

Interreg



EUROPEAN UNION

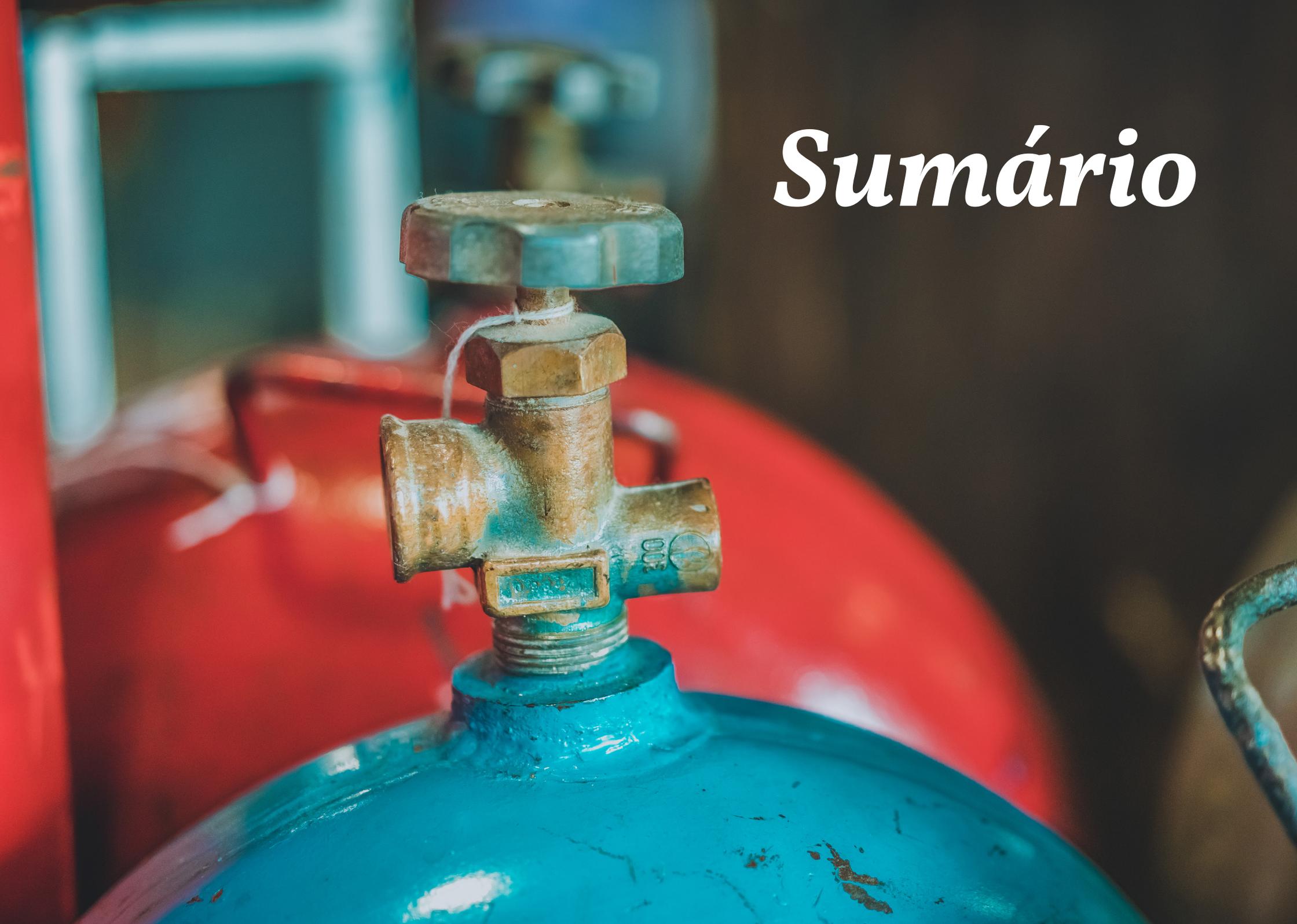
Sudoe

KET4F-Gas

***Manual de
boas práticas
para a
indústria e
gestores de
resíduos***



Sumário



Visão geral da situação dos F-gases

Capítulo 1 -----

Página 4 -----

Como é que a regulamentação atual dos F-gases afeta os gestores de resíduos? Uma visão global da política até ao mercado

Capítulo 2 -----

Página 12 -----

Precisa de lidar com a gestão de resíduos de gases fluorados? Temos a solução!

Capítulo 3 -----

Página 22 -----

Um caso de sucesso - O sistema KET4F-Gas

Capítulo 4 -----

Página 36 -----

Como é que o KET4F-Gas beneficia os gestores de resíduos?

Capítulo 5 -----

Página 40 -----

Perguntas frequentes

Capítulo 6 -----

Página 44 -----

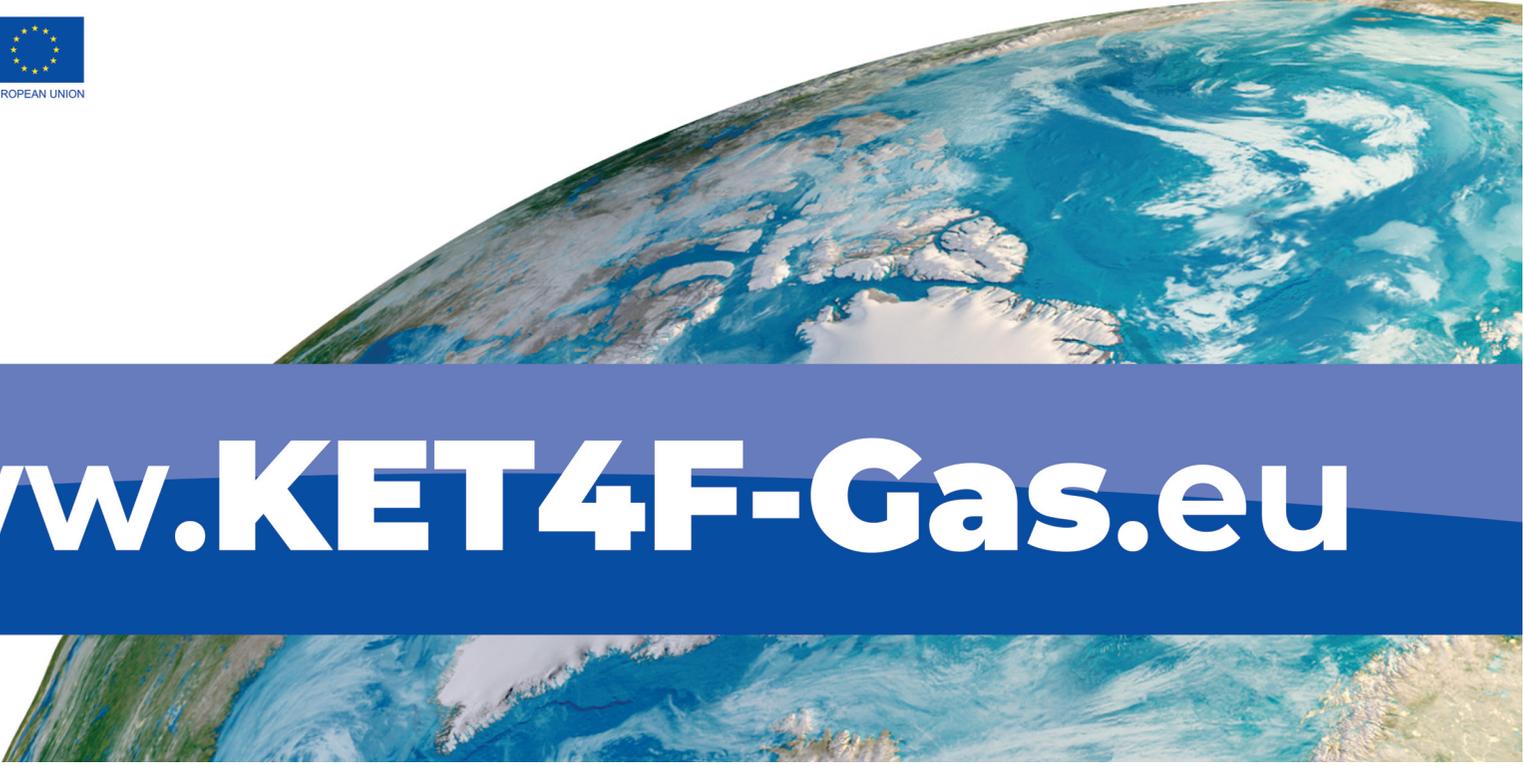
Principais ideias a reter

Capítulo 7 -----

Página 48 -----

Visão geral da situação dos F-gases

KET4F-Gas é um projeto europeu que visa a redução do impacto ambiental dos gases fluorados de efeito de estufa (F-gases) no espaço SUDOE usando tecnologias facilitadoras essenciais (TFE) para facilitar às empresas e aos gestores de resíduos o cumprimento dos regulamentos da UE relativamente aos F-gases. O principal objetivo deste projeto é auxiliar na implementação da opção mais eficiente para a separação e recuperação de gases fluorados utilizados em equipamentos de refrigeração e ar condicionado. A solução KET4F-Gas é baseada nos sistemas de tratamento mais eficientes e foi projetada de acordo com os princípios da química verde.



www.KET4F-Gas.eu

O que irá encontrar neste capítulo?

A problemática das emissões descontroladas de F-gases.

Os benefícios da utilização de F-gases, se forem controlados corretamente.

A correlação existente e histórica entre alterações climáticas e emissões de F-gases.

Os esforços da UE para lidar com a disponibilidade, as emissões e a reciclagem seletiva no mercado de F-gases.

Consequências das emissões de F-gases e a sua gradual redução no espaço SUDOE.

Objetivos do KET4F-Gas e soluções para a problemática dos F-gases.

Impacto ambiental dos F-gases e situação atual

A problemática das emissões descontroladas de gases fluorados em poucas palavras:

Os F-gases representam cerca de 2% das emissões totais de gases de efeito de estufa (GEE) na UE.

Os F-gases são potentes GEE, com um potencial de aquecimento global (PAG) até 23000 vezes superior ao do CO₂.

Em 2016 as emissões de F-gases pelos 28 países da UE atingiram o espantoso valor de.

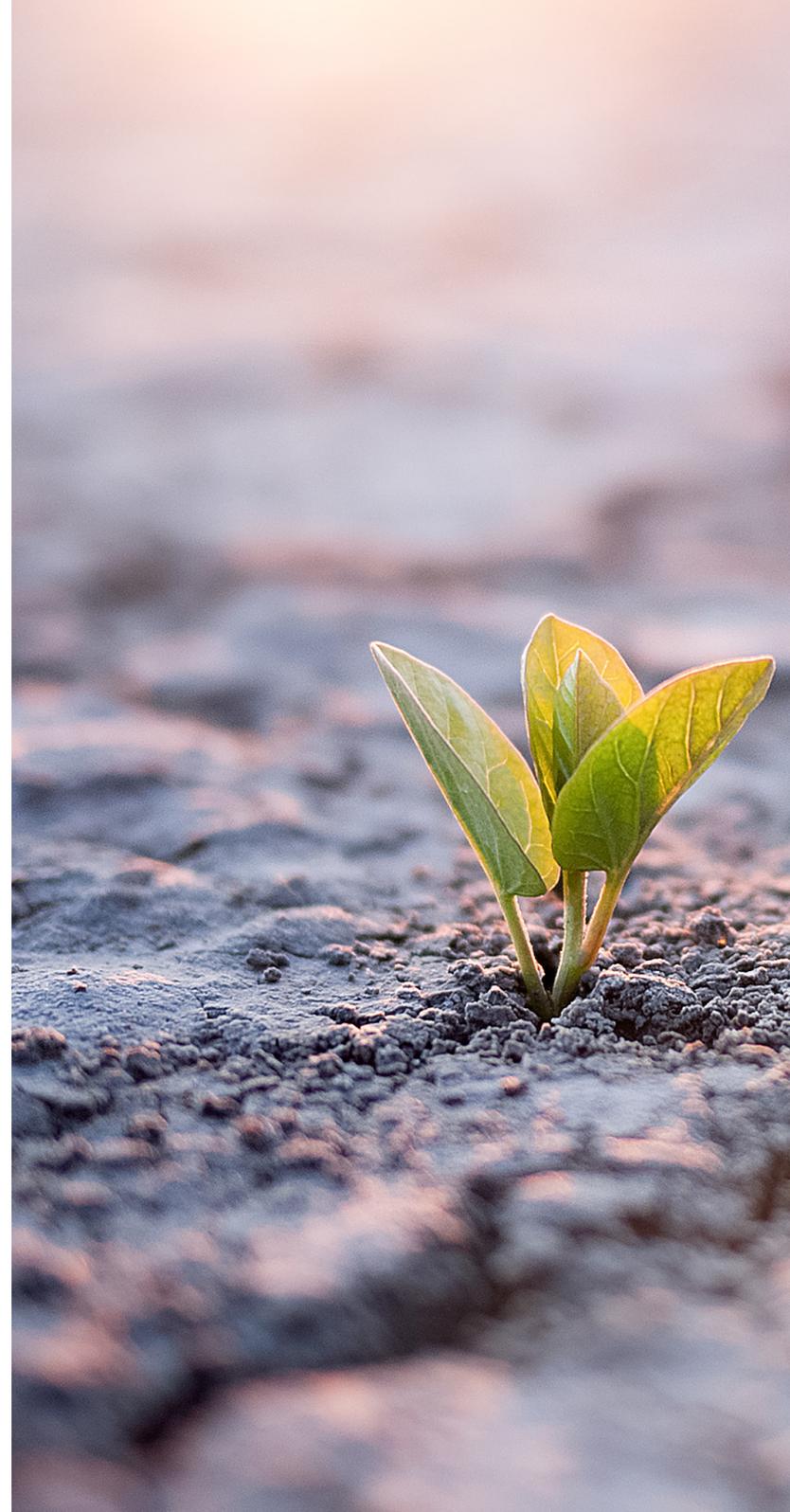
110 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂.

As emissões de F-gases aumentaram 60% desde 1990.

As emissões de hidrofluorocarbonetos (HFC) devem crescer cerca de 140% entre 2005 e 2020.

Mesmo que alguns compostos tenham um ciclo de vida curto, alguns podem permanecer na atmosfera durante milhares de anos.

O uso não controlado de HFC pode fazer com que esses gases representem 12% das emissões de GEE até 2050, já que a procura global de equipamentos de refrigeração deverá triplicar até 2050 devido ao aquecimento global.



O uso de F-gases, se controlado corretamente, também pode ter benefícios:

Os F-gases não são tóxicos do ponto de vista químico e são amplamente utilizados por serem pouco reativos e não inflamáveis.

Os F-gases são materiais valiosos que são especialmente adequados para reciclagem e recuperação devido à sua elevada estabilidade.

Apenas 1% dos F-gases são recolhidos no fim do seu ciclo de vida na Europa (cerca de 1200 toneladas em 2015), embora existam unidades de reciclagem. Tal significa que existe uma grande janela de oportunidade para melhorar a recuperação e reutilização de F-gases, integrando-os no mercado de economia circular da UE.

Os F-gases são compostos produzidos pelo Homem que podem ser reciclados com segurança e reutilizados, melhorando a eficiência energética dos sistemas e o seu ciclo de vida económico geral. Se a sua reciclagem e reutilização for realizada corretamente, o impacto ambiental dos F-gases pode ser reduzido ao mínimo de acordo com os princípios da economia circular da UE.

Os F-gases recuperados não estão sujeitos a tributação adicional, enquanto as novas alternativas, devido ao seu estado enquanto novos produtos, são protegidas por patentes industriais, o que representa um custo adicional associado à sua utilização.

A reciclagem seletiva de F-gases é fundamental para reduzir a dependência da indústria de refrigeração de gases com elevado PAG, reduzir os preços e aliviar a pressão em toda a cadeia de comercialização.



As mudanças climáticas já são uma realidade que atinge todo o planeta. A temperatura global está a aumentar todos os anos, principalmente devido ao aumento das concentrações de GEE atmosféricos. Embora o dióxido de carbono (CO₂) seja responsável por pelo menos dois terços das emissões globais de GEE, os F-gases, tais como as famílias de hidrofluorcarbonetos (HFC) e perfluorocarbonetos (PFC), bem como hexafluoreto de enxofre (SF₆), são os principais contribuidores para o aquecimento global. Enquanto a maioria dos GEE são subprodutos de diversos processos, tais como a combustão de combustíveis fósseis, os F-gases são uma família de gases sintéticos amplamente utilizados para diversas aplicações industriais (por exemplo, sistemas de ar condicionado, refrigeração industrial, extintores de incêndio e solventes). Devido à utilidade e aplicação industrial destes compostos, a sua produção mundial deverá continuar a aumentar. As emissões de F-gases ocorrem intencionalmente ou através de fugas nos sistemas, tendo aumentado 60% desde 1990. Em particular, as emissões de HFC deverão aumentar cerca de 140% entre 2005 e 2020. O aumento das emissões de F-gases está a contribuir amplamente para o aquecimento global, o que afeta não apenas os ecossistemas, mas também a vida humana devido ao aumento do número de inundações e de ondas de calor e à elevação do nível do mar.

Desde o desenvolvimento de refrigerantes no século XIX, têm sido realizadas pesquisas contínuas com o objetivo de desenvolver compostos mais eficientes, menos perigosos e mais ecológicos. Em 1987, o Protocolo de Montreal determinou a eliminação gradual de refrigerantes de segunda geração, tais como os clorofluorcarbonos

(CFC) e hidrofluorcarbonetos (HCFC), que causam a destruição da camada de ozono. Desta forma, a utilização de gases de efeito de estufa produzidos pelo homem, em especial HFC, aumentou drasticamente para aplicações de refrigeração e de ar condicionado desde 1990. Esses refrigerantes de terceira geração são energeticamente eficientes, não são tóxicos e apresentam baixos níveis de inflamabilidade, não causando danos à camada de ozono. No entanto, são GEE potentes, com PAG 23000 vezes superior ao do CO₂ e têm uma extensa vida útil atmosférica de até 50000 anos. Tal implica que pequenas concentrações atmosféricas desses gases induzem grandes efeitos na temperatura global e, conseqüentemente, no clima. Enquanto as emissões de todos os outros GEE na UE diminuíram, as emissões de F-gases aumentaram. Estudos anteriores demonstraram que, no mercado europeu, os refrigerantes mais usados incluem o R-134a (1,1,1,2-tetrafluoroetano) como gás puro e misturas que contêm R-32 (difluorometano), R-125 (pentafluoroetano), e R-134a, tais como os refrigerantes R-404A, R-407F e R-410A.

A transição da União Europeia para refrigerantes de quarta geração, com baixo PAG, está em andamento. Grandes esforços têm sido realizados na pesquisa de refrigerantes naturais (com problemas de toxicidade e/ou inflamabilidade), hidrofluorolefinas (HFO, com problemas de eficiência energética), HFC com menor PAG e novas misturas de HFC e HFO (com baixa toxicidade e inflamabilidade nula). Algumas misturas de HFC e HFO já estão a substituir os HFC na refrigeração comercial e industrial. Exemplos disso são os refrigerantes R-448A e R-449A, (misturas dos HFC R-32, R-125 e R-134a com as HFO R-1234yf e R-1234ze) e R-450A e R-513A

(misturas do HFC R-134a com as HFO R-1234ze e R-1234yf, respectivamente). Deve-se considerar também que estas novas alternativas, por se tratarem de novos produtos, são protegidas por patentes industriais, o que representa um custo adicional para a sua utilização, enquanto os F-gases recuperados não estão sujeitos a tributação adicional.

A falta real de tecnologias desenvolvidas para reciclar F-gases afeta drasticamente o setor da refrigeração porque a maioria dos F-gases é incinerada, aumentando assim as emissões atmosféricas desses gases. Os subprodutos da degradação dos F-gases na atmosfera, o fluoreto de hidrogênio (HF) e o ácido trifluoroacético (TFA), são direcionados para a superfície da terra dissolvidos em água e, após acumulação significativa, podem apresentar potentes efeitos de ecotoxicidade. Dito isto, existe uma necessidade fundamental não só de reduzir a libertação de F-gases na atmosfera, mas também de separar e reciclar HFC puros no fim da vida útil do equipamento de refrigeração e ar condicionado, para reutilizar e reciclar na produção subsequente de

refrigerantes de quarta geração, aplicando economia circular. A pesquisa em tecnologias baseadas em materiais ambientalmente benignos que capturam, separam e reciclam F-gases com eficiência é vital para desenvolver processos sustentáveis para reduzir o impacto ambiental de refrigerantes baseados em F-gases. O impacto ambiental resultante da libertação de F-gases está a impulsionar o desenvolvimento dessas novas tecnologias para os recuperar e reciclar. A adaptação às alterações climáticas é uma política climática chave na UE e o desenvolvimento de tecnologias verdes, tais como os esforços feitos pelo KET4F-Gas, é incentivado.

A região SUDOE (França, Espanha e Portugal) sofre especialmente as consequências do aquecimento global, que causa seca persistente, ondas de calor e um maior número de incêndios agravados pelos ventos fortes. Seguindo as tendências globais, os dados da Agência Ambiental Europeia mostram que as emissões e a remoções de F-gases em França e em Espanha aumentaram substancialmente desde 1990 (França +43,6% e Espanha +51,5%). No

entanto, os dados mais recentes relativos a 2018, mostram que a região SUDOE reduziu ligeiramente as suas emissões (este é um dado oficial que não inclui as emissões provenientes do mercado ilegal, não declaradas): Portugal -4,6%, França -4,0% e Espanha -1,8%. Esta redução deve-se aos esforços dos governos que implementaram um conjunto de medidas fiscais, regulamentares, voluntárias e informativas na sequência dos acordos globais e, mais especificamente, dos regulamentos europeus descritos no capítulo 2.

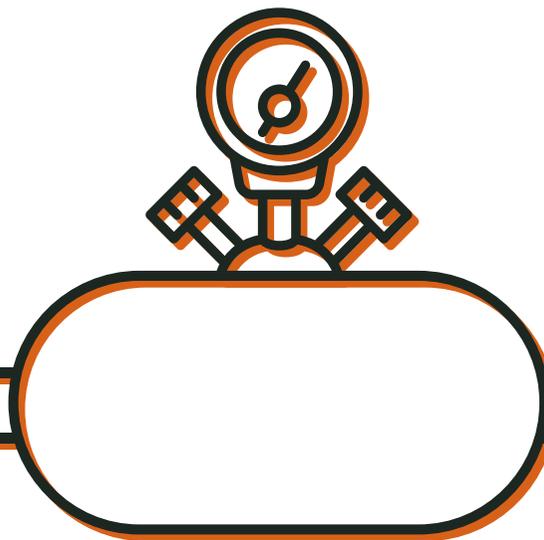
Apesar destes primeiros passos preliminares, é necessário reformular o pensamento para proceder de forma economicamente eficiente à redução progressiva da utilização de F-gases na região SUDOE, à interrupção do comércio ilegal e à implementação de práticas corretas de gestão de resíduos e reciclagem de F-gases. Para essas regiões do sul da Europa existe um grande espaço de manobra para proceder a melhorias pois as percentagens de reciclagem atuais são extremamente baixas. Esta é uma grande oportunidade



para as empresas e para os gestores de resíduos da região SUDOE otimizarem os seus sistemas, cumprirem os regulamentos de F-gases evitando penalidades e, em geral, adaptar-se e contribuir para um mercado assente em princípios da economia circular. Tecnologias como o sistema KET4F-Gas dão uma vantagem às empresas, pois existe uma necessidade de desenvolver tecnologias eficientes e sustentáveis para capturar seletivamente F-gases e reciclá-los em novos refrigerantes ambientalmente sustentáveis para evitar a combustão ou tratamento incorreto desses resíduos que acabaria por aumentar as emissões e os impostos.

Em suma, legislações internacionais e europeias limitam o uso global de gases fluorados de efeito de estufa, controlam a sua produção, libertação e gestão e incentivam o desenvolvimento de uma nova geração de refrigerantes com menor potencial de aquecimento global. Assim, existe uma necessidade de desenvolver tecnologias eficientes e sustentáveis para capturar seletivamente F-gases e reciclá-los em novos refrigerantes ambientalmente sustentáveis. Este projeto visa a

implementação real de tecnologias para separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil dos equipamentos de refrigeração e ar condicionado. O F-gas recuperado será usado em novas misturas de gases com menor PAG, aplicando economia circular e reduzindo as necessidades de novos F-gases. Assim, o sistema KET4F-Gas contribuirá muito para reduzir as emissões de F-gases através da valorização dos resíduos. A separação de F-gases de refrigerantes de terceira geração proposta neste projeto é um processo de separação amigo do ambiente, alternativo ao processo de destilação que requer quantidades consideráveis de energia. O projeto KET4F-Gas propõe a implementação real, no setor industrial de refrigeração e climatização, de processos de captura, separação e purificação de uma das famílias de GEE que mais contribuem para o aquecimento global. A captura e separação de F-gases presentes em refrigerantes comerciais é uma área ainda pouco explorada.



Principais ideias a reter:

Várias legislações internacionais e europeias limitam o uso de F-gases com efeito de estufa, controlam a sua produção, libertação e gestão e incentivam o desenvolvimento de uma nova geração de refrigerantes com menor PAG.

Os F-gases são compostos produzidos pelo Homem que podem ser melhorados, reciclados com segurança e reutilizados, melhorando a eficiência energética dos sistemas e o seu ciclo de vida económico geral. Se estes procedimentos forem realizados corretamente, o impacto ambiental dos F-gases pode ser reduzido ao mínimo de acordo com os princípios da economia circular da UE.

As regiões SUDOE são especialmente afetadas pelo aquecimento global e têm um grande espaço para melhorias, pois as percentagens de reciclagem são extremamente baixas.

Existe uma necessidade de desenvolver tecnologias eficientes e sustentáveis para capturar seletivamente F-gases e reciclá-los em novos refrigerantes ambientalmente sustentáveis.

Esta é uma grande oportunidade para as empresas e para os gestores de resíduos da região SUDOE otimizarem os seus sistemas, cumprirem os regulamentos e evitar penalidades e, em geral, adaptar-se e contribuir para um mercado assente em princípios de economia circular.

O KET4F-Gas propõe a implementação real no setor industrial de refrigeração e climatização de processos de captura, separação e purificação de uma das famílias de GEE que mais contribuem para o aquecimento global.

Este projeto desenvolveu tecnologias para separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil dos equipamentos de refrigeração e ar condicionado. O gás fluorado recuperado será usado em novas misturas de gases com menor PAG.

Como é que a regulamentação atual dos F-gases afeta os gestores de resíduos? Uma visão global da política até ao mercado

Nos últimos anos, a UE tornou-se uma referência no combate às alterações climáticas e na mitigação do impacto dos HFC na atmosfera. É uma prioridade para a Comissão Europeia o desenvolvimento de tecnologias e iniciativas de investigação, como o KET4F-Gas, que ajudem a separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil do equipamento de refrigeração e ar condicionado, para reutilizar e reciclar na produção subsequente de refrigerantes de quarta geração seguindo os princípios da economia circular. A libertação de refrigerantes na atmosfera é explicitamente proibida e sujeita a sanções. No fim da vida útil do equipamento ou durante a adaptação de instalações existentes, o refrigerante deve ser recuperado para reutilização ou destruição.



O que irá encontrar neste capítulo?

Uma visão geral dos dois regimes de política ambiental a nível internacional relativamente aos HFC (Protocolos de Montreal e Kyoto e a Emenda de Kigali).

Descrição das regulamentações de F-gases da UE, diretiva de F-gases de 2014 e políticas de redução gradual de HFC .

A diretiva de F-gases de 2014 impacta a indústria de F-gases e os gestores de resíduos: refrigerantes de quarta geração, novas alternativas, reciclagem seletiva.

Transposição da diretiva dos F-gases de 2014 para as legislações nacionais nos países da região SUDOE: características, sanções, tributação.

Por que é importante para os gestores de resíduos e operadores recuperar, reciclar e reutilizar gases fluorados?





A nível internacional, existem dois regimes de política ambiental relativos à gestão de HFC. Por um lado, a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozono e o Protocolo de Montreal (1987) determinaram a eliminação progressiva de substâncias destruidoras da camada de ozono, tais como os clorofluorcarbonos (CFC), com o objetivo de *“proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos decorrentes de alterações à camada de ozono”*. Por outro lado, o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris objetivam estabilizar *“as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que evite interferências antropogénicas perigosas no sistema climático”*. De acordo com os acordos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC), o Protocolo de Quioto e

a regulamentação da UE 525/2013 para a monitorização de emissões de gases de efeito estufa, cada país comprometeu-se a elaborar um inventário de emissões de GEE, comunicando todos os detalhes relativos ao tipo de substâncias emitidas e à atividade económica relacionada com as emissões. Os relatórios emitidos em 2018 continham dados relativos aos 28 países da UE para a série temporal de 1990 a 2016. Com a Emenda de Kigali ao Protocolo de Montreal, que entrou em vigor a 1 de janeiro de 2019, ao abrigo da CQNUAC, foi estabelecida a primeira regulamentação internacional para diminuir as emissões de F-gases. Este acordo inclui: (i) disposições para proibir e/ou restringir os países que ratificaram o protocolo ou as suas emendas de comercializar substâncias controladas com



estados que ainda não ratificaram o protocolo; (ii) metas e cronogramas específicos para substituir os HFC por refrigerantes alternativos mais ecológicos; (iii) e um acordo entre os países ricos para ajudar a financiar a transição dos países pobres para produtos alternativos mais seguros. A União Europeia tem sido uma força motriz e um líder global na assinatura destes acordos internacionais.

A União Europeia deu um passo à frente e impôs fortes regulamentos adicionais aos acordos internacionais para controlar a produção e a utilização de F-gases.

O primeiro regulamento de F-gases foi o denominado *Regulamento (CE) N.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio de 2006 relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa*, criado no âmbito do Roteiro de transição para uma economia hipocarbónica competitiva visando reduzir as emissões de F-gases. A diretiva atualmente em vigor é o *Regulamento (UE) N.º 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de abril de 2014 relativo aos gases fluorados com efeito de estufa e que revoga o Regulamento (CE) n.º 842/2006*. Este novo regulamento incluiu requisitos adicionais e substituiu totalmente o regulamento estabelecido em 2006. Esta nova diretiva de F-gases reformulou drasticamente a forma como a indústria lida com os HFC e introduziu novos mecanismos para garantir uma redução de emissão efetiva. Os gases mais afetados por este regulamento são os HFC, PFC e SF₆: F-gases com efeito de estufa. Deve-se ter em consideração que as disposições de redução gradual afetam apenas os HFC. Os HFC não saturados são uma exceção, pois não estão incluídos na redução gradual, mas estão sujeitos às obrigações de comunicação.

A eliminação progressiva de HFC reduzirá gradualmente a disponibilidade

destes gases no mercado europeu através da atribuição de quotas pela Comissão Europeia, seguindo o objetivo de diminuir o consumo de HFC em 79% até 2030. Este é um esforço extraordinário que impulsionará a indústria e os utilizadores para a transição para refrigerantes com um PAG mais baixo e soluções ao abrigo dos princípios da economia circular, tais como a reciclagem.

Esta diretiva regulamenta o uso de F-gases em novos equipamentos, a sua manutenção, recuperação e correto tratamento no fim da vida útil dos sistemas. Dito isto, a regulamentação do gases fluorados não se aplica a três cenários: (i) quando gases alternativos não estiverem disponíveis, (ii) se os ganhos de eficiência energética durante a operação gerarem emissões inferiores a um sistema equivalente que não contenha HFC e (iii) se o uso de alternativas tecnicamente viáveis e seguras resultar em custos desproporcionais.

Em relação às alternativas aos F-gases, a UE está a fazer uma transição para refrigerantes de quarta geração, com baixo PAG, com foco especial em HFC com menor PAG, hidrofluorolefinas (HFO) e em misturas de HFC tradicionais com HFO. No entanto, para a UE é uma prioridade não só a procura de alternativas a F-gases, mas também o desenvolvimento de tecnologias, como o KET4F-Gas, que ajudem a separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil dos equipamento de refrigeração e ar condicionado e dos próprios refrigerantes, para reutilizar e reciclar na produção subsequente de refrigerantes de quarta geração seguindo os princípios da economia circular.

Os operadores e todos os agentes da cadeia de fornecimento são obrigados a evitar a emissão de F-gases através dos meios necessários, incluindo a sua recuperação,



reaproveitamento ou destruição durante a operação do sistema e no fim da vida útil do equipamento. A redução gradual da utilização de HFC promoveu um interesse crescente no uso de gases reciclados e recuperados. Na verdade, a libertação de F-gases para a atmosfera é explicitamente proibida e está sujeita a sanções. No fim da vida útil do equipamento ou durante a adaptação de instalações existentes, os F-gases devem

ser recuperados para reutilização ou destruição. O nível das sanções é definido por cada Estado-Membro da UE mas a Comissão Europeia deverá garantir que as sanções são eficazes, proporcionais e dissuasivas. Até 2017, todos os Estados-Membros da UE tiveram de introduzir o Regulamento dos Gases Fluorados de 2014 na legislação nacional.

A seguir:

Em 2020, a Comissão Europeia publicará um relatório com a avaliação da existência de alternativas rentáveis, tecnicamente viáveis, energeticamente eficientes e fiáveis e um relatório sobre a disponibilidade de refrigerantes no mercado da UE

A Comissão Europeia realizará também, até ao fim de 2022, uma análise abrangente para avaliar a eficácia da legislação à luz de novos desenvolvimentos e compromissos internacionais.

As regras da UE, tais como a Diretiva de Gases Fluorados de 2014, são um ato legislativo que precisa de ser incorporado na legislação nacional pelos países membros da UE antes de uma determinada data limite e precisa de ser [notificado à Comissão Europeia](#). Este tipo de ato legislativo estabelece objetivos que os Estados-Membros devem atingir, ao mesmo tempo que lhes confere o poder discricionário sobre a forma de os atingir.

► **Portugal** procedeu à transposição da Diretiva de Gases Fluorados de 2014 a 30 de novembro de 2017, no Diário da República, Ordem Executiva n.º 145/2017. A Agência Portuguesa do Ambiente é a autoridade competente para estudar a relevância das medidas de contenção para a correta recuperação e valorização de F-gases em equipamentos em fim de vida útil, de forma a minimizar os impactos associados à sua gestão. O artigo 19 deste decreto estabelece que os operadores devem a) utilizar um técnico certificado para recuperar o gás fluorado antes de qualquer descontaminação, tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE) e frações não contaminadas, recuperação e eliminação de frações de equipamentos em fim de vida útil; b) assegurar a gestão correta dos equipamentos em fim

de vida útil como EEE de acordo com as disposições do regime jurídico aplicável à gestão de resíduos de EEE e gás fluorado recuperado. No artigo 23, é considerada uma infração ambiental grave, punível nos termos da Lei n.º 50/2006, de 29 de agosto a prática do seguinte ato: Não cumprimento das obrigações relativas à recuperação, intervenções em contentores, equipamentos e sistemas que contenham gases fluorados com efeito de estufa, em violação do disposto nos artigos 19 a 21. As sanções por incumprimento podem ir de 2000 a 48000 euros para uma pessoa singular e de 15000 a 48000 euros para uma pessoa coletiva. Em caso de infração grave, o valor da multa pode atingir os 37500 euros para uma pessoa singular e os 2500000 para uma pessoa coletiva.

► **Em Espanha**, a transposição do ato legislativo da UE ocorreu a 17 de fevereiro de 2017 através do Real Decreto-Lei 115/2017. Este decreto estabelece que a recuperação de F-gases de equipamentos de refrigeração, ar condicionado e seu correto manuseamento são obrigatórios. Porém, a intervenção em equipamentos que requerem o manuseamento destes gases é restrita às empresas de manutenção. A elas cabe tomar as medidas cabíveis para a recuperação dos gases através de pessoa

credenciada, para garantir a sua reciclagem, regeneração e destruição quando necessário, e evitar a sua emissão para a atmosfera. A recuperação, regeneração e destruição de F-gases será realizada durante a manutenção. Para além disso, assim que o aparelho tenha sido eliminado no fim da sua vida útil, o gás deve ser recuperado antes de ser desmontado ou removido para eliminação final. As sanções derivadas da gestão inadequada de F-gases de equipamentos de ar condicionado ou bombas de calor são significativas. Em primeiro lugar, recorde-se que a Lei n.º 22/2011 relativa a resíduos e solos contaminados estabelece o quadro legislativo geral sobre resíduos, definindo diversos tipos de infração, tais como o despejo ou venda de resíduos. As sanções por estas infrações podem variar desde sanções económicas, que variam entre 901 e 1750000 euros, passando pela desqualificação ou revogação da autorização para o exercício profissional em regime de carácter temporário entre 1 e 10 anos, até ao encerramento temporário ou definitivo.

O governo espanhol também implementou medidas fiscais, tais como o regime tributário sobre a utilização de gases de efeito de estufa criado ao abrigo do artigo 5 da Lei 16/2013. Porém, poderá haver reembolso parcial se for certificada a correta gestão dos resíduos do equipamento. Também existe um acordo voluntário para a utilização correta de SF₆ feito pelo Ministério da Agricultura, AFBEL, REE e outras partes interessadas para reduzir as emissões de SF₆, incluindo a gestão correta de resíduos dos sistemas que contenham este gás.

► **Em França**, o regulamento nacional de F-gases está essencialmente contido nos artigos R. 543-75 a R. 543-123 do código do ambiente e nos decretos de 29 de fevereiro de 2016 e no Plano Climático francês apresentado em julho de 2017. De referir o Observatório de Gases Fluorados que tem como missão controlar as quantidades dos diferentes tipos de F-gases colocados no mercado, utilizados, reciclados ou destruídos e controlar os agentes dos setores em causa, nomeadamente no setor de refrigeração e climatização. A nível não estatal, a regulamentação francesa impõe obrigações aos distribuidores de refrigerantes que realizam, a título profissional, qualquer operação que necessite de manuseamento de refrigerantes. Os produtores de refrigerantes e de equipamentos pré-carregados com refrigerantes devem recuperá-los sem custo adicional, processá-los ou mandar processá-los em instalações autorizadas no território nacional ou no estrangeiro para permitir a sua reutilização de acordo com os requisitos das suas especificações originais, ou mandá-los destruir no caso de impossibilidade de cumprimento ou de reutilização proibida. Nos artigos R543-122 e 123 do código do ambiente estão contempladas as sanções que as empresas irão sofrer em caso de infração: a multa é de no máximo 3000 € (pessoas coletivas), o dobro em caso de reincidência. Esta sanção será aplicada, entre outros, aos proprietários de equipamentos que não tenham sido verificados quanto a vazamentos ou cujos vazamentos não tenham sido controlados. Os proprietários que realizem a desgaseificação para a atmosfera, exceto quando necessário para garantir a segurança das pessoas, também são sancionados.





Reciclagem, reutilização e recuperação: Por que é importante para gestores e operadores de resíduos?

Para além de reduzir as emissões de F-gases para a atmosfera, há também a necessidade de recuperar, separar e reciclar os GEE no fim da vida útil do equipamento de refrigeração e ar condicionado. Devido ao novo sistema de quotas estabelecido pela Comissão Europeia, é essencial manter quantidades suficientes de refrigerante virgem disponível. Quanto mais refrigerante reciclado (que tenha sido posto anteriormente no mercado), menos refrigerante virgem é necessário e menor é a pressão na cadeia de fornecimento. Este é um ponto chave, uma vez que a redução gradual de HFC no mercado é uma realidade, que leva a um aumento nos preços de refrigerantes virgens. Quando a reciclagem não for possível ou prática, deve ser considerada a separação dos componentes das misturas de gases e recuperá-los para a produção de novos refrigerantes..

Em 2018, ocorreu a primeira redução significativa das cotas, atingindo o valor de 37%. Considerando que a próxima redução acontecerá em 2021, a

capacidade da indústria em reduzir, reciclar e inovar torna-se fundamental. De facto, de acordo com os regulamentos dos gases fluorados, apenas os refrigerantes que foram recentemente "colocados no mercado" estão incluídos nas cotas, o que significa que o uso de produtos reciclados reduzirá a dependência da indústria de refrigerantes com PAG superior. Até agora, os refrigerantes reciclados representavam uma pequena parte do total usado a cada ano, principalmente porque os novos refrigerantes estavam disponíveis gratuitamente a um baixo custo. Melhorar a recuperação e a reutilização de produtos deve ser o foco principal da indústria para ajudar a garantir um fornecimento seguro de refrigerantes. A investigação sobre tecnologias com base em materiais ambientalmente benignos que capturem, separem e reciclem F-gases de forma eficiente é vital para facilitar a transição dos intervenientes para o novo mercado da UE.



Principais ideias a reter:

A diretiva de 2014 da UE relativa a F-gases reformula drasticamente a forma como a indústria lida com HFC e introduz novos mecanismos para garantir uma redução de emissão efetiva. Os gases mais afetados por este Regulamento da UE são os HFC, PFC e SF₆: Gases fluorados com efeito de estufa.

O regulamento de 2014 relativo a F-gases implica a redução gradual efetiva dos HFC. Isto reduz gradualmente a disponibilidade destes gases no mercado europeu através da atribuição de quotas pela Comissão Europeia, seguindo o objetivo de diminuir o consumo de HFC em 79% até 2030.

Os operadores e todos os agentes da cadeia de fornecimento são obrigados a evitar a emissão de F-gases através dos meios necessários, incluindo a sua recuperação, reaproveitamento ou destruição durante a operação do sistema e no fim da vida útil do equipamento e estão sujeitos a sanções por não conformidade com a transposição nacional de 2014 da regulamentação relativa a F-gases.

Considerando que a próxima redução das cotas de F-gases vem em 2021, a capacidade da indústria em reduzir, reciclar e inovar torna-se fundamental. De facto, de acordo com os regulamentos do gás fluorado, apenas os refrigerantes que foram recentemente "colocados no mercado" estão incluídos nas cotas, o que significa que o uso de produtos reciclados reduzirá a dependência da indústria de refrigerantes com PAG superior.

O Sistema KET4F-Gas permite separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil do equipamento de refrigeração e ar condicionado, para os reutilizar em refrigerantes de quarta geração seguindo os princípios da economia circular.



Precisa de lidar com a gestão de resíduos de gases fluorados? Temos a solução!

No âmbito do projeto KET4F-Gas, foi desenvolvida uma ferramenta online para classificar os resíduos de acordo com o método europeu e para identificar o impacto dos F-gases no aquecimento global e as melhores soluções de tratamento com base em TFE. Na secção de classificação de resíduos, o utilizador pode classificar um resíduo específico pela sua origem, obtendo o código europeu de resíduos com 3 letras correspondente.

O que irá encontrar neste capítulo?

A classificação padronizada de GEE (IPCC) dos F-gases: Emissões da categoria 2F.

A necessidade de uma abordagem multi-TFE: Estratégia multinível KET4F-Gas analisando a combinação de diferentes TFE.

Visão geral detalhada da ferramenta de software KET4F-Gas: conceito, uso e benefícios para as partes interessadas da indústria e gestores de resíduos.

WH160415-14

Os F-gases são usados principalmente em aplicações como refrigeração e ar condicionado, extintores de incêndio, aerossóis e espumas de isolamento. As emissões atmosféricas de F-gases ocorrem durante o ciclo de vida dos equipamentos, mas também durante o seu processo de fabrico e como consequência dos resíduos não tratados.

O Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) estabeleceu uma classificação padronizada de GEE, categorizados por setores e aplicações específicas onde são utilizados. Devido à sua ligação direta com os objetivos do KET4F-Gas, a categoria denotada como 2F é a mais relevante, por incluir substitutos de substâncias destruidoras da camada de ozono, tais como os HFC e os PFC. A categoria 2F inclui substâncias de refrigeração e ar condicionado (subcategoria 2F1), agentes espumantes (2F2), extintores de incêndio (2F3) e aerossóis (2F4).

Só para dar uma ordem de magnitude, as emissões de F-gases pelos 28 países da UE em 2016 atingiram a espantosa quantidade de 110 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂. É evidente que se trata de uma questão ambiental muito grave que exige uma ação global urgente. Entre as subcategorias citadas, as de refrigeração e ar condicionado concentraram em 2016 84,18% das emissões totais de F-gases, destacando a relevância da subcategoria 2F como meta principal para as políticas de controlo de emissões de F-gases.

Tendo em consideração a evolução temporal das emissões da categoria 2F, os seus valores na região SUDOE têm aumentado continuamente de 1995 a 2013, quando ocorreu uma inversão da tendência, devido às novas políticas de tributação sobre o uso e a emissão dessas substâncias emitidas por cada país. No entanto, o peso relativo dos F-gases, em comparação com a quantidade total de GEE, aumentou na região SUDOE. Assim, considerando a evolução de 1990 a 2013, a





contribuição dos F-gases para o total de GEE aumentou de 1,5% para 3,5% em Espanha, de 2% para 5% em França e de 0% para 5% em Portugal. Estes valores estão acima da média de 3% para os 28 países da UE, evidenciando um cenário pior nesses três países.

Resumidamente, a quantidade de emissões atmosféricas de F-gases na região SUDOE representa hoje uma grande ameaça ambiental devido ao seu potencial de aquecimento global acumulado. Os atuais níveis de emissões de F-gases devem ser drasticamente reduzidos. Para dar resposta aos acordos internacionais, que estabeleceram prazos restritos para a eliminação progressiva da utilização de F-gases, são necessárias ações urgentes. Tal envolve esforços intensos de pesquisa e desenvolvimento na recuperação e reciclagem de F-gases e na minimização das suas emissões atmosféricas.

Abordagem multi-TFE

O cenário descrito exige soluções científicas e técnicas inovadoras, considerando em todo o caso abordagens construtivas e sinérgicas. Neste contexto, o projeto KET4F-Gas propõe uma estratégia multinível, analisando a combinação de diferentes TFE. O desenvolvimento de métodos de separação fiáveis para gases puros é um desafio científico notável e, neste caso, o número de candidatos a serem tratados é grande. As tecnologias existentes de separação e recuperação não são adequadas para a maioria dos F-gases e isso fez com que a incineração acabasse por ser o destino final para muitas dessas substâncias após o fim do seu ciclo de vida.

Este facto exige uma conceção precisa e a implementação de técnicas fiáveis de separação híbrida para cada um dos gases fluoradas. Dentro do projeto, as TFE foram usadas e combinadas para desenvolver métodos de separação. A fertilização cruzada devido à

combinação de diferentes TFE individuais melhorará o desempenho geral do processo, com soluções eficazes e de custo acessível adaptadas a cada composto alvo.

Ferramenta de software KET4F-Gas

No âmbito do projeto KET4F-Gas, foi desenvolvida uma ferramenta online que permite classificar os resíduos de acordo com o método europeu e identificar o impacto dos F-gases no aquecimento global e as melhores soluções de tratamento, com base nas TFE disponíveis.

Na secção de classificação de resíduos, o utilizador pode classificar um resíduo específico pela sua origem, obtendo o código europeu de resíduos com 3 letras correspondente. Este código é essencial para a gestão de resíduos.

Na secção de tecnologias de tratamento, o utilizador seleciona um gás fluorado puro (através do seu número R ou do seu nome químico) ou uma mistura de gases fluorados (através do seu número R). De seguida, o utilizador é direcionado para uma página que contém informações sobre a composição da mistura comercial, o potencial de aquecimento global (PAG) e o respetivo nível de impacto de cada refrigerante. O nível de impacto foi projetado de forma semelhante a uma escala de eficiência energética, para ser mais familiar para os utilizadores. De acordo com o PAG de cada refrigerante, o mesmo é classificado de A (menor PAG) a G (maior PAG).

Esta ferramenta online também permite identificar as misturas de F-gases em que cada gás fluorado está presente e identificar as tecnologias que estão disponíveis para a separação de cada mistura nos

seus componentes puros. As TFE apresentadas são divididas em três categorias principais: Materiais avançados (incluindo solventes alternativos, matrizes sólidas porosas e MOF), sistemas de produção avançados (incluindo tecnologias de membranas) e nanotecnologia (incluindo suspensões de nanopartículas). Após selecionar cada tecnologia, é pedido ao utilizador que forneça o e-mail, o nome e a sua empresa. Estas informações estão em conformidade com as leis de proteção de dados e são usadas apenas para avaliar a utilização da ferramenta online. Por fim, é apresentada a ficha técnica de cada tecnologia. Estas folhas incluem uma explicação sobre a tecnologia, as suas vantagens e as misturas de gás às quais essa tecnologia se aplica. Por fim, é apresentada uma lista de referências, incluindo uma pequena descrição dos resultados.



O conceito

Reduzir o impacto ambiental dos F-gases através do desenvolvimento e implementação de tecnologias facilitadoras essenciais é o objetivo principal do projeto KET4F-Gas.

Hoje em dia, a Internet é uma ferramenta acessível a todos e uma fonte de informação sobre diversos temas.

Por isso, foi desenvolvido um software de apoio a este tema, que permite ao utilizador:

Nowadays, the internet is a tool accessible to everyone and a source of information on various topics.

For this reason, a software was developed to support this theme, which allows the user to:

- Classificar resíduos;
- Identificar tecnologias de tratamento para misturas de F-gases e determinar o seu impacto no aquecimento global.

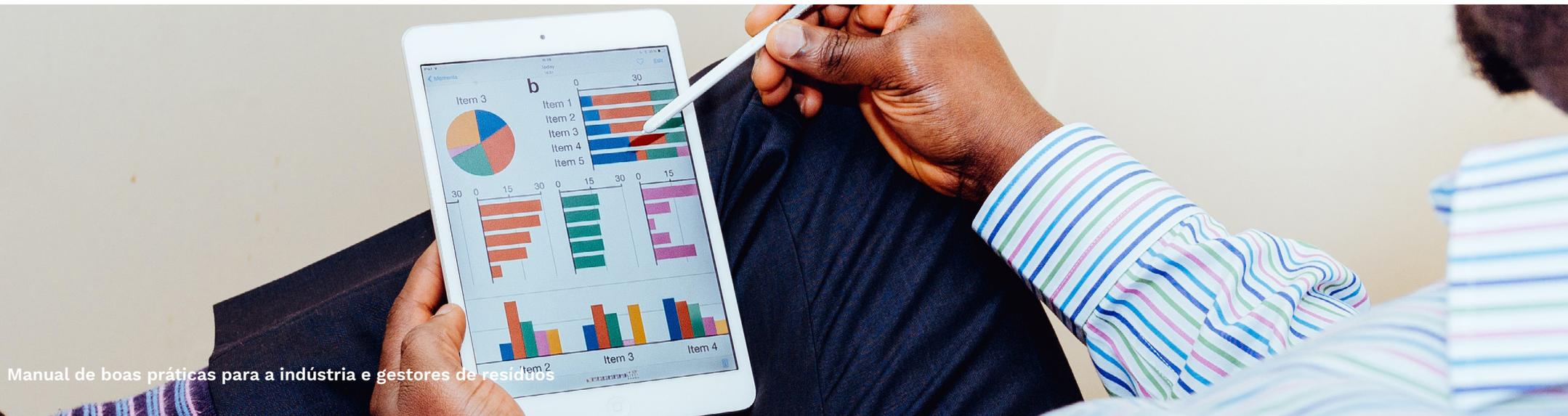
Para além disso, foi importante disponibilizar o software em, pelo menos, quatro idiomas diferentes, para que todos o pudessem utilizar.

Caraterísticas

No topo da plataforma, existem três hiperligações principais para aceder a diferentes páginas:

KET4F-Gas

Esta é a página inicial da plataforma onde poderá ler uma breve apresentação sobre o assunto e onde poderá aceder ao site oficial.





01

Ferramenta para a selecção de Tecnologias Facilitadoras Essenciais

Esta ferramenta informática permite a classificação dos resíduos de acordo com o método europeu (EWL – European Waste List) e uma melhor compreensão do impacto dos gases fluorados, bem como as melhores soluções disponíveis para o seu tratamento utilizando as Tecnologias Facilitadoras Essenciais (TFE).

A ferramenta foi desenvolvida no âmbito do projecto europeu KET4F-Gas, co-financiado pelo programa europeu Interreg Sudoe através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).



Classificação
De resíduos



Seleção
de tecnologias
tratamento

Classificação de resíduos

A classificação de resíduos foi construída de acordo com a Lista Europeia de Resíduos e é funcional para todos os tipos de resíduos e não apenas para resíduos com conteúdo de F-gases.

A lista é composta por 20 capítulos, numerados de 01 a 20. Cada capítulo agrupa os resíduos relacionados a uma determinada área de atividade geradora de resíduos, nomeadamente as atividades industriais, urbanas, agrícolas e hospitalares ou processos de produção.

00 EM QUAL DESTES CAPÍTULOS SE INSERE A FONTE GERADORA DO RESÍDUO?

Classificação de Resíduos segundo a sua atividade.

- 01 - Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas.
- 02 - Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares.
- 03 - Resíduos da transformação de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão.
- 04 - Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil.
- 05 - Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão.
- 06 - Resíduos de processos químicos inorgânicos.
- 07 - Resíduos de processos químicos orgânicos.
- 08 - Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão.
- 09 - Resíduos da indústria fotográfica.
- 10 - Resíduos de processos térmicos.
- 11 - Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos.
- 12 - Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos.
- 17 - Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de protecção não anteriormente especificados.
- 18 - Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e ou investigação relacionada (exceto resíduos de cozinha e restauração não

Tecnologias

A página de tecnologias foi criada para permitir ao utilizador obter informações sobre um determinado F-gás ou mistura comercial de F-gases.

A primeira coisa a fazer é identificar o F-gás sobre o qual deseja obter mais informações. A caixa de seleção tem diferentes gases identificados pelos seus nomes químicos ou comerciais, por exemplo:

Atribuição de Tecnologias de Tratamento

Gás Fluorado

Em caso de dúvida contatar anab@fct.unl.pt; jmmda@fct.unl.pt.

Selecione

Selecione

- 1,1,1,2,2,3,4,5,5-decafluoropentano
- 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano
- 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano
- 1,1,1,2,3,3-hexafluoropropano
- 1,1,1,2-tetrafluoroetano
- 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano
- 1,1,1,3,3-pentafluorobutano
- 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene
- 1,1,1,3,3-pentafluoropropano
- 1,1,1,4,4,4-hexafluoro-2-butene
- 1,1,1-trifluoroetano
- 1,1,2,2,3-pentafluoropropano
- 1,1,2,2-tetrafluoroetano
- 1,1,2-trifluoroetano
- 1,1-difluoroetano
- 1,2-Bis(difluoromethoxy)-1,1,2,2-tetrafluoroethane
- 1,2-Diclorotetrafluoroetano
- 1,2-difluoroetano
- 1,3,3,3-Tetrafluoropropeno

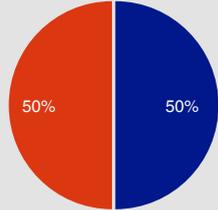
Assim que o gás é escolhido, por exemplo se for R-32 no caso de um F-gás puro ou R-410A no caso de uma mistura de F-gases, o utilizador obtém as informações abaixo:

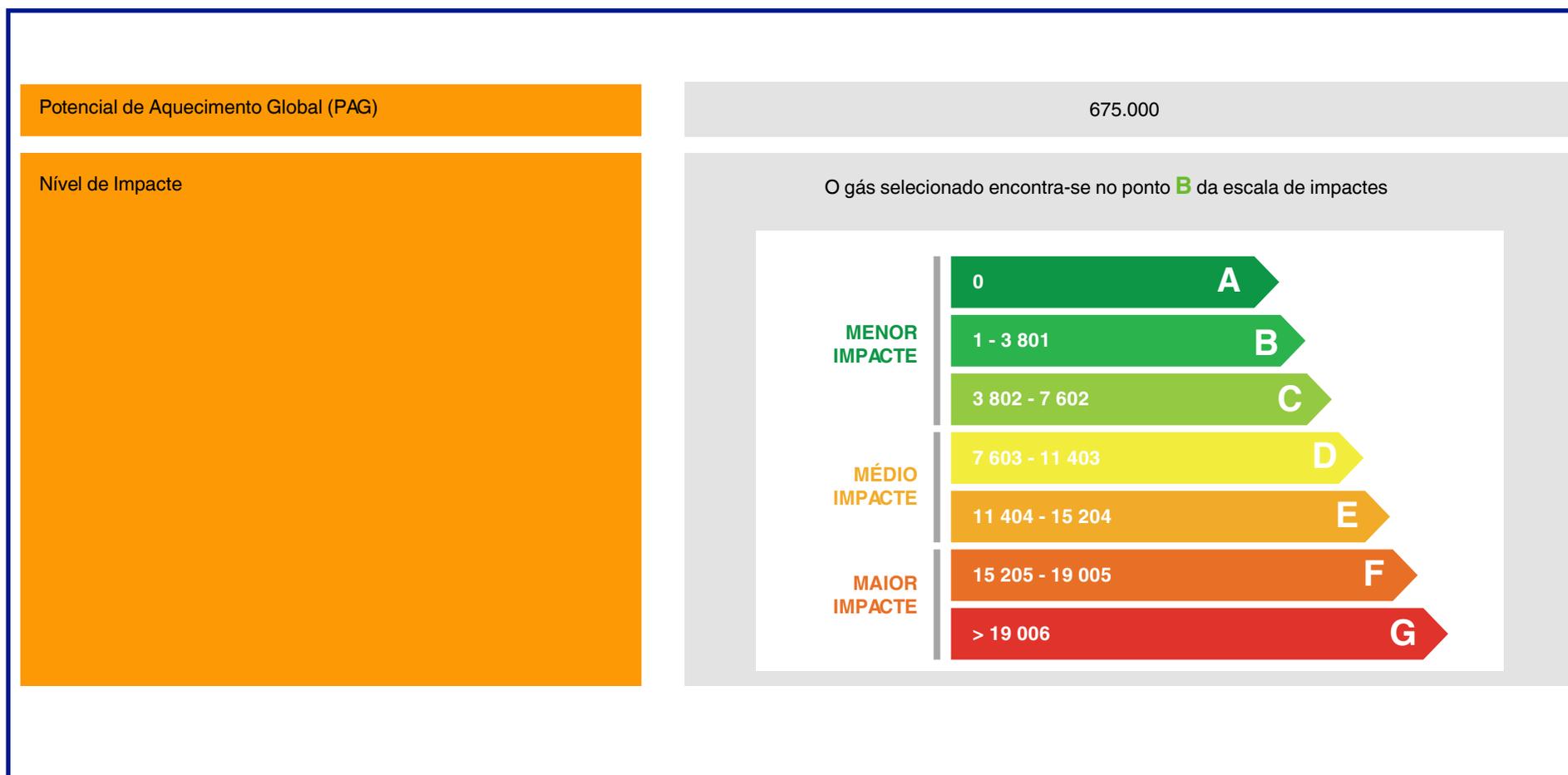
Composição química ou composição da mistura;

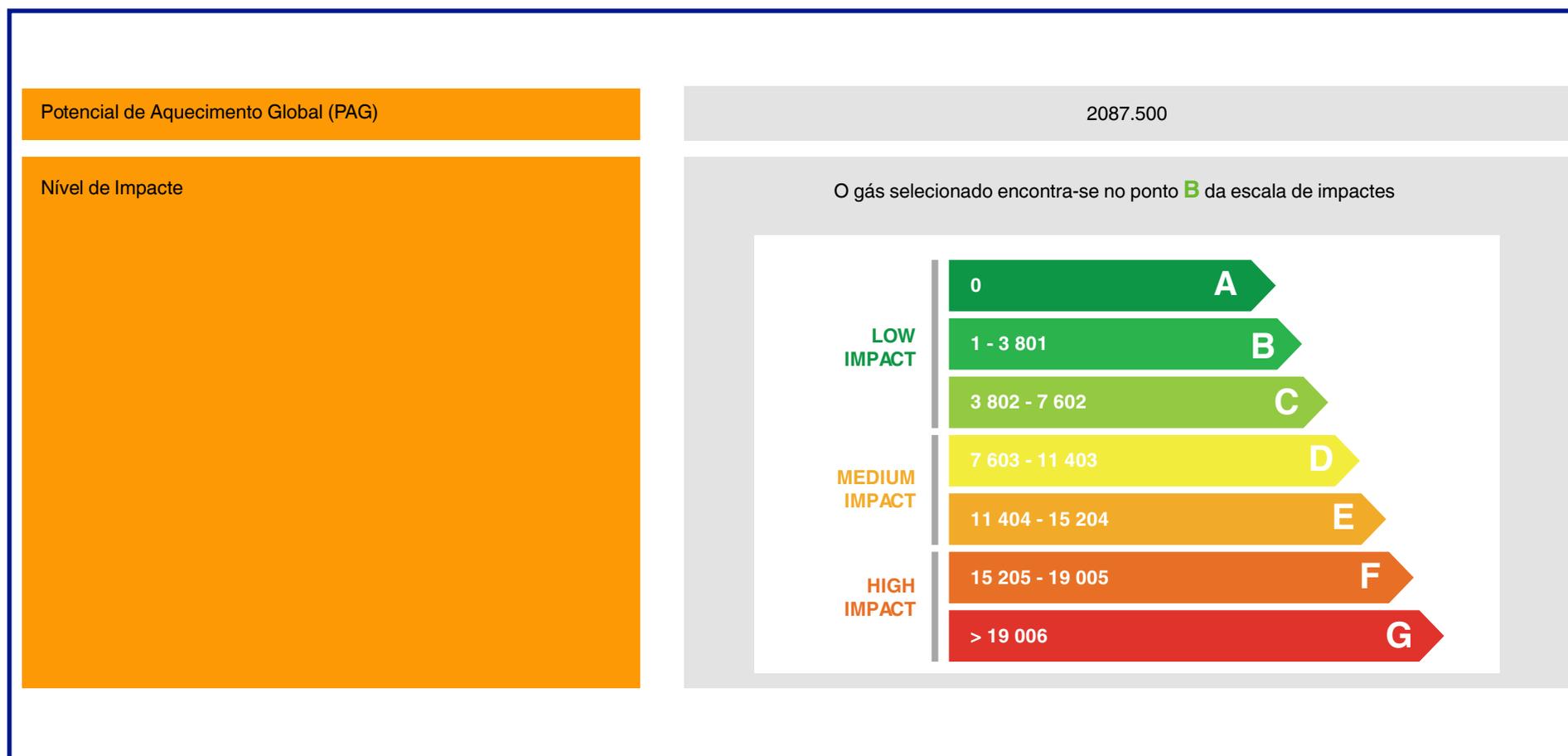
Exemplo: F-gás puro (R-32)

Gás Fluorado	R-32
Composição Química / Mistura de Gases	Difluorometano

Exemplo: Mistura de F-gases (R-410A)

Gás Fluorado	R-410A
Composição Química / Mistura de Gases	R-125 (50%); R-32 (50%) 

Potencial de aquecimento global (PAG) e a escala de impacto (A a G);*Exemplo: F-gás puro (R-32)*



Exemplo: F-gás puro (R-32)

<p>Tecnologias de Tratamento</p>	<p>Não aplicável</p>
<p>Este gás pode ser encontrado em misturas de gases fluorados.</p>	<p>R-407A; R-407B; R-407C; R-407D; R-407E; R-407F; R-410A; R-410B; R-425A; R-427; R-438A; R-43A; R-442A; R-444B; R-448A; R-449A; R-452A; R-453A; R-455A; R-458A; R-504;</p>

Exemplo: Mistura de F-gases (R-410A)

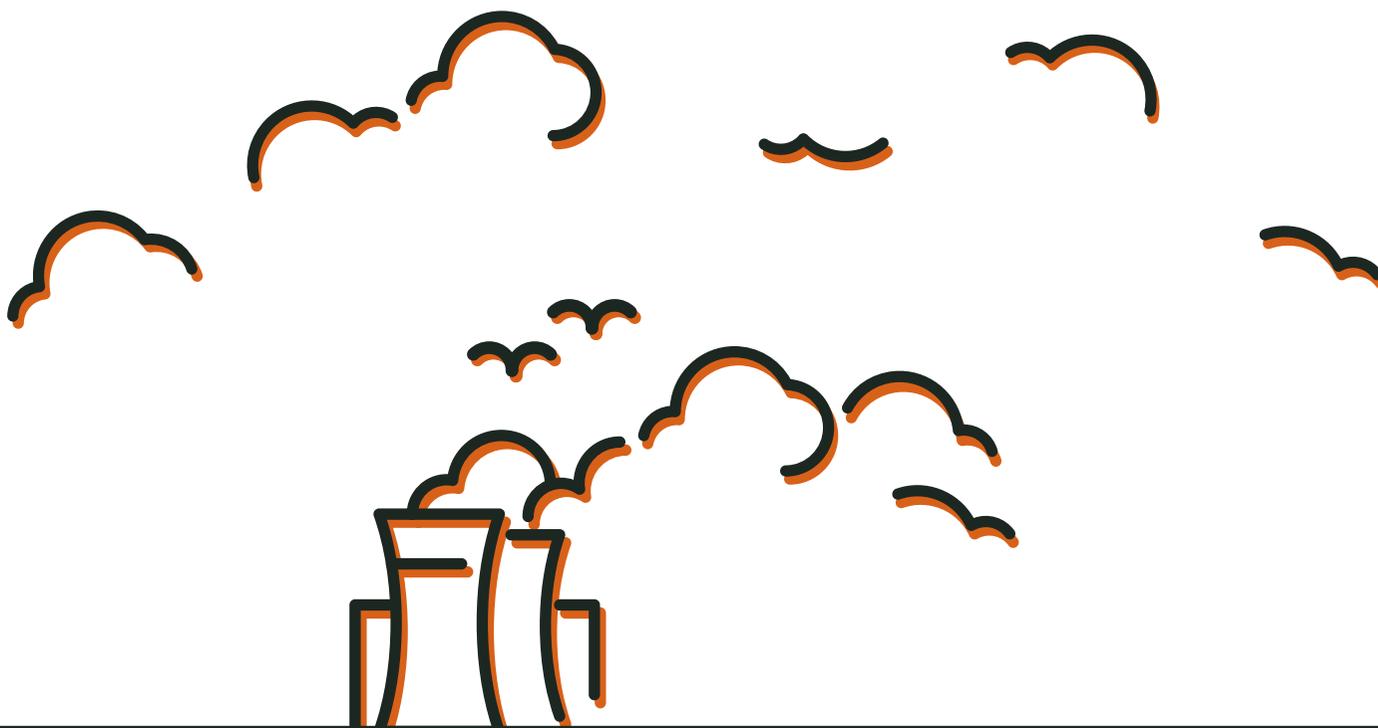
<p>Tecnologias de Tratamento</p>	<p>Materiais Avançados Advanced Materials - Alternative Solvents; Advanced Materials - Solid Porous Matrices; Advanced Materials - MOFs;</p> <p>Sistemas de produção avançados Advanced Manufacturing Technologies - Membranes;</p> <p>Nanotecnologia Nanotechnology - Nanoparticles Suspension;</p>
----------------------------------	--

Como as partes interessadas podem retirar benefícios

O acesso à plataforma KET4F-Gas já está disponível no seu site oficial ([“Resultados”](#)).

A plataforma KEF-Gas é simples, acessível a todos, gratuita e é uma ótima ferramenta para obter informações sobre um determinado gás fluorado. Os benefícios da plataforma incluem:

- **Aprendizagem** - A plataforma contém muitas informações valiosas sobre os F-gases.
- **Ajuda na tomada de decisões** - Existem diferentes gases e diferentes tecnologias de tratamento. Os interessados podem escolher entre dois gases, de menor ou maior impacto, e podem saber com antecedência que tecnologias podem ser utilizadas para a recuperação dos componentes das misturas de gases escolhidas.
- **Poupança de tempo** - As partes interessadas podem encontrar todas as informações necessárias na plataforma digital.
- **Confiança** - A plataforma está em constante atualização. Existem contactos disponíveis para responder a questões das partes interessadas.



Principais ideias a reter:

Os valores das emissões da categoria 2F na região SUDOE aumentaram continuamente de 1995 a 2013, com valores acima da média de 3% para os 28 países da UE. Tal evidencia um cenário pior nesses três países.

As tecnologias existentes de separação e recuperação não são adequadas para a maioria dos F-gases. Assim, a incineração acaba por ser o destino final para muitas destas substâncias após o fim do seu ciclo de vida útil.

O projeto KET4F-Gas propõe uma estratégia multinível, analisando a combinação de diferentes TFE para projetar e implementar técnicas de separação híbridas fiáveis para cada um dos F-gases, melhorar o desempenho geral do processo e procurar soluções eficazes e de custo acessível adaptadas a cada substância alvo.

No âmbito do projeto KET4F-Gas, foi desenvolvida uma ferramenta online para classificar os resíduos de acordo com o método europeu e identificar o impacto dos F-gases no aquecimento global e as melhores soluções de tratamento, com base nas TFE disponíveis.

A plataforma KEF-Gas é simples, acessível a todos, gratuita e é uma ótima ferramenta para obter informações sobre um determinado gás fluorado. Os benefícios da plataforma incluem: muitas informações valiosas sobre os F-gases, orientações para tomadas de decisão informadas, todas as informações necessárias disponíveis num local fiável e atualizado regularmente.

Um caso de sucesso - O sistema KET4F-Gas

Os protótipos KET4F-Gas consistem numa coluna de adsorção preenchida com carvão ativado e de um sistema de membranas com duas membranas poliméricas planas empilhadas funcionalizadas com líquidos iónicos. Estas tecnologias são fáceis de aplicar numa instalação de gestão de resíduos devido ao reduzido espaço necessário, à sua modularidade e à sua escalabilidade. Para além disso, estes sistemas requerem pouca manutenção e têm uma longa vida útil.

O que irá encontrar neste capítulo?

Uma descrição das características e da aplicação do sistema KET4F-Gas.

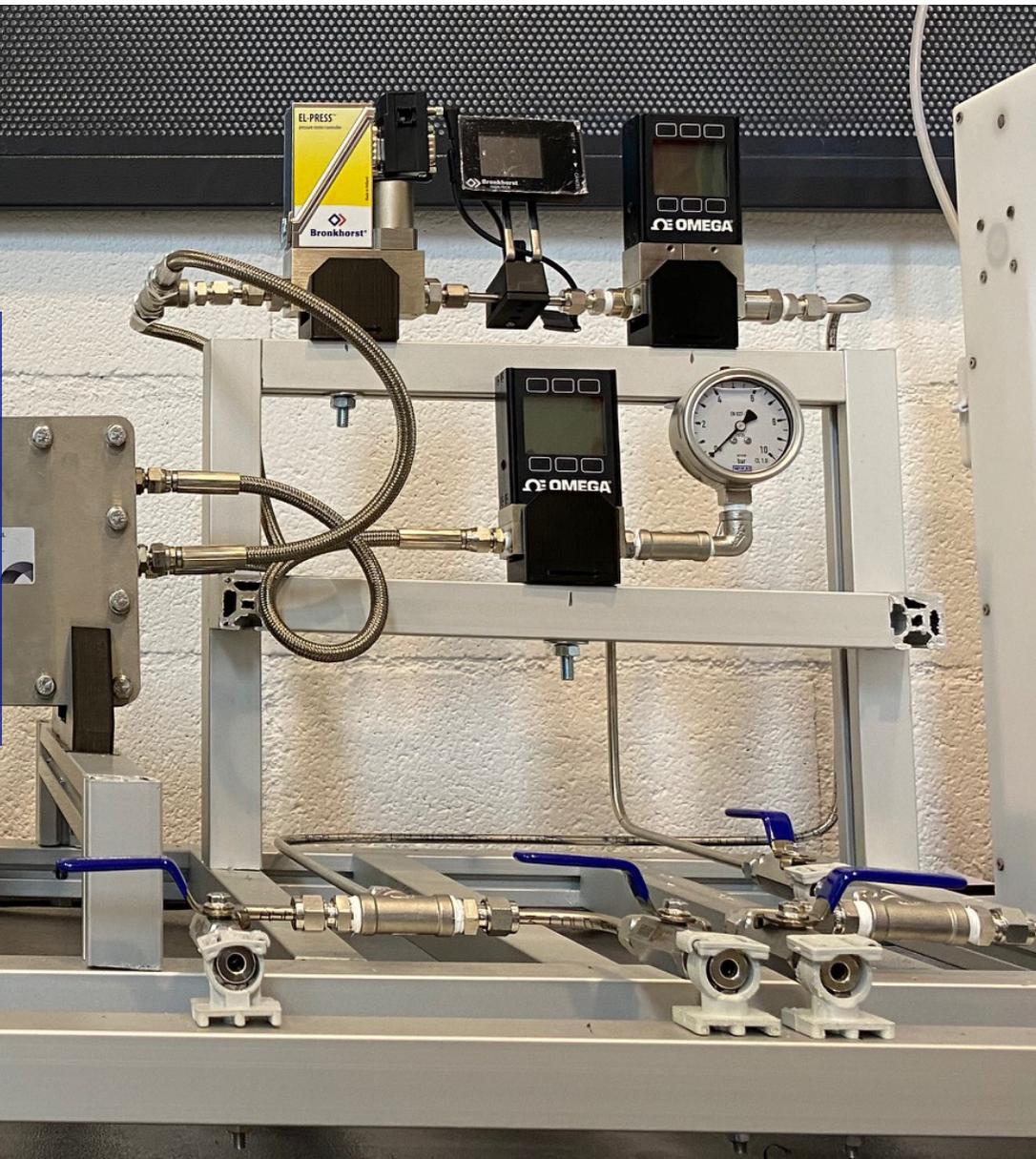
Informações técnicas sobre os protótipos KET4F-Gas.

Vantagens da implementação do sistema.

A eliminação de misturas de HFC esgotados recolhidos de equipamentos em fim de vida útil apresenta preocupações ambientais e a sua incineração é atualmente considerada a melhor prática. No entanto, a incineração gera CO₂ e subprodutos prejudiciais, tais como fluoreto de hidrogénio (HF) e ácido trifluoroacético (TFA). Se libertados para o meio ambiente, estes compostos são dissolvidos na água e



direcionados à superfície terrestre por precipitação. Para além disso, o TFA acidifica a água, o que pode levar a uma significativa ecotoxicidade ao se acumular nos ecossistemas. Esta prática implica um desperdício de recursos, uma vez que os componentes das misturas de HFC são produtos altamente valiosos que ainda



podem ser usados para produzir novas misturas de refrigerantes ecológicos com PAG muito mais baixo, que podem ser usados, de acordo com a legislação atual, como substitutos das antigas misturas de HFC com elevado PAG.

O desenvolvimento de tecnologias para recuperar e reciclar de forma eficiente os HFC presentes em misturas de gases é essencial para reduzir significativamente as emissões de HFC e promover a economia circular, através da valorização dos resíduos. De acordo com os dados recolhidos no âmbito do projeto KET4F-Gas, os custos de incineração de refrigerantes são elevados (entre 2000 e 3000 €/tonelada de gás mais custos de transporte). Assim, ao recuperar e reutilizar os HFC, reduzem-se os custos associados à eliminação dos resíduos e aos impostos sobre os novos HFC.

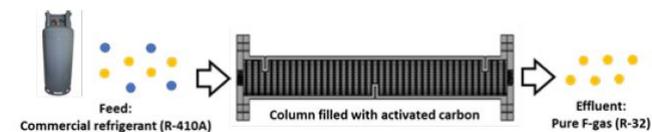
Por exemplo, o R-410A, um dos refrigerantes mais usados em ar condicionados residenciais e comerciais, é um sistema quase azeotrópico de F-gases puros R-32 e R-125, com uma composição azeotrópica de 91 mol% em R-32. Assim, a separação dos HFC individuais por processos convencionais com altos requisitos de energia (por exemplo, destilação convencional) é impossível.

No âmbito do projeto KET4F-Gas, dois protótipos foram construídos para a recuperação eficiente de HFC de alto valor (R-32) de misturas de refrigerantes de elevado PAG (R-410A) contidas em equipamentos em fim de vida, para a sua reutilização em novas misturas ecológicas, com baixo PAG. Estes dois protótipos têm por base dois processos de separação diferentes - adsorção em materiais porosos e tecnologia de membrana - que fornecem elevados rendimentos e possuem baixos requisitos de energia.

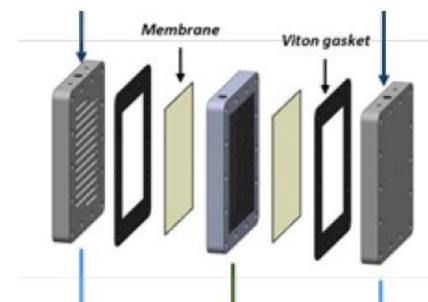
Nos processos de adsorção, um dos componentes da mistura é preferencialmente adsorvido num material poroso, enquanto o restante sai da coluna de adsorção. Seguidamente, a coluna de adsorção é regenerada para recuperar o composto que foi adsorvido seletivamente. No processo de separação de gás por membrana, um composto da mistura é preferencialmente permeado por filmes finos altamente seletivos devido às diferenças no tamanho das moléculas de gás e às interações gás-membrana.



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



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



Os protótipos KET₄F-Gas consistem de uma coluna de adsorção preenchida com carvão ativado e de um sistema de membrana que contém duas membranas poliméricas planas empilhadas funcionalizadas com líquidos iônicos.

Estas tecnologias são fáceis de aplicar numa instalação de gestão de resíduos devido ao reduzido espaço necessário e às suas modularidade e escalabilidade. Para além disso, estes sistemas requerem pouca manutenção e têm uma longa vida útil. Os sistemas são altamente seletivos para a separação de R-410A, resultando num elevado desempenho de separação e elevada pureza de R-32 (>99%) quando ambos os protótipos são usados em série.

Principais ideias a reter:

No âmbito do projeto KET4F-Gas, dois protótipos foram construídos para a recuperação eficiente de HFC de elevado valor comercial (como o R-32) de misturas de refrigerantes de elevado PAG (R-410A) contidas em equipamento em fim de vida, para fins de reutilização em novas misturas de refrigerantes ecológicos com baixo PAG.

Os protótipos KET4F-Gas consistem numa coluna de adsorção preenchida com carvão ativado e de um sistema de membrana que contém duas membranas poliméricas planas empilhadas funcionalizadas com líquidos iónicos.

Estas tecnologias são fáceis de aplicar numa instalação de gestão de resíduos devido ao reduzido espaço necessário e às suas modularidade e escalabilidade. Estes sistemas requerem pouca manutenção e têm uma longa vida útil.

Os sistemas são altamente seletivos para a separação de R-410A, resultando num elevado desempenho de separação e elevada pureza de R-32 (>99%) quando ambos os protótipos são usados em série.

Como é que o KET4F-Gas beneficia os gestores de resíduos?

Os protótipos KET4F-Gas apresentados proporcionarão muitas vantagens aos gestores de resíduos, pois representam uma alternativa realista ao processo atual de recuperação, transporte e incineração. A possibilidade de reciclar o gás R-32 com uma pureza mínima de 98% em peso permitirá reaproveitá-lo quantas vezes desejar. Tal representará uma vantagem clara, pois podem ser reciclados quantas vezes forem desejadas com uma perda mínima. Para além disso, os dois protótipos apresentados neste guia têm um custo de implementação relativamente baixo e representam um grande benefício do ponto de vista ambiental.

O que irá encontrar neste capítulo?

Vantagens para gestores de resíduos proporcionadas pela implantação dos sistemas.

Benefícios gerais do sistema a curto, médio e longo prazo.

Resumo dos custos ambientais e económicos da implementação das tecnologias.

Benefícios do sistema

Os novos sistemas de recuperação KET4F-GAS para o refrigerante R-410A têm muitas vantagens, pois permitem a reutilização do refrigerante R-32 a baixo custo. Os principais benefícios estão listados aqui.



Elevada taxa de pureza:

Ambos os protótipos apresentam elevada pureza, de pelo menos 98% em peso para o gás R-32



Baixo custo ambiental:

Os novos protótipos são tecnologias limpas cuja análise do ciclo de vida útil revela economia de mais de 60% em termos de emissões de gases de efeito de estufa quando comparada a um caso de referência onde o R-410 não é recuperado.



Baixo custo de materiais:

Em ambos os casos, as membranas e os adsorventes têm preços baixos no mercado.

Outros benefícios

O benefício mais importante da utilização destas tecnologias é a possibilidade de recuperação e reutilização do R-32, um gás com um menor Potencial de Aquecimento Global (PAG), considerando a atual regulamentação europeia que proibirá o fabrico de novos HFC com elevado PAG em equipamentos de refrigeração. Es-

tas tecnologias representam uma alternativa a curto prazo durante a transição para refrigerantes mais novos com PAG mais baixos.

Assumindo um horizonte de tempo de 10 anos, os benefícios em termos de impacto ambiental podem ser resumidos nos seguintes números:



Uma quantidade aproximada de 3200 kg de R-410A pode ser tratada para separação.



O principal custo ambiental é em termos de emissões de CO₂, que são baixas, na faixa de 6 a 8 kg de CO₂ emitido por kg de R-32 recuperado.



Considerando que o PAG do R-410A é de 2088, a economia ambiental em emissões de CO₂ torna esta tecnologia 60-70% mais verde do que qualquer alternativa atual e mais de 95% melhor em termos de empobrecimento da camada de ozono.

Custos de Implementação

Os custos de implementação dependerão do fluxo de refrigerante que precisa de ser tratado por dia. No entanto, em termos gerais, o projeto das unidades de operação não requer equipamentos caros, pois todos os materiais necessários

têm baixo custo. Os custos de capital são em função das dimensões da unidade ter de tratar mais ou menos gás. **Os custos operacionais estão na faixa de 32 € por kg de R-32 recuperado.**

Principais ideias a reter:

Os protótipos KET4F-Gas representam uma alternativa realista aos atuais processos de recuperação, transporte e incineração.

O benefício mais importante da utilização destas tecnologias é a possibilidade de recuperação e reutilização do gás R-32, considerando a atual regulamentação europeia que proibirá o fabrico de novos HFC com elevado PAG em equipamentos de refrigeração. A possibilidade de recuperar o R-32 com 98% de pureza em peso permitirá reaproveitá-lo quantas vezes desejar, com uma perda mínima.

Os custos de implementação dependerão do fluxo de refrigerante que precisa de ser tratado por dia. No entanto, em termos gerais, o projeto das unidades de operação não requer equipamentos caros, pois todos os materiais necessários têm baixo custo.



Perguntas frequentes

• *Quais são os enquadramentos regulatórios globais e europeus sobre HFC?*

Os requisitos impostos pelos regulamentos internacionais são claros:

A Emenda de Kigali ao Protocolo de Montreal sobre HFC (2016): 197 países industrializados comprometeram-se a reduzir em 45% o uso de HFC até 2024 e em 85% até 2050. Tendo isso em consideração, os países em desenvolvimento começarão a limitar e a reduzir o consumo de HFC a partir de 2024.

O regulamento 517/2014 da UE sobre F-gases e a redução gradual de HFC (2014): previu a eliminação progressiva da colocação no mercado entre 1995 e 2015 dos F-gases CFC e HCFC e da categoria de gases com um PAG superior a 2500, em particular HFC. Os requisitos de redução até 2024 do Regulamento Europeu são mais fortes do que os da Emenda Kigali: 69% contra 45%. Até 2025 é estabelecido um cronograma para a redução gradual da colocação no mercado destas substâncias para reduzir as emissões em 21% em relação ao período de 2009/2012.

O sistema europeu de cotas para colocação de HFC no mercado europeu: a partir de 2017 todos os equipamentos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor com HFC estão cobertos por um mecanismo de cotas. Essa atribuição de cotas é reavaliada a cada três anos.

• *Qual é o controlo da aplicação dos regulamentos europeus sobre F-gases?*

Todos os operadores europeus devem comunicar anualmente todos os movimentos do ano em questão, por tipo de fluido (armazenado, comprado, reciclado, regenerado ou destruído). A Comissão Europeia publicará em dezembro de 2020 um relatório sobre a disponibilidade de HFC no mercado. Em 2022 será divulgado um relatório global incluindo uma previsão da procura de HFC até 2030 e para além disso.

- ***Existem sanções para o não cumprimento do regulamento da UE relativamente a necessidade de reciclagem de F-gases?***

Sim. Na transposição para a Legislação Nacional do regulamento UE 517/2014 relativo a Gases Fluorados, o não cumprimento das obrigações relativas à recuperação e ao correto tratamento dos sistemas de gases fluorados com efeito de estufa está sujeito a sanções. A decisão sobre a quantidade de cada sanção cabe a cada Estado-Membro.

Em **Portugal**, as sanções por incumprimento podem ir de 2000 a 48000 euros para uma pessoa singular e de 15000 a 48000 euros para uma pessoa coletiva. Em caso de infração grave, o valor da multa pode atingir os 37500 euros para uma pessoa singular e os 2500000 para uma pessoa coletiva.

Em **Espanha**, as sanções por estas infrações podem ir desde sanções económicas, que variam entre 901 e 1750000 euros, passando pela desqualificação ou revogação da autorização para o exercício profissional em regime de caráter temporário entre 1 e 10 anos, até ao encerramento temporário ou definitivo.

Em **França**, em caso de infração as empresas (pessoas coletivas) serão multadas em até 3000 € ou o dobro em caso de reincidência.

- ***Por que é que o correto tratamento dos gases fluorados é importante para os operadores e gestores de resíduos?***

Para além das sanções supracitadas, devido ao novo sistema de quotas estabelecido pela Comissão Europeia, é essencial, para manter quantidades suficientes de refrigerante virgem disponível, que seja feito um esforço significativo na reciclagem do stock existente. Quanto mais gás refrigerante reciclado (que tenha sido anteriormente colocado no mercado), menos refrigerante virgem é necessário e, conseqüentemente, menor a pressão na cadeia de fornecimento. Isto é essencial para manter stocks e fornecimentos e para evitar aumento de preços à medida que a redução gradual da disponibilização de gás virgem se torna realidade.

- ***Por que é que o software KET4F-Gas pode ser uma solução para gestores e operadores de resíduos?***

Esta ferramenta está disponível para todos em quatro idiomas (Português, Inglês, Espanhol e Francês) e é gratuita. Ela permite que o utilizador classifique os resíduos, identifique tecnologias de tratamento para misturas de F-gases e determine o seu impacto no aquecimento global.

- ***Em que consistem os protótipos do sistema KET4F-Gas?***

Os protótipos KET4F-Gas consistem numa coluna de adsorção preenchida com carvão ativado e de um sistema de membrana que contém duas membranas poliméricas planas empilhadas funcionalizadas com líquidos iónicos.

- ***Can the KET4F-Gas system prototypes be placed in my premises?***

Sim, estas tecnologias são fáceis de aplicar numa instalação de gestão de resíduos devido ao reduzido espaço necessário e às sua modularidades e escalabilidades. Além disso, estes sistemas requerem pouca manutenção e têm uma longa vida útil.



Principais ideias a reter

Nos últimos anos, o desenvolvimento de tecnologias eficientes e sustentáveis para capturar seletivamente gases fluorados e reciclá-los em novos refrigerantes ambientalmente sustentáveis tornou-se particularmente urgente. Após os mandatos internacionais e a regulamentação de F-gases da União Europeia de 2014, transferidos para as leis nacionais em 2017, os operadores e todos os agentes da cadeia de fornecimento são obrigados a evitar a emissão de F-gases através dos meios necessários, incluindo a sua recuperação, reaproveitamento ou destruição durante a operação do sistema e no fim da vida útil do equipamento. A libertação de F-gases na atmosfera é expressamente proibida e está sujeita a sanções determinadas por cada Estado-Membro sob a orientação da Comissão Europeia.

A redução gradual do HFC levou a aumento no interesse pelo uso de F-gases recuperados e reciclados. Devido ao novo sistema de quotas estabelecido pela Comissão Europeia, é essencial, para manter quantidades suficientes de refrigerante virgem disponível, que seja feito um esforço significativo na reciclagem do stock existente, sempre que possível. Quanto mais gás refrigerante reciclado (que tenha sido anteriormente colocado no mercado), menos refrigerante virgem é necessário e, conseqüentemente, menor a pressão na cadeia de fornecimento. Isto é essencial para manter stocks e fornecimentos e para evitar aumento de preços.

Em 2018, ocorreu a primeira redução significativa das cotas, atingindo o valor de 37%. Considerando que a próxima redução vem em 2021, a capacidade da indústria em reduzir, reciclar e inovar torna-se fundamental. De facto, de acordo com os regulamentos de F-gases, apenas os refrigerantes recentemente colocados no mercado estão incluídos nas cotas, o que significa que o uso de produtos reciclados reduzirá a dependência da indústria de refrigerantes com PAG superior. Até agora, os refrigerantes

reciclados representavam uma pequena parte do total usado a cada ano, principalmente porque os novos refrigerantes estão disponíveis a um custo elevado e, normalmente, estão sujeitos a patentes. Melhorar a recuperação e a reutilização de produtos recuperados deve ser o foco principal da indústria para ajudar a garantir um fornecimento seguro de refrigerantes. A investigação em tecnologias com base em materiais ambientalmente benignos que captam, separam e reciclam gases fluorados de forma eficiente é vital para facilitar a transição dos intervenientes para o novo mercado da UE.

O KET4F-Gas visa a implementação real de tecnologias para separar e reciclar de forma eficiente os HFC no fim da vida útil dos equipamentos de refrigeração e ar condicionado. A separação dos componentes de refrigerantes de terceira geração proposta neste projeto é um processo ambientalmente sustentável de separação de F-gases puros, como alternativa à destilação que é um processo que requer a utilização de quantidades consideráveis de energia. O projeto KET4F-Gas propõe a implementação real no setor industrial de refrigeração e climatização de processos de captura, separação e purificação de uma das famílias de GEE que mais contribuem para o aquecimento global. A captura e separação de F-gases de refrigerantes comerciais é uma área ainda pouco explorada.

O software KET4F-Gas No âmbito do projeto KET4F-Gas, foi desenvolvida uma ferramenta online que permite classificar os resíduos de acordo com o método europeu e identificar, tanto o impacto dos gases fluorados no aquecimento global, como as melhores soluções de tratamento, com base nas TFE disponíveis. *Na secção de classificação de resíduos, o utilizador pode classificar um resíduo específico pela sua origem, obtendo o código europeu de resíduos com 3 letras correspondente.*

O software KET4F-Gas está disponível em pelo menos quatro idiomas diferentes (Português, Inglês, Espanhol e Francês). O software KEF-Gas é simples, acessível a todos e gratuito. Os benefícios da plataforma incluem:

- **Aprendizagem** - A plataforma possui muitas informações interessantes sobre os gases fluorados.
- **Ajuda na tomada de decisões** - Existem diferentes gases e diferentes tecnologias de tratamento. Os interessados podem escolher entre dois gases, de menor ou maior impacto, e podem saber com antecedência que tecnologias podem ser aplicáveis para separar os componentes das misturas.
- **Poupança de tempo** - As partes interessadas podem encontrar todas as informações necessárias na plataforma digital.
- **Confiança** - A plataforma está em constante atualização. Existem contatos disponíveis para responder a questões das partes interessadas.

O sistema KET4F-Gas é baseado em dois protótipos que foram construídos para a recuperação eficiente de HFC de valor agregado (como o R-32) de misturas de refrigerantes de elevado PAG (R-410A) contidas em equipamento em fim de

vida, para fins de reutilização em novas misturas de refrigerantes ecológicos com baixo PAG. Estes dois protótipos têm por base dois processos de separação avançados diferentes - adsorção e tecnologia de membranas - que fornecem elevados rendimentos e possuem baixos requisitos de energia. Os novos sistemas de recuperação KET4F-GAS para o refrigerante R-410A têm muitas vantagens, pois permitem a reutilização total do F-gas R-32 a baixo custo. Os principais benefícios estão listados aqui.

- **Elevadas taxas de recuperação e pureza:** ambos os protótipos apresentam elevadas taxas de recuperação e permitem atingir purezas de pelo menos 98% em peso para R-32.
- **Baixo custo ambiental:** os novos protótipos são tecnologias limpas cuja análise do ciclo de vida útil revela economia de emissões quando comparada a um caso de referência onde o R-410A não é recuperado.
- **Baixo custo de materiais:** em ambos os casos, as membranas e os adsorventes têm preços baixos no mercado.





O benefício mais importante da utilização destas tecnologias é a possibilidade de recuperação e reutilização do gás R-32, considerando a atual regulamentação europeia que proibirá o fabrico de novos HFC com elevado PAG em equipamentos de refrigeração. Estas tecnologias representam uma alternativa a curto prazo durante a transição para refrigerantes mais novos com PAG mais baixos.

Assumindo um horizonte de tempo de 10 anos, os benefícios em termos de impacto ambiental podem ser resumidos nos seguintes números:

- **Uma quantidade aproximada de 3200kg de R-410A pode ser tratada para separação.**
- O **principal custo ambiental** é em termos de emissões de CO₂, que são baixas, na faixa de **6 e 8 kg de CO₂ emitido por kg de R-32 recuperado.**
- Considerando que o PAG do R-410A é de 2088, a economia ambiental ao evitar a produção **torna esta tecnologia 60-70% mais verde do que qualquer outra alternativa actual.**

Os custos de implementação do sistema KET4F-Gas dependerão do fluxo de refrigerante que precisa de ser tratado por dia. No entanto, em termos gerais, o projeto das unidades de operação não requer equipamentos caros, pois todos os materiais necessários têm baixo custo. Os custos de capital são em função das dimensões da unidade ter de tratar mais ou menos gás. **Os custos operacionais estão na faixa de 32€ por kg de R-32 recuperado.**

Tem perguntas/dúvidas? Contacte-nos!

O KET4F-Gas é um projeto europeu cofinanciado pelo Programa Interreg Sudoeste através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Coordenado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA), a parceria envolve outros 13 parceiros e 6 parceiros associados de Portugal, Espanha, França e dos Emirados Árabes Unidos.

Website: <http://www.ket4f-gas.eu>

E-mail: anab@fct.unl.pt; jmmda@fct.unl.pt.

Phone: (+351) 212948318

Este Manual de boas práticas para a indústria e gestores de resíduos foi desenvolvido sob a coordenação da Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA) e da FCT NOVA.

FCT NOVA, FEUGA, Institut Quimic de Sarrià (IQS), Universidade de Cantabria (UC), Xunta de Galicia, APRIA, EnviEstudos, Universidade de Vigo (UVigo), Univerdade Clermont Auvergne (FRE) e FUNDECYT-PCTEX participaram na preparação e edição deste Manual.

2ª edição. Setembro 2021

PARCERIA



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



FUNDACIÓN EMPRESA - UNIVERSIDAD GALLEGA



PERSONA CIENCIA EMPRESA

UNIVERSITAT RAMON LLULL



جامعة خليفة
Khalifa University



UNIVERSITÉ
DE PAU ET DES
PAYS DE L'ADOUR



UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA



APRIA
systems



mare



FUNDECYT PCTEX



INTERLUN. S.L.



XUNTA
DE GALICIA



FCC ambito



EnviEstudios, S.A.



GESTÃO E RECLPERAÇÃO DE RESÍDUOS, LDA

Universidade de Vigo



European
Recycling
Platform



UNIVERSITÉ
Clermont
Auvergne



Agence De Développement
Econmique Du Sud Bordeaux



PORTAL PORTUGUÊS
DA GESTÃO DE RESÍDUOS



associação sistema terrestre sustentável

PARCEIROS ASSOCIADOS

Interreg 
Sudoe
KET4F-Gas