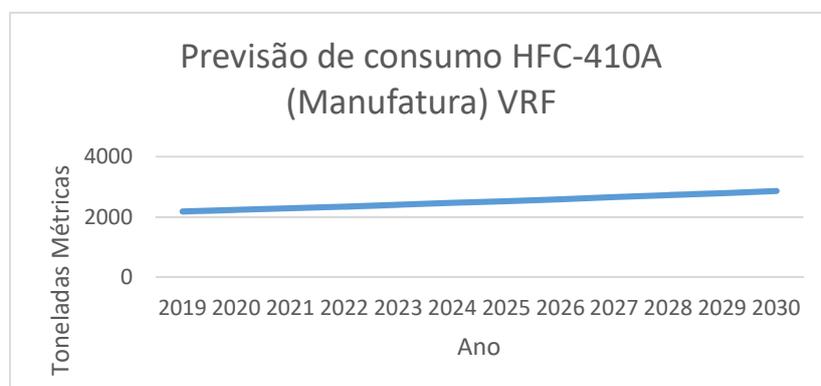
Os dados informados foram obtidos por meio de pesquisa realizada junto aos fabricantes e empresas de assistência técnica credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo VRF considerou o perfil de crescimento citado acima, tendo em vista o cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 83 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 83 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 55 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

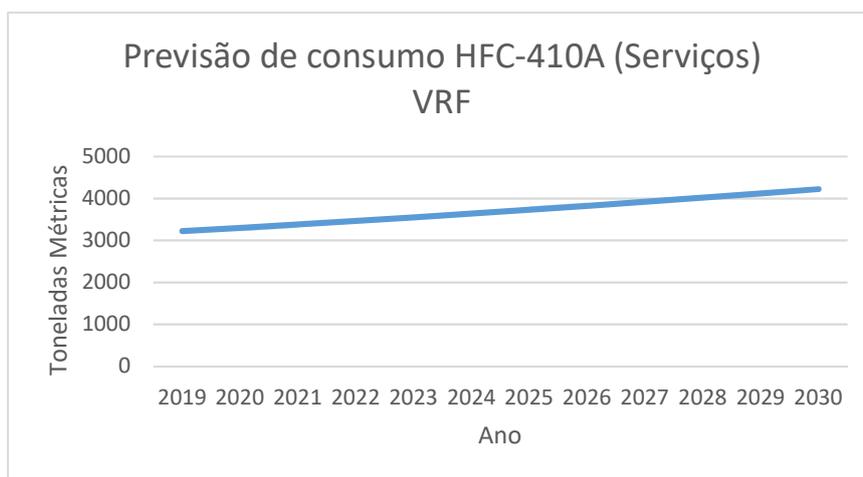
Tabela 55 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	2.187,36
2020	2.237,67
2021	2.293,61
2022	2.350,95
2023	2.409,73
2024	2.469,97
2025	2.531,72
2026	2.595,01
2027	2.659,89
2028	2.726,38
2029	2.794,54
2030	2.864,41

Fonte: Autor (2019).

A figura 84 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 84 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 56 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

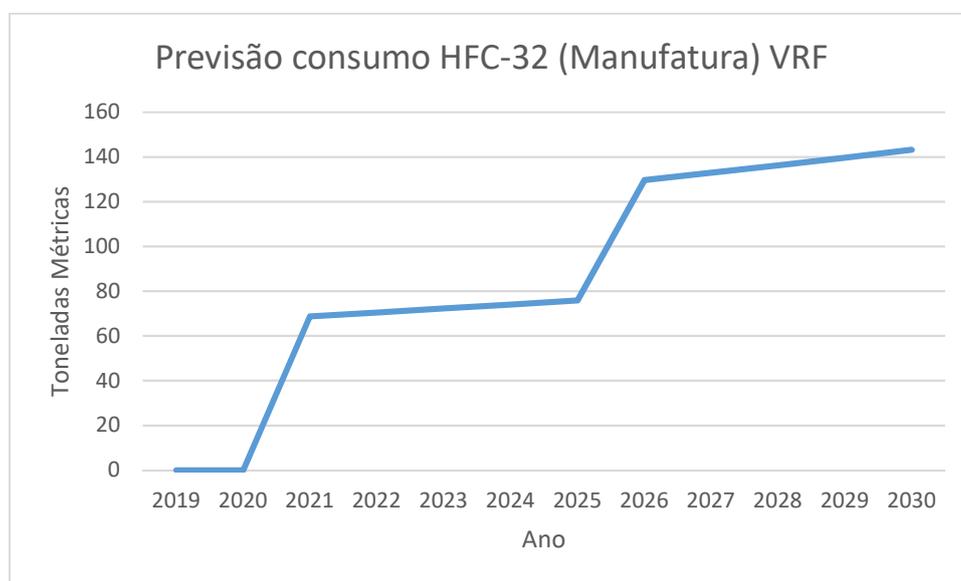
Tabela 56 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	3.225,60
2020	3.299,79
2021	3.382,28
2022	3.466,84
2023	3.553,51
2024	3.642,35
2025	3.733,41
2026	3.826,74
2027	3.922,41
2028	4.020,47
2029	4.120,98
2030	4.224,01

HFC-32

A figura 85 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 85 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 57 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 57 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

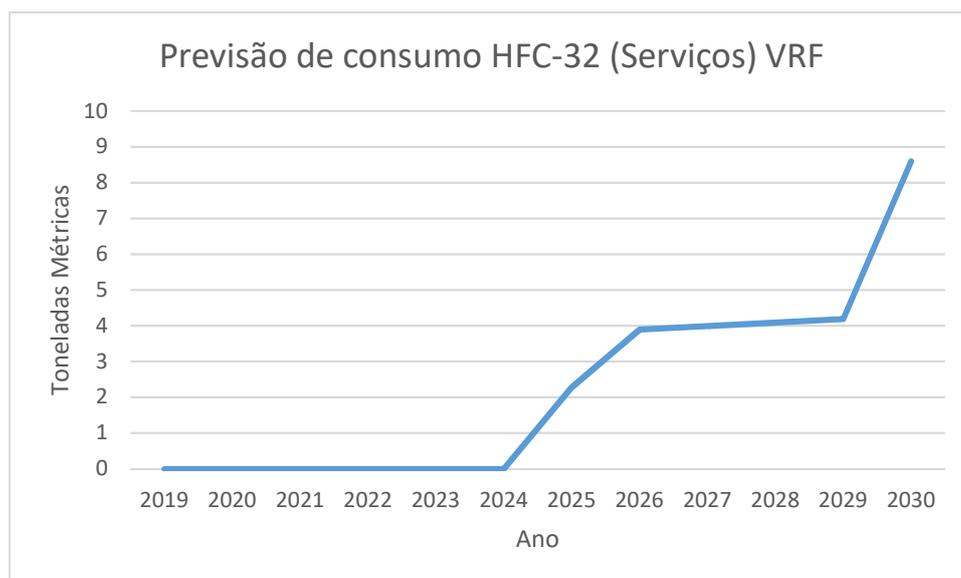
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	68,81
2022	70,53
2023	72,29
2024	74,10
2025	75,95
2026	129,75
2027	132,99
2028	136,32
2029	139,73
2030	143,22

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 86 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 86 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 58 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 58 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

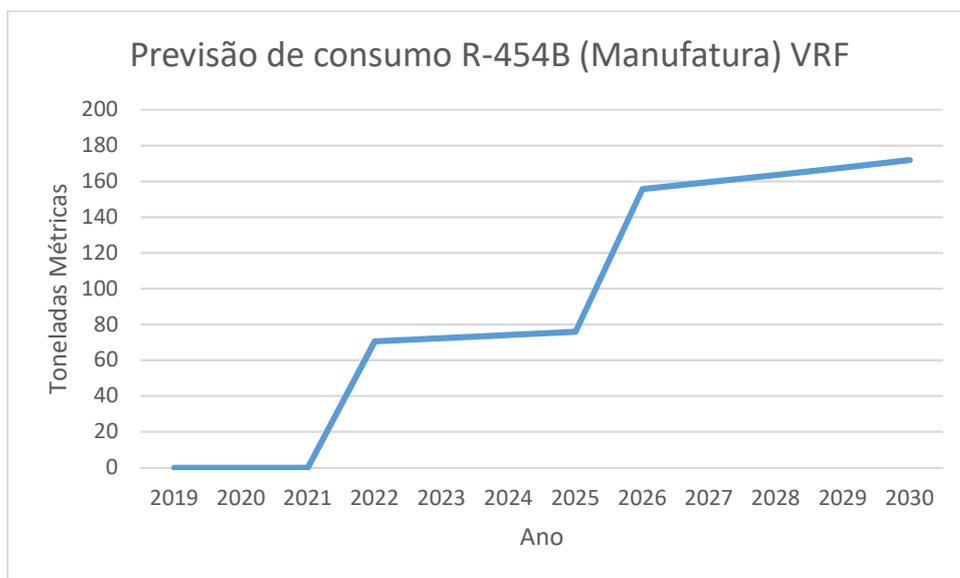
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	2,28
2026	3,89
2027	3,99
2028	4,09
2029	4,19
2030	8,59

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 87 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 87 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 59 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 59 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.

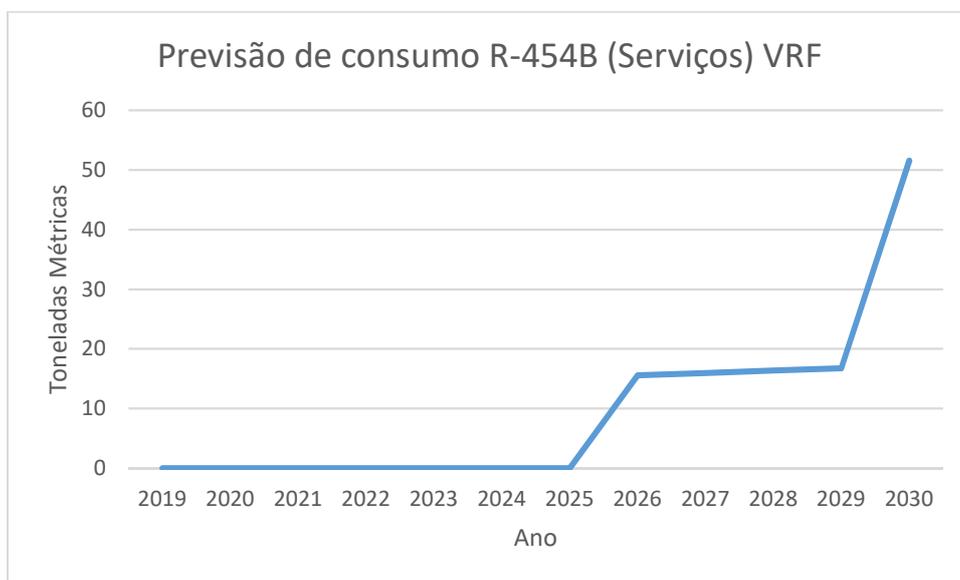
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	70,53
2023	72,29
2024	74,10
2025	75,95
2026	155,70
2027	159,59
2028	163,58
2029	167,67
2030	171,86

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 88 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Figura 88 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 60 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo VRF.

Tabela 60 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo VRF.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	15,57
2027	15,96
2028	16,36
2029	16,77
2030	51,56

Fonte: Autor (2019).

5.2.6 Ar condicionado do tipo *Chiller* (Central de água gelada)

O sistema de ar-condicionado do tipo *Chiller* é utilizado em grandes instalações, tais como bancos, galpões, prédios comerciais e corporativos, shoppings, parques de eventos, entre outros.

Este tipo de aparelho tem a sua produção e venda atreladas aos índices da construção civil de ambientes comerciais de grande porte.

O fluido predominante nestes aparelhos, atualmente, são o HFC-134a e o HFC-410A, mas há uma tendência de substituição pelos HC-290 e R-1234yf, no caso do HFC-134a, e pelos HFC-32 e R-454B, no caso do HFC-410A. No entanto, esta tendência só deve se concretizar a partir de 2025, segundo informações da Springer.

O HFC-32 poderá ser responsável pela substituição de 15% dos aparelhos nos próximos cinco anos e de 25% nos anos de 2025 e 2030, seguido pelo R-454B com transição estimada em 10% para os anos de 2022 a 2025 e 30% do volume acumulado entre 2026 e 2030. Para o HC-290, estima-se que esse fluido represente a participação acumulada de 25% entre os anos de 2025 a 2030 e o R-1234yf pela participação de 15% entre 2021 a 2025 e de 25% entre 2026 a 2030. Esses dados foram elaborados com base em entrevistas realizadas com a Chemours e Springer.

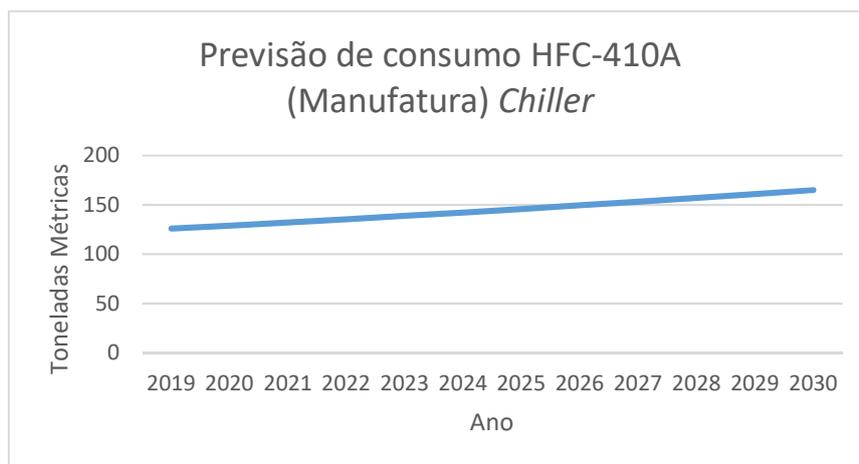
Os dados informados foram obtidos segundo pesquisa realizada junto aos fabricantes e assistências técnicas credenciadas aos fabricantes.

A metodologia utilizada para o setor de ar condicionado do tipo *chiller* consiste em adotar o perfil de crescimento citado acima, considerando um cenário de previsão de crescimento econômico.

HFC-410A

A figura 89 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 89 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 61 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

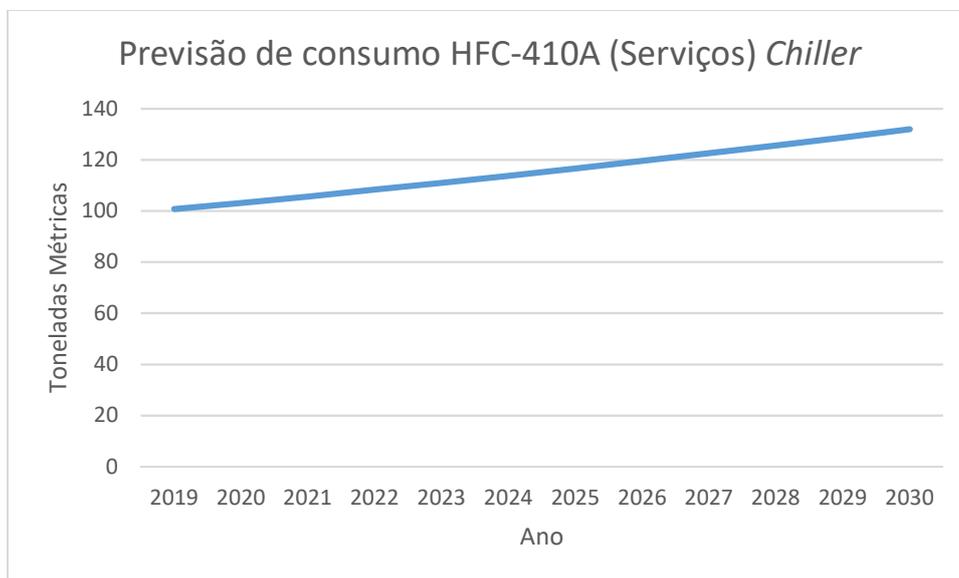
Tabela 61 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	126,00
2020	128,90
2021	132,12
2022	135,42
2023	138,81
2024	142,28
2025	145,84
2026	149,48
2027	153,22
2028	157,05
2029	160,98
2030	165,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 90 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 90 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 62 mostra o consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 62 – Consumo de HFC-410A previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

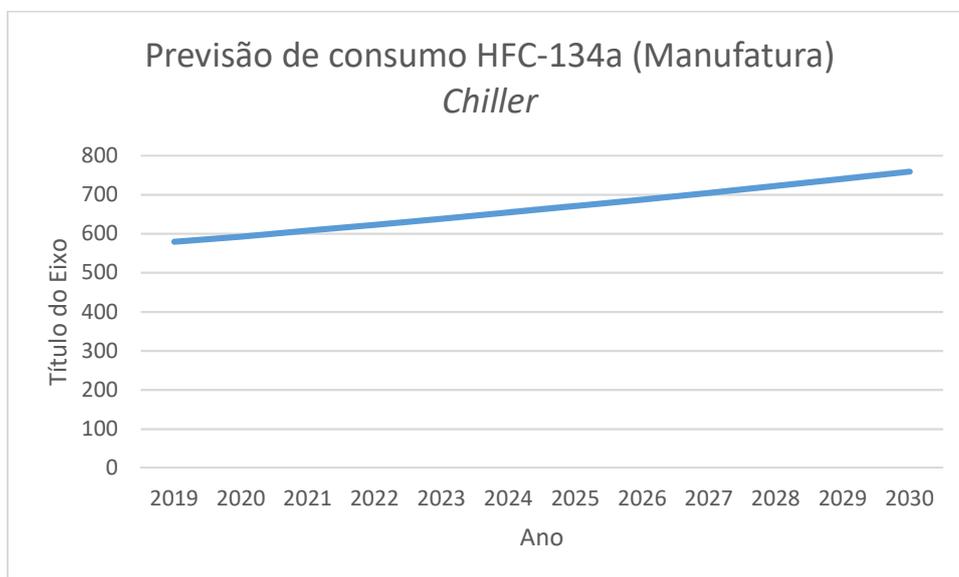
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	100,80
2020	103,12
2021	105,70
2022	108,34
2023	111,05
2024	113,82
2025	116,67
2026	119,59
2027	122,58
2028	125,64
2029	128,78
2030	132,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-134a

A figura 91 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 91 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 63 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

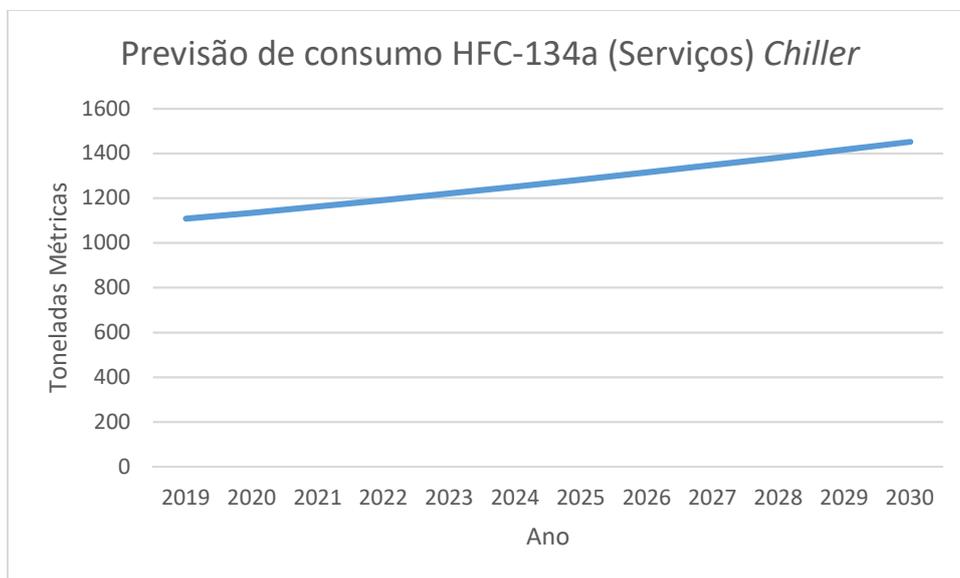
Tabela 63 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	579,60
2020	592,93
2021	607,75
2022	622,95
2023	638,52
2024	654,48
2025	670,85
2026	687,62
2027	704,81
2028	722,43
2029	740,49
2030	759,00

Fonte: Autor (2019).

A figura 92 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 92 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 64 mostra o consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 64 – Consumo de HFC-134a previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

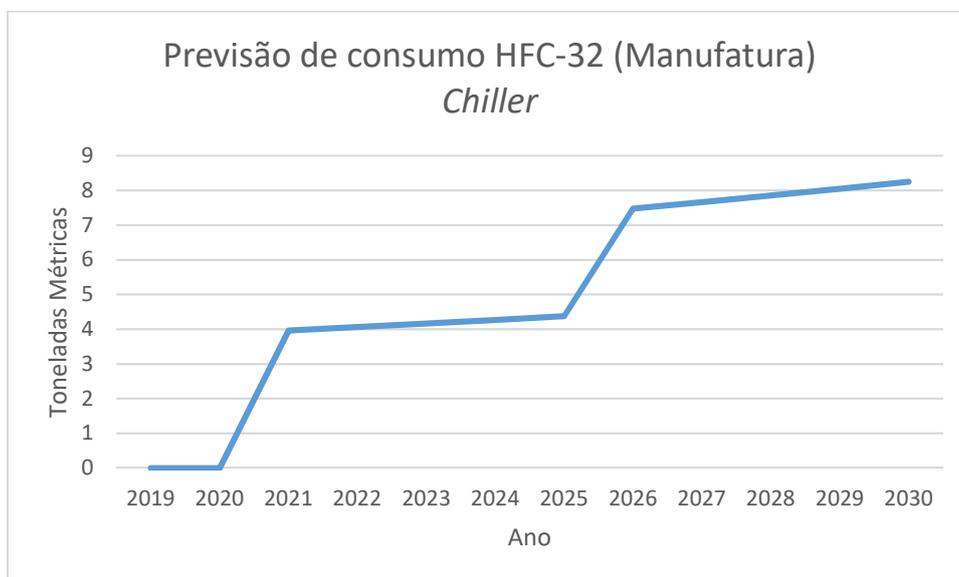
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	1.108,80
2020	1.134,30
2021	1.162,66
2022	1.191,73
2023	1.221,52
2024	1.252,06
2025	1.283,36
2026	1.315,44
2027	1.348,33
2028	1.382,04
2029	1.416,59
2030	1.452,00

Fonte: Autor (2019).

HFC-32

A figura 93 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 93 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 65 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 65 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

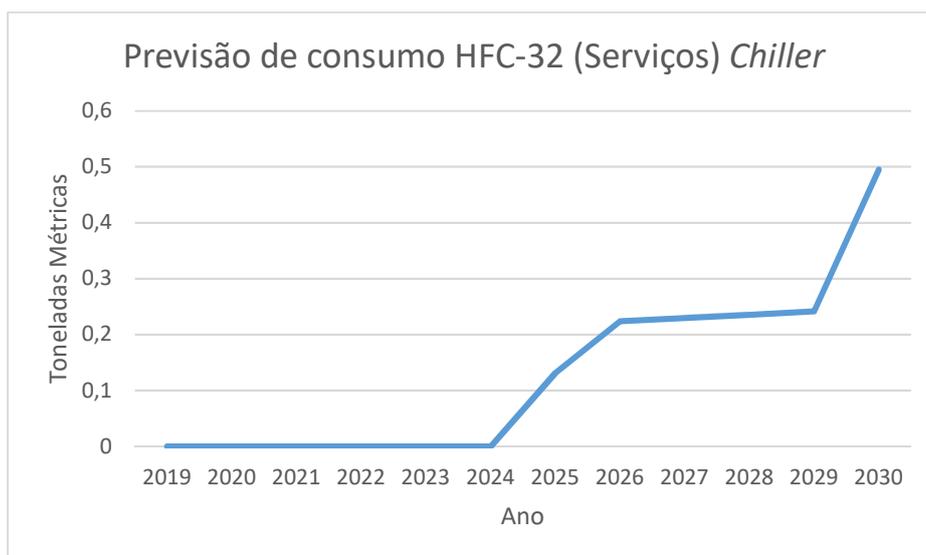
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,000
2021	3,964
2022	4,063
2023	4,164
2024	4,268
2025	4,375
2026	7,474
2027	7,661
2028	7,852
2029	8,049
2030	8,250

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, com aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 94 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 94 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 66 mostra o consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 66 – Consumo de HFC-32 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

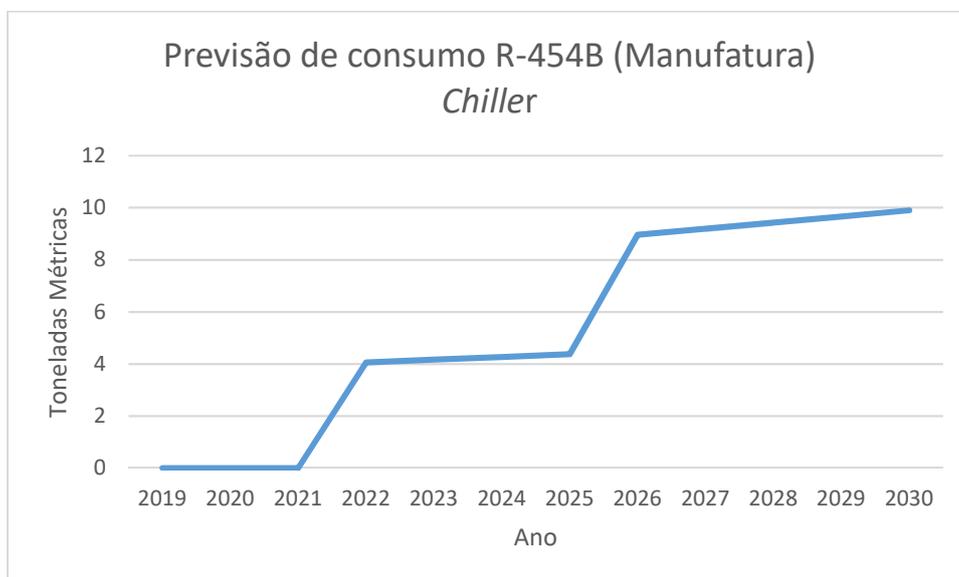
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,13
2026	0,22
2027	0,23
2028	0,24
2029	0,24
2030	0,50

Fonte: Autor (2019).

R-454B

A figura 95 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 95 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 67 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 67 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

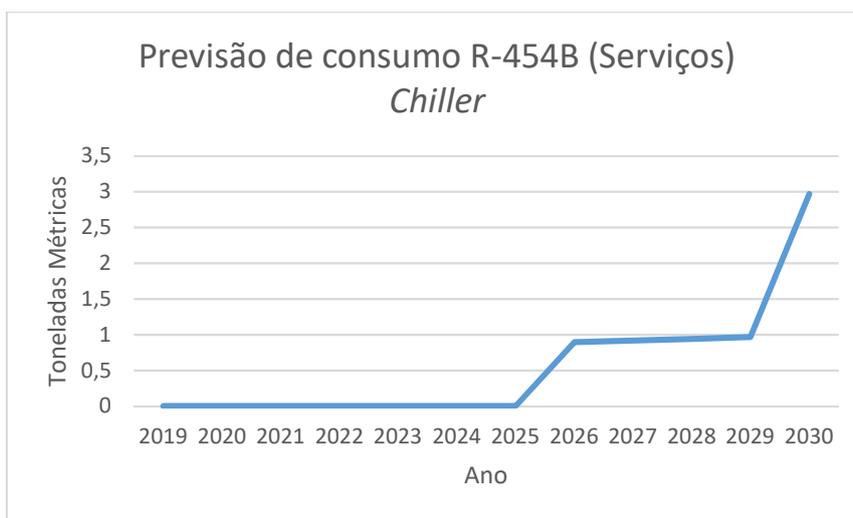
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	4,06
2023	4,16
2024	4,27
2025	4,38
2026	8,97
2027	9,19
2028	9,42
2029	9,66
2030	9,90

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, e aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 96 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 96 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 68 mostra o consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 68 – Consumo de R-454B previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

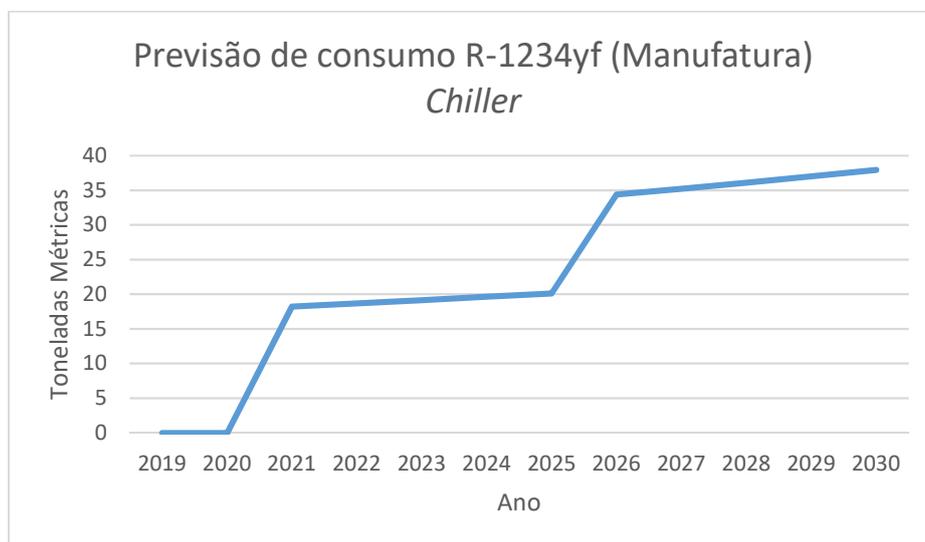
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,90
2027	0,92
2028	0,94
2029	0,97
2030	2,97

Fonte: Autor (2019).

R-1234yf

A figura 97 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 97 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 69 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 69 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de manufatura, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

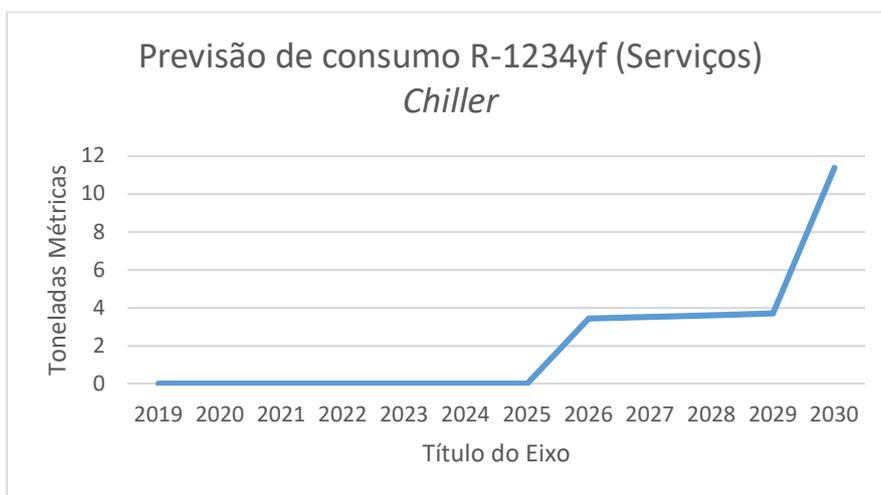
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	18,23
2022	18,69
2023	19,16
2024	19,63
2025	20,13
2026	34,38
2027	35,24
2028	36,12
2029	37,02
2030	37,95

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso, com aumento de 30% após 10 anos de uso.

A figura 98 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 98 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 70 mostra o consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 70 – Consumo de R-1234yf previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

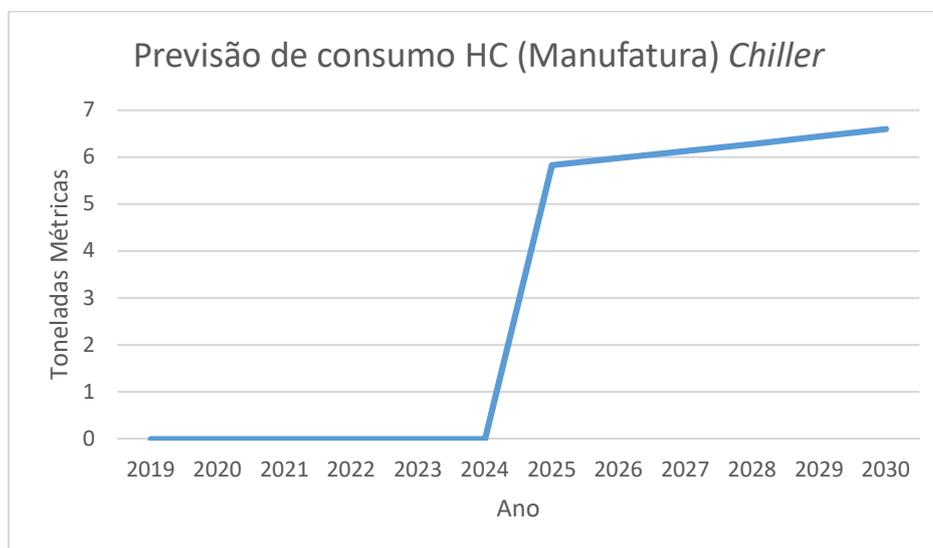
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	3,44
2027	3,52
2028	3,61
2029	3,70
2030	11,39

Fonte: Autor (2019).

HC-290

A figura 99 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamento de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 99 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 71 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamento de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 71 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de manufatura de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

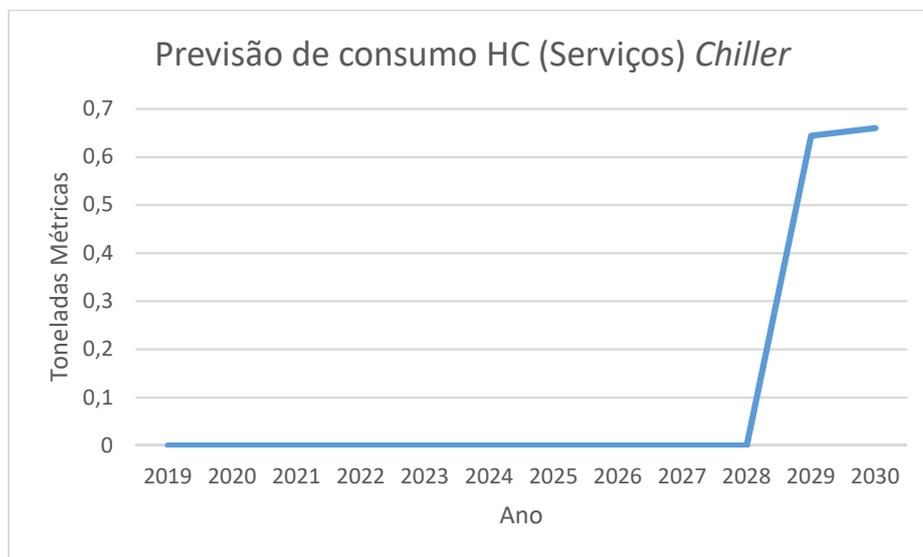
Ano	Previsão de consumo em t métrica
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	5,83
2026	5,98
2027	6,13
2028	6,28
2029	6,44
2030	6,60

Fonte: Autor (2019).

Para o setor de serviços, segundo empresas do setor, o padrão de crescimento do número de reparos de novos equipamentos é de 10% após 5 anos de uso.

A figura 100 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Figura 100 – Consumo de HC previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 72 mostra o consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços de equipamentos de ar condicionado do tipo *chiller*.

Tabela 72 – Consumo de HC-290 previsto até 2030 no setor de serviços, para o setor de ar condicionado do tipo *chiller*.

Ano	Previsão de consumo em t métrica
2019	0,00
2020	0,00
2021	0,00
2022	0,00
2023	0,00
2024	0,00
2025	0,00
2026	0,00
2027	0,00
2028	0,00
2029	0,64
2030	0,66

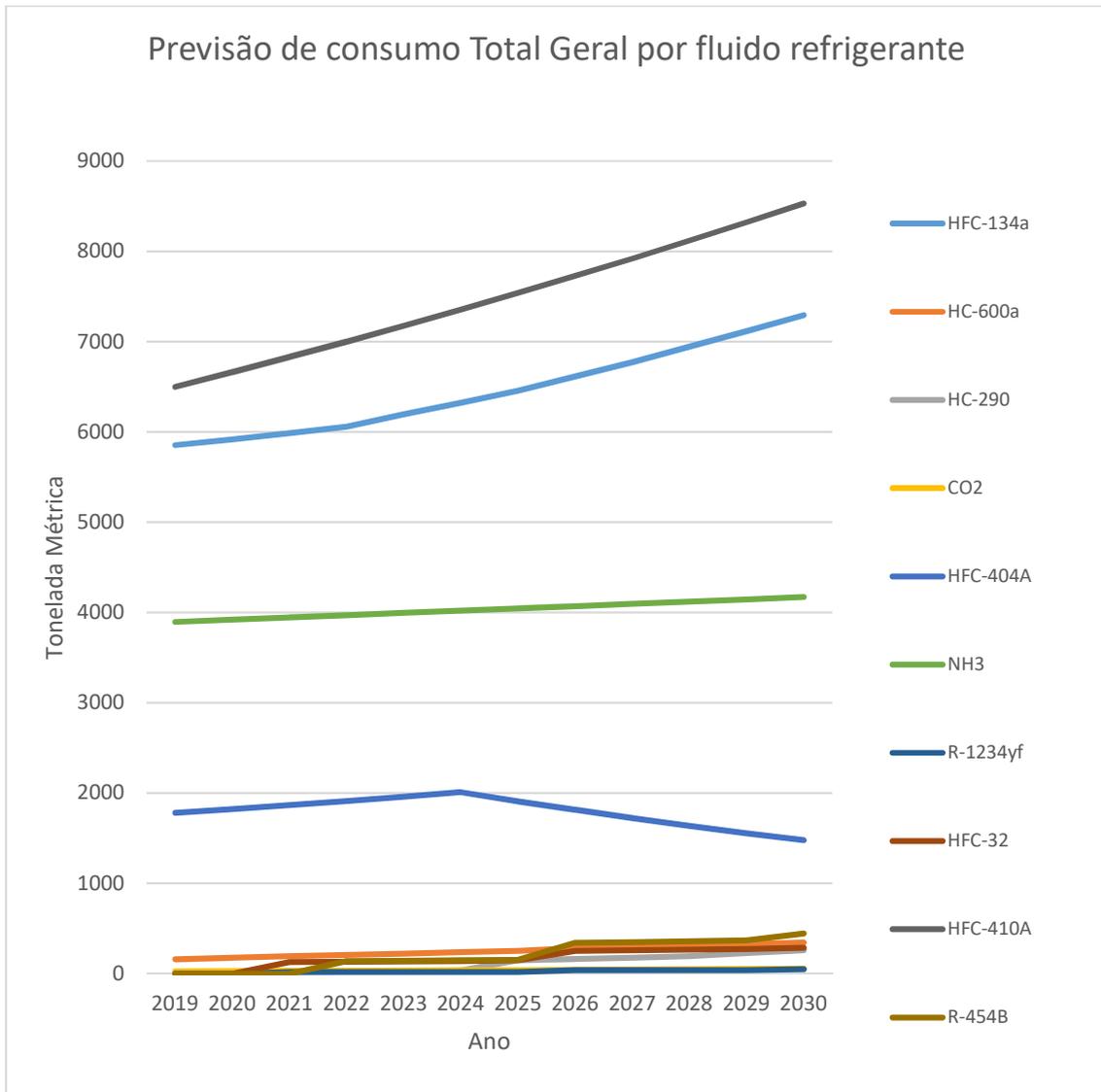
Fonte: Autor (2019).

Consumo total das alternativas às SDOs (até 2030)

A figura 101 mostra o consumo total previsto por tipo de fluido refrigerante alternativo às SDOs, considerando os setores de manufatura e serviços, até 2030.

Nota: O setor automotivo não foi considerado neste trabalho.

Figura 101 – Consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs.



Fonte: Autor (2019).

A tabela 73 mostra o consumo total previsto por fluido refrigerante, considerando os setores de manufatura e serviços.

Tabela 73 – Consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs.

Previsão de consumo total geral por fluido refrigerante alternativo às SDOs em (T.M.)										
Ano	Fluido refrigerante									
	HFC-134a	HC-600a	HC-290	CO2	HFC-404A	NH3	R-1234yf	HFC-32	HFC-410A	R-454B
2019	5.852,82	159,63	17,49	27,21	1.780,12	3.894,80	0	0	6.498,04	0
2020	5.916,56	175,4	18,54	29,12	1.821,07	3.919,90	0	0	6.662,48	0
2021	5.986,21	193,8	20,12	31,16	1.866,59	3.945,00	18,23	130,28	6.829,02	0
2022	6.058,96	208,24	24,64	33,34	1.913,26	3.970,10	18,69	133,55	6.999,76	140,60
2023	6.196,43	222,66	30,19	35,67	1.961,09	3.995,20	19,16	136,88	7.174,76	144,11
2024	6.321,34	237,18	36,98	38,17	2.010,12	4.020,30	19,63	140,31	7.354,12	147,72
2025	6.456,84	251,67	149,54	40,84	1.909,62	4.045,40	20,13	148,15	7.538,00	151,43
2026	6.614,18	284,02	162,34	43,71	1.814,14	4.070,50	37,82	253,04	7.726,44	341,44
2027	6.772,95	299,08	177,50	46,76	1.723,43	4.095,60	38,76	259,38	7.919,59	349,97
2028	6.942,28	314,13	195,53	50,04	1.637,26	4.120,70	39,73	265,88	8.117,57	358,71
2029	7.115,83	329,24	228,17	53,54	1.555,40	4.145,80	40,72	272,52	8.320,52	367,69
2030	7.293,73	344,46	259,83	57,29	1.477,63	4.170,70	49,34	287,46	8.528,53	445,41

Fonte: Autor (2019).

6. Oportunidades e desafios para a introdução de alternativas às SDOs de baixo GWP

CO₂

A vantagem do CO₂ é ter um menor custo quando comparado a outros fluidos, seguida pela boa eficiência energética e valor de GWP igual a um. A dificuldade encontrada atualmente para a seleção deste fluido é principalmente a mão de obra qualificada, visto que a operação e manutenção exigem um melhor nível de conhecimento técnico, por se tratar de um sistema complexo, tanto na parte do sistema mecânico quanto elétrico-eletrônico, por conta dos componentes de controles de pressão e temperatura, principalmente na linha de alta pressão.

Quanto aos custos, os sistemas de CO₂ custam em média 15% acima dos sistemas tradicionais, mas esse valor poderá ser reduzido no futuro com o aumento da demanda. No entanto, por conta da falta de mão de obra qualificada, o crescimento da demanda por sistemas CO₂ fica prejudicado, visto que o cliente encontra dificuldade para obter a devida manutenção, tanto preventiva quanto corretiva no caso de quebra.

Quanto às aplicações e tipos de sistemas, o CO₂ vem sendo utilizado em sistemas subcríticos com configuração do tipo cascata e também em sistemas *transcríticos* com uso de ejetores. Empresas como Eletrofrio estão desenvolvendo sistemas do tipo *transcrítico* com uso de ejetores para climas quentes, podendo num futuro próximo atender às demandas de supermercados e centros de distribuição com este sistema. Que é mais barato do que o sistema subcrítico.

HFC-32

A vantagem deste fluido é ter um menor valor de GWP quando comparado ao HCFC-22 e HFC-410A, seguida pela boa eficiência energética e necessidade de menor carga de fluido refrigerante. A dificuldade encontrada atualmente para manuseio deste fluido é a sua inflamabilidade, pois mesmo não sendo altamente inflamável, apresenta inflamabilidade e riscos de incêndios se não for manuseado de maneira correta, sendo necessária mão de obra qualificada para projeto, instalação e manutenção de sistemas com este fluido.

Quanto às aplicações, o HFC-32 é indicado para sistemas de ar condicionado, podendo ser usado em equipamentos de ar condicionado do tipo janela, split, selfs, VRFs e *chillers*.

R-454B

A vantagem deste fluido é ter uma boa eficiência energética. A dificuldade encontrada atualmente para a seleção deste fluido nos sistemas é o custo do fluido que é maior do que o HCFC-22 e o HFC-410A, mas com o aumento da demanda por este fluido, pode haver a redução do valor, ficando com uma melhor viabilidade econômica.

Quanto às aplicações, o R-454B é indicado para sistemas de ar condicionado do tipo janela, split, selfs, VRFs e *chillers*.

HCs

A vantagem deste fluido é ter um GWP próximo de zero, seguida pela boa eficiência energética e necessidade de menor carga de fluido refrigerante. A dificuldade encontrada atualmente para o seu manuseio deve-se à alta inflamabilidade, tendo riscos de incêndios se não for manuseado de maneira correta, sendo necessária mão de obra qualificada para projeto, instalação e manutenção de sistemas com este fluido.

Quanto às aplicações dos HCs, são diversas, podendo atender o setor de refrigeração e ar condicionado. Porém, com os devidos cuidados de segurança para os técnicos, operadores e usuários dos sistemas.

NH₃

A vantagem deste fluido é ter um menor custo, seguida pela boa eficiência energética e valor de GWP igual a zero. A dificuldade da amônia é que mesmo sendo um fluido

consolidado na refrigeração industrial demanda qualificação técnica e maior exigência ao contratar empresas de instalação e manutenção, visto que muitas empresas, principalmente as de médio e pequeno porte na área de instalação e manutenção, não tem a devida qualificação para manuseio deste fluido. Este fato é observado em sistema com amônia fora das grandes indústrias, tais como pequenas e médias empresas de alimentos, como aviários e laticínios, que não contratam os fabricantes para realizarem as manutenções e sim contratam empresas sem qualificação técnica necessária para realizar as manutenções.

Quanto às aplicações da amônia, atende os setores industriais para refrigeração, ar condicionado e processos.

Revisão e acréscimos de normas técnicas

Quanto aos fluidos inflamáveis, as normas apresentadas a seguir deveriam ser atualizadas, visto que o limite de carga com fluido inflamável sofreu alteração. O HFC-32 vem sendo muito cotado para entrar no setor de condicionado de forma mais representativa nos próximos 10 anos, o HC-600a vem sendo bastante utilizado na refrigeração doméstica e o HC-290 vem sendo utilizado na refrigeração comercial, tendo uma forte tendência de aumento em seu consumo nos próximos 10 anos.

Na norma ABNT NBR 16666:2018 (Fluidos frigoríficos — Designação e classificação de segurança) deveria se acrescentar a carga máxima de 500 gramas de HC para sistemas comerciais, com as devidas observações de segurança em projeto, instalação, manutenção e operação.

Na norma ABNT NBR 16655-1:2018 (Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado - Split e compacto “Projeto e instalação”) deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito de sistemas com carga de fluido de baixa e alta inflamabilidade, tais como os fluidos HFC-32 e HC, abrangendo questões relacionadas ao tamanho do ambiente versus quantidade máxima de carga de fluido refrigerante do aparelho de ar condicionado.

Na norma ABNT NBR 16655-2:2018 (Instalação de sistemas residenciais de ar-condicionado - Split e compacto “Procedimento para ensaio de estanqueidade, desidratação e carga de fluido frigorífico”) deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito da carga de fluido refrigerante com baixa e alta inflamabilidade em aparelhos de ar condicionado.

Na norma ABNT NBR 16255:2013 (Sistemas de refrigeração para supermercados — Diretrizes para o projeto, instalação e operação) deveria se acrescentar procedimentos de segurança a respeito de sistemas com carga de fluido inflamável, abrangendo questões relacionadas à localização e ventilação da casa de máquinas e operação segura no procedimento de carga de fluido.

Cabe destacar a importância de se elaborar uma norma que trate especificamente dos fluidos inflamáveis, abrangendo fabricantes, instaladores e mantenedores. Neste sentido, destaca-se que a Comissão de Estudos de Sistemas de Refrigeração Comercial e Industrial, no âmbito da ABNT/CB-055 (Comitê Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento) e sob a responsabilidade da Abrava

(Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento), vem conduzindo os trabalhos de tradução da norma “ISO 5149: Sistemas de refrigeração e bombas de calor - segurança e requisitos ambientais”. O objetivo da norma é promover a segurança no projeto, na construção, no descarte, na instalação e na operação de sistemas de refrigeração. É direcionada para a segurança de pessoas e propriedades onde as instalações de refrigeração estão localizadas, incluindo as especificações para a fabricação de sistemas estanques. A norma contempla: a) sistemas de refrigeração, estacionários ou móveis, de todas as dimensões, inclusive as bombas de calor; b) refrigeração do sistema secundário ou sistemas de aquecimento; c) a localização dos sistemas de refrigeração; d) peças substituídas e componentes adicionado.

A futura norma ABNT ISO 5149 será composta de quatro partes. Os trabalhos de tradução encontram-se concluídos para as partes 1 e 3. No momento, a parte 2 vem sendo traduzida. Abaixo segue um breve resumo a respeito do conteúdo da norma:

Parte 1: Definições, classificação e critérios de seleção. Especifica os requisitos para a segurança das pessoas e bens, fornece orientação para a proteção do meio ambiente, estabelecendo procedimentos para a operação, manutenção e reparo de sistemas e a recuperação de fluidos frigoríficos. Esta parte contempla a utilização de todos os tipos de fluidos refrigerantes, incluído as substâncias alternativas às SDOs. O Anexo A especifica os limites para a quantidade de carga de fluido frigorífico permitida nos sistemas em vários locais e classes de ocupação. O Anexo B especifica os critérios de segurança e considerações ambientais de diferentes fluidos frigoríficos utilizados nos sistemas de refrigeração e de ar condicionado.

Parte 2: Projeto, construção, ensaios, identificação e documentação. É aplicável ao projeto, construção e instalação de sistemas de refrigeração, incluindo tubulação, componentes, materiais e equipamentos auxiliares diretamente associados a estes sistemas, que não são cobertos nas normas ISO 5149-1, ISO 5149-3 ou ISO 5149-4. Também especifica os requisitos para ensaios testes, comissionamento, marcação identificação e documentação.

Parte 3: Local de instalação. É aplicável para o local de instalação (espaço da planta e serviços). Especifica os requisitos para a segurança do local, que podem ser necessários devido ao sistema de refrigeração e seus componentes auxiliares, assim como os não diretamente conectados a eles.

Parte 4: Operação, manutenção, reparo e recuperação. Especifica os requisitos de segurança e aspectos ambientais em relação à operação, manutenção e reparos de sistema de refrigeração, bem como a recuperação, reutilização e destinação de todos os tipos de fluidos frigoríficos, óleos, fluidos de transferência. Esses requisitos destinam-se a minimizar os riscos de ferimentos de pessoas e danos à propriedade e ao meio ambiente resultantes do manuseio inadequado dos refrigerantes ou de contaminantes.

7. Vínculo dos fluidos alternativos às SDOs com o PBH

O consumo brasileiro de HCFC-22 no ano de 2010 foi de 14,4 mil toneladas métricas e em 2018 foi de 8,8 mil toneladas métricas, sendo que em 2018 praticamente 100% deste

fluido foi utilizado para o setor de serviços, visto que os fabricantes de sistemas de refrigeração e ar condicionado já não estão mais utilizando.

A redução no consumo é devido a eliminação progressiva dos HCFCs pelo PBH (Programa Brasileiro de Eliminação de HCFCs), com 10% de redução sobre a linha de base em 2015, e atualmente uma redução de 27,1% sobre a linha de base em 2021. E redução de 67,5% sobre a linha de base em 2025.

A redução da importação do HCFC-22 propiciou o aumento do consumo de outros fluidos tais como:

HFC-134a

O HFC-134a que tinha seu consumo em 5,8 mil toneladas métricas em 2010 e 9,3 mil toneladas métricas em 2018. Este aumento foi devido aos sistemas de racks de supermercados, especialmente para câmaras frigoríficas que antes utilizavam o HCFC-22 e passaram a usar o HFC-134a como substituto.

HFC-410A

O HFC-410A teve seu consumo saindo de 0,8 mil toneladas métricas em 2012 para 7 mil toneladas métricas em 2018, devido ao seu uso no setor de ar condicionado do tipo de janela, split, VRF, *rooftop*, *self contained e chiller*, especialmente por conta da redução do uso do HCFC-22 nestes setores.

HFC-404A

O HFC-404A teve consumo médio em torno de 1,6 mil toneladas métricas entre os anos de 2016 a 2018, mantendo esta média devido à disponibilidade do HCFC-22 ainda no mercado.

CO₂

O CO₂ teve seu consumo saindo de 0,5 tonelada métricas em 2010 para 27 toneladas métricas em 2018, devido ao seu uso no setor de supermercados e centros de distribuição. Com a redução do consumo do HCFC-22, o CO₂ entrou como alternativa de longo prazo no setor supermercadista.

HC-290

O HC-290 teve seu consumo em 18 toneladas em 2018, devido principalmente aos equipamentos individuais de refrigeração comercial, tais como ilhas, balcões e expositores de pequeno porte. Uma mudança massiva nos equipamentos do tipo plug-in para o setor de supermercados era esperada, assim como uma parcela dos *racks* de supermercados. No caso do setor de ar condicionado, é esperada uma mudança mais

conservadora. Um ponto importante levantado junto ao setor de serviços é a falta de preparo técnico para lidar com este fluido.

O PBH, por meio do Projeto RAC, que é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e conta com o apoio da UNIDO (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial), vem desenvolvendo ações que visam auxiliar tecnicamente e financeiramente empresas do setor de manufatura de equipamentos de refrigeração e ar condicionado na migração para novas soluções tecnológicas com a finalidade de promover a eliminação do consumo do HCFC-22. Como pré-requisito para a execução dos projetos, os fluidos escolhidos devem apresentar valor de PDO igual a zero e, possuírem baixo impacto para o sistema climático global. Em virtude disso, o fluido HC-290 foi escolhido como solução tecnológica promissora e passou a fazer parte da cesta de fluido frigoríficos, o que pôde ser constatado pela verificação dos projetos executados até o momento.

Destaca-se neste rol, o projeto executado com a empresa Eletrofrio, considerada a maior fabricante de equipamentos para a refrigeração comercial, tais como expositores de congelados e resfriados e casas de máquinas. A parceria do PBH com a Eletrofrio produziu o primeiro sistema em cascata para supermercados com R-290 no sistema primário, tendo a solução sido aplicada em um supermercado da Rede Condor, em Curitiba/PR. O sistema é considerado muito seguro, uma vez que o propano fica restrito à casa de máquina, que é dotada de sistema de segurança composto por sensores, alarmes e ventilação de exaustão. A Eletrofrio publicará os resultados do projeto para demonstrar a viabilidade técnica-econômica da solução aplicada. Com o sucesso desse sistema, o PBH vislumbra que essa solução possa ser aplicada em outros supermercados.

Outra solução que merece destaque é a tecnologia desenvolvida para a fabricação de chopeiras com o propano. O trabalho foi executado pela Universidade de Uberlândia em parceria com as empresas Ccitti e Memo. Os resultados são bastante satisfatórios, uma vez que a carga de fluido foi reduzida drasticamente para menos em 8% quando considerado um sistema similar com HCFC-22.

Outras empresas que fabricam expositores e freezers para a linha comercial vêm sendo apoiadas pelo Projeto RAC para a utilização do fluido HC-290.