



Desenvolvida pelo grupo de I+D KET4F-Gas

# TECNOLOGIA QUE PERMITE RECICLAR GASES DE REFRIGERAÇÃO

**Ana Belén Pereiro,**

Investigadora da Universidade Nova de Lisboa

**Gabriel Zarca Lago,**

Investigador da Universidade de Cantábria. Co-diretores do KET4F-Gas

O grupo de I&D KET4F-Gas, composto por 13 entidades parceiras e seis associadas de universidades, empresas e administrações públicas em Espanha, França e Portugal, desenvolveu, após três anos de trabalho, dois sistemas TFE (Tecnologias Facilitadoras Essenciais) que permitem, pela primeira vez, a separação e recuperação de gases utilizados em sistemas de ar condicionado e refrigeração para a sua reutilização, tantas vezes quantas as necessárias.

Esta conquista é um marco na colaboração técnico-científica entre empresas, universidades e administrações públicas, financiada pelo programa europeu INTERREG-SUDOUE.

Do ponto de vista científico, a captura e regeneração de gases fluorados tem sido um verdadeiro desafio tecnológico, uma vez que as misturas de refrigerantes são frequentemente concebidas para se comportarem quase como compostos puros, a fim de melhorar a eficiência dos ciclos de refrigeração. Isto significa que os métodos tradicionais de separação, tais como a destilação, não são adequados para o seu tratamento.

A utilização de gases fluorados artificiais com efeito de estufa (gases F), em particular hidrofluorcarbonos (HFC), tem aumentado significativamente em aplicações de refrigeração e ar condicionado desde 1990. Estes refrigerantes de terceira geração são eficientes em termos energéticos, não tóxicos e têm baixos níveis de inflamabilidade sem causar o empobrecimento da camada de ozono. No entanto, são gases potentes com efeito de estufa (GEE), com um potencial de aquecimento global (PAG) 23000 vezes





ID: 95916775

30-11-2021

superior ao CO<sub>2</sub> e têm uma vida útil atmosférica alargada de até 50.000 anos. Isto significa que pequenas concentrações atmosféricas destes gases F têm grandes efeitos sobre a temperatura global e, portanto, sobre as alterações climáticas.

## O PROBLEMA DAS EMISSÕES DE GASES FLUORADOS

Embora as emissões de todos os outros GEE na UE tenham diminuído, as emissões de gases fluorados aumentaram. A contribuição dos gases F para o total dos GEE aumentou de 1,5% para 3,5% em Espanha, de 2% para 5% em França e de 0% para 5% em Portugal. As emissões atmosféricas de gases F ocorrem durante o ciclo de vida do equipamento, mas também durante o seu processo de fabrico e, como consequência, de resíduos não tratados. Atualmente, estima-se que quase 4 mil milhões de equipamentos de refrigeração estão a ser utilizados em todo o mundo. Este número pode aumentar para 14 mil milhões até 2050, como resultado do aumento da temperatura global. Sem acordos internacionais e sem aplicação de legislação a nível internacional, prevê-se que as emissões diretas e indiretas dos setores do ar condicionado e da refrigeração aumentem pelo menos 90% a partir dos níveis de 2017 até 2050.

No mercado europeu os refrigerantes mais utilizados são R-134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano) como gás puro, e misturas contendo R-32 (difluorometano), R-125 (pentafluoroetano) e R-134a, tais como os refrigerantes R-404A, R-407F e R-410A.

Altas taxas de fuga, manuseamento incorreto do refrigerante durante a manutenção e eliminação ou libertação imprópria de gases F de equipamentos contendo refrigerantes de alto GWP, fazem deste equipamento um contribuinte importante para o aquecimento global.

De facto, uma vez que a gestão e tratamento dos gases F tem inúmeros



procedimentos e custos associados, na maioria dos casos, o equipamento está vazio de gases F no momento em que começa a ser gerido como resíduo.

A transição da UE para a quarta geração de refrigerantes de baixa GWP está em curso. Foram feitos grandes esforços de investigação sobre refrigerantes naturais (com problemas de toxicidade e/ou inflamabilidade), hidrofluoroolefinas (HFOs), HFC de baixa GWP, e sobre novas misturas de HFC-HFO (com baixa toxicidade e inflamabilidade zero).

Algumas misturas de HFC-HFO já estão a substituir os HFC na refrigeração comercial e industrial. Exemplos disso são R-448A e R-449A, (misturas de R-32, R-125 e R-134a com HFOs 1234yf e 1234ze), e R-450A e R-513A (misturas de HFC R-134a com HFOs R-1234ze e R-1234yf, respetivamente). Note-se que estas novas alternativas, devido ao seu estatuto de novos produtos, são protegidas por patentes industriais, o que representa um custo adicional para a sua utilização, enquanto os gases fluorados recuperados não estão sujeitos a impostos adicionais.

Portugal, França e Espanha reduziram ligeiramente as suas emissões (estes

são dados oficiais que não incluem as emissões provenientes do mercado ilegal). Esta redução deve-se aos esforços destes governos nacionais que puseram em prática um conjunto de medidas fiscais, legislativas, voluntárias e informativas na sequência de acordos globais e, mais especificamente, de regulamentos europeus.

## PORQUÊ RECICLAR OS GASES FLUORADOS?

A ausência real de tecnologias desenvolvidas para reciclar os gases F no fim do ciclo de vida afeta consideravelmente o setor da refrigeração porque a maior parte dos gases F são incinerados. Existe uma necessidade fundamental não só de reduzir a libertação de gases F na atmosfera, mas também de separar e reciclar HFC puros no fim de vida útil do equipamento de refrigeração e ar condicionado, de os reutilizar e reciclar na produção subsequente de refrigerantes de quarta geração, aplicando uma verdadeira economia circular.

A investigação de tecnologias baseadas em materiais ecológicos que capturam, separam e reciclam eficazmente os gases fluorados é essencial para desenvolver processos sustentáveis que reduzam o impacto



ID: 95916775

30-11-2021

ambiental dos refrigerantes à base de gases fluorados. Neste contexto, o projeto KET4F-Gas propõe uma estratégia a vários níveis, analisando a combinação de diferentes tecnologias-chave capacitantes (KETs). A fertilização cruzada devido à combinação dos diferentes TFE individuais melhorou o desempenho global do processo e foram construídos dois protótipos para a recuperação eficiente de HFC de alto valor acrescentado (como o R-32) a partir de misturas de refrigerante de alto GWP (como o R-410A) presentes em equipamentos em fim de vida útil, a fim de os reutilizar em novas misturas de refrigerante de baixo GWP, amigas do ambiente.

### SOLUÇÕES KET4F-GAS

No âmbito do projeto KET4F-Gas, foram construídos dois protótipos para a recuperação eficiente de HFC de valor acrescentado (como o R-32) a partir de misturas de refrigerante de alta GWP (R-410A) presentes em equipamentos em fim de vida útil, a

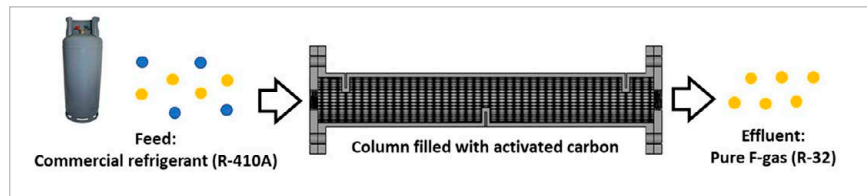
fim de os reutilizar em novas misturas de refrigerante de baixa GWP amigas do ambiente. Estes dois protótipos baseiam-se em dois processos de separação avançados diferentes, adsorção em materiais porosos e tecnologia de membrana, que proporcionam altos rendimentos e têm baixos consumos de energia.

A primeira TFE desenvolvida baseia-se em processos de adsorção desenvolvidos pela Universidade Nova de Lisboa. Um dos componentes da mistura é preferencialmente adsorvido sobre um material poroso, enquanto o resto deixa a coluna de adsorção. A coluna de adsorção é então regenerada para recuperar o composto adsorvido seletivamente.

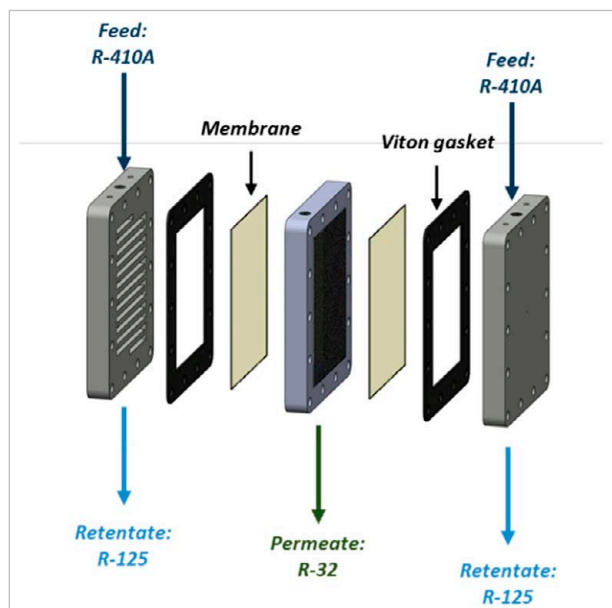
A segunda TFE baseia-se num processo de separação de gás de membrana desenvolvido pela Universidade de Cantábria. Um composto da mistura é preferencialmente permeado através de filmes finos altamente seletivos

devido às diferenças no tamanho das moléculas de gás e das interações gás-membrana. Os protótipos KET4F-Gas consistem de uma coluna de adsorção equipada com carvão ativado e um sistema de membranas contendo duas membranas poliméricas planas empilhadas e funcionais com líquidos iónicos.

Os sistemas são altamente seletivos para a separação do R-410A, proporcionando uma elevada capacidade de adsorção e uma elevada permeabilidade em relação ao R-32, resultando num elevado desempenho de separação e numa elevada pureza do R-32 (>99%) quando ambos os protótipos são utilizados em série. Os protótipos KET4F-Gas apresentados proporcionarão muitas vantagens aos gestores de resíduos, uma vez que representam uma alternativa realista ao atual processo de recuperação, transporte e incineração. A possibilidade de recuperar o R-32 com uma pureza mínima de 98% em peso permitirá a sua reutilização tantas vezes quantas as necessárias, com uma perda mínima. Além disso, os dois protótipos têm um custo de implementação relativamente baixo e representam um enorme benefício de um ponto de vista ambiental.



Processo de adsorção, utilizando matrizes sólidas e porosas para a separação seletiva dos gases.



Processo de membrana, utilizando membranas funcionalizadas com líquidos iónicos para a separação seletiva de gases.

### APLICAÇÃO PRÁTICA NA INDÚSTRIA

Estas tecnologias são fáceis de implementar numa instalação de gestão de resíduos, devido ao espaço reduzido que necessitam, modularidade e escalabilidade. Além disso, estes sistemas requerem pouca manutenção e têm uma longa vida útil.

Considerando que o PAG do R-410A é 2088, a poupança ambiental em termos de emissões de CO<sub>2</sub> torna esta tecnologia 60-70% mais ecológica do que qualquer alternativa atual e mais de 95% melhor em termos da camada de ozono. Em termos gerais, a conceção das unidades operativas não requer equipamento dispendioso, uma

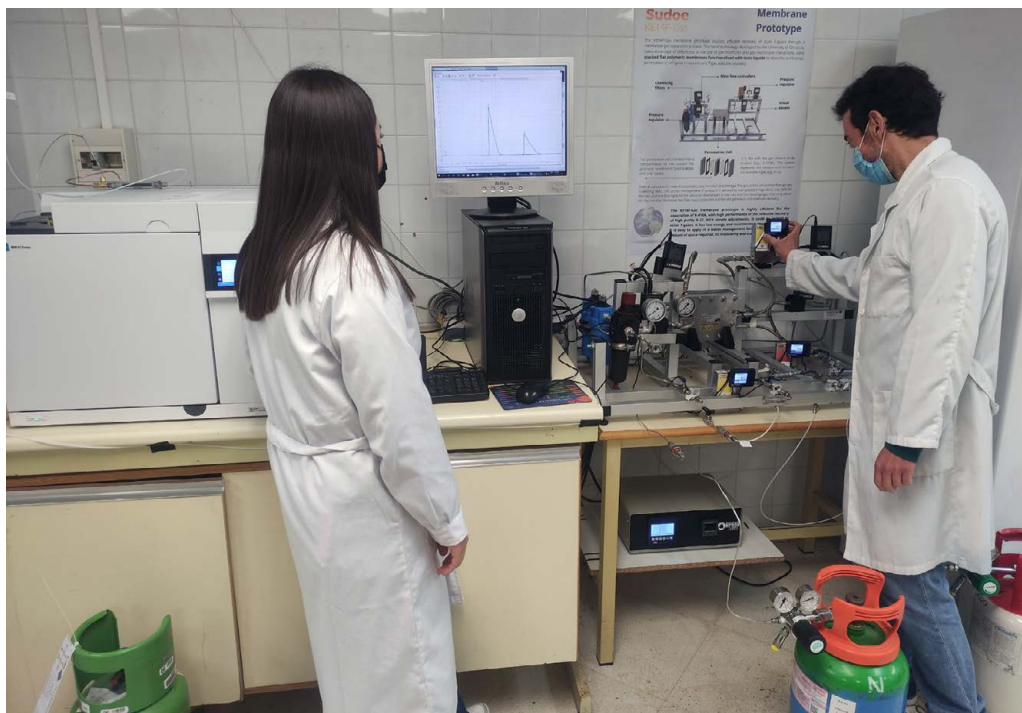


ID: 95916775

30-11-2021

vez que todos os materiais necessários são de baixo custo. Os custos operacionais estão atualmente na ordem dos 32 euros por kg de R-32 recuperado, mas espera-se que diminuam consideravelmente com a ampliação da tecnologia, pelo que estes KETs serão um grande avanço para a sustentabilidade da indústria de refrigeração, o objetivo final do projeto.

Em linha com este objetivo, o projeto KET4F-Gas desenvolveu uma ferramenta online para classificar os resíduos de acordo com o método europeu, e para identificar o impacto dos gases F no aquecimento global e as melhores soluções de tratamento, com base nos TFE existentes, que disponibilizou à indústria para facilitar a gestão dos seus resíduos. ■



ID: 95916775

30-11-2021



Tecnologia que permite reciclar gases  
de refrigeração

22