

FLUIDOS REFRIGERANTES NATURAIS – ÊNFASE EM CO₂

Luís Manoel de Paiva Souza, Universidade Federal de Uberlândia, luismanoel_tap@hotmail.com
Arthur Heleno Pontes Antunes, Universidade Federal de Uberlândia, arthur.h.p.antunes@gmail.com.br
Enio Pedone Bandarra Filho, Universidade Federal de Uberlândia, bandarra@mecanica.ufu.br

Resumo. Este trabalho apresenta o uso de fluidos naturais em sistemas de refrigeração e ar condicionado. Mostra de maneira sucinta o uso da amônia, do dióxido de carbono e dos hidrocarbonetos propano e propileno. A estrutura do trabalho apresenta comparações de valores de ODP e GWP dos fluidos, mostrando que o uso dos fluidos naturais é eficiente e satisfaz os Protocolos de Kyoto e Montreal. Apresenta-se ainda uma análise frente a problemas comuns como, por exemplo, vazamentos e perigos de toxicidade e explosão. Dessa forma, o uso de fluidos naturais tem se mostrado promissor, já tendo no Brasil diversos setores utilizando tal tecnologia, embasando, assim, sua viabilidade em termos econômicos e de sustentabilidade.

Palavras chave: fluidos refrigerantes, CO₂, amônia, propano, propileno.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1834, Perkins utilizou éter etílico como fluido refrigerante em um sistema de refrigeração por compressão de vapor, nascia então o ciclo de compressão do vapor (Ferraz, 2008). Logo após, surgem os fluidos refrigerantes R744 e o R717 que tem como data de utilização os anos de 1850 e 1880, respectivamente. Em contrapartida, o uso dos hidrocarbonetos em comparação com o R744 e o R717 é recente, sendo utilizados no início século XX, sendo o propano utilizado na Alemanha no ano de 1916. Os hidrocarbonetos tiveram atenção especial por volta da década de 90 ainda na Alemanha, mesmo período proposto para a reinserção do CO₂ como fluido refrigerante em ciclos de compressão de vapor pelo professor Gustav Lorentzen (Silva et al, 2013). Nos anos 30 e 40 surgem os CFC's (R12, R11, R113) e nos anos 50 os HCFC's (R22, R502) e foram utilizados de forma maciça em todos os sistemas disponíveis na época até em dias atuais como é o caso do R22.

Com a teoria da destruição da Camada de Ozônio e do Aquecimento Global, surgem os Protocolos de Kyoto e Montreal. No protocolo de Montreal surge a eliminação dos CFC's e HCFC's e no Protocolo de Kyoto a redução dos HFC's, que surgiram como substitutos dos HCFC's e CFC's. Diante do exposto fica evidente a necessidade de utilização de fluidos naturais.

O setor de refrigeração e ar condicionado tem sofrido várias modificações ao longo dos anos, modificações essas que implicam diretamente no uso dos fluidos refrigerantes. Com a utilização dos fluidos refrigerantes halogenados, deparamo-nos com os problemas intensificados pelo uso dos mesmos, tais sejam, efeito estufa e aquecimento global. A ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) publicou um artigo de avaliação "position paper" sobre refrigerantes naturais, destacando as propriedades e o potencial de minimizar os impactos ambientais com seu uso (Peixoto, 2008). Este artigo foca o uso de fluidos naturais, potenciais substitutos dos fluidos degradantes, evidenciando que é possível a utilização completa de tais fluidos.

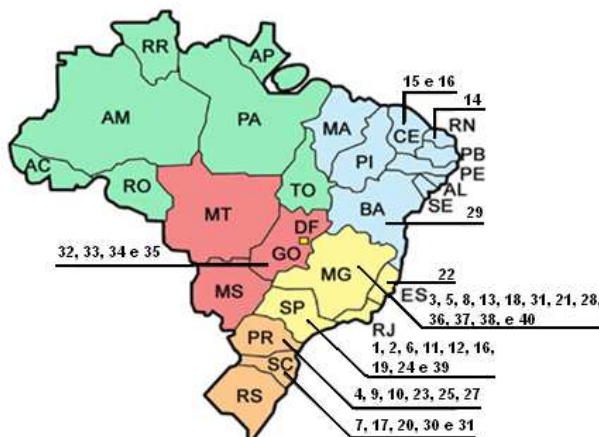
Os fluidos naturais apresentam maior vantagem em relação aos halogenados, pois podem ser dispersos no meio ambiente sem grandes danos. Grande parte das dissipações de fluidos refrigerantes ao ambiente está ligada a vazamentos nos sistemas. Outro fato interessante é que em casos de retrofit não há a necessidade de recolhimento dos fluidos naturais, como ocorre com os demais fluidos, podendo ser dissipados para a atmosfera.

A aplicação de fluidos naturais é vasta, passando desde refrigeradores domésticos até refrigeração industrial. Na Alemanha, os refrigeradores domésticos operam com misturas de Propano e Isobutano enquanto no Brasil ainda não há refrigeradores domésticos operando com hidrocarbonetos, uma vez que a utilização de fluidos naturais no Brasil se dá principalmente nas áreas comerciais e industriais. Na área industrial a predominância é da amônia e na área comercial destaca-se a crescente utilização do CO₂.

O Brasil conta hoje com 40 equipamentos de CO₂ sendo quatro deles utilizados para treinamento (BITZER e CAREL), um utilizado para pesquisa no Laboratório de Energia e Sistemas Térmicos e Nanofluidos – LEST-NANO da UFU e os demais se encontram em aplicações de baixa e média temperaturas no setor comercial. Nas instalações comerciais, predomina-se o uso da configuração subcrítico em cascata que na grande maioria utiliza no lado de alta temperatura R143a ou R404A. O sistema transcrito está em operação no Centro de Treinamentos da Bitzer, segundo Silva e Euzébio (2013) em breve ocorrerá o startup em algumas unidades comerciais, o que deve colocar também o uso de CO₂ em sistema transcrito em evidência no cenário nacional. Dessa forma, os sistemas utilizando CO₂ no Brasil ficarão completos, mostrando que o país possui tecnologia suficiente para o desenvolvimento do setor, haja vista que todos os sistemas em funcionamento no país foram fabricados e instalados por empresas nacionais mostrando o alinhamento à tendência mundial em busca da sustentabilidade.

A Fig.(1) mostra um panorama de distribuição dos equipamentos no Brasil, onde nota-se que a maior quantidade de instalações estão no setor centro-sul, com algumas unidades no nordeste brasileiro. Devido às propriedades físico-

químicas do CO₂ havia certo receio por parte dos instaladores em instalar e operar sistemas com esse fluido em regiões de clima quente. Nota-se a mudança desse cenário devido principalmente à evolução dos equipamentos utilizados e a treinamentos e conhecimentos profundos sobre o assunto, dessa forma, os equipamentos com CO₂ podem ser utilizados em regiões com diferentes condições climáticas.



1	Centro de Treinamento BITZER	16	Supermercado Pão de Açúcar	31	Supermercado Imperatriz
2	Show Room BITZER	17	Supermercado Cooper Garcia	32	Supermercado Maia
3	Supermercado Verdemar (5ª loja)	18	CD Apoio Mineiro	33	Supermercado Maia
4	Hipermercado Condor (33ª loja)	19	Supermercado Tenda Atacado	34	Supermercado Maia
5	Supermercado Verdemar (6ª loja)	20	Supermercado Zoni	35	Supermercado Maia
6	Centro de Treinamento BITZER	21	Super ABC 21 de Abril	36	Supermercado Apoio Mineiro
7	Supermercado Glassi	22	CD Extra Bom	37	Supermercado Apoio Mineiro
8	Centro de Distribuição Verdemar	23	Supermercado Angeloni	38	Supermercado Apoio Mineiro
9	Hipermercado Condor (34ª loja)	24	Supermercado Tenda Atacado	39	Centro de Treinamento Carel
10	Hipermercado Condor (35ª loja)	25	Hipermercado Condor (36ª loja)	40	Laboratório LEST-NANO - UFU
11	Extra Hipermercado	26	Supermercado Compremax		
12	Supermercado Bon Netto	27	Supermercado Angeloni		
13	Supermercado Apoio Mineiro	28	Supermercado Apoio Mineiro		
14	Supermercado Nordestão	29	Frigorífico Frigamar		
15	Supermercado Cometa	30	Supermercado Imperatriz		

Figura 1. Distribuição das instalações de CO₂ no Brasil.

2. FLUIDOS NATURAIS

O grupo de fluidos refrigerantes naturais é abrangente mas, devido às características dos mesmos, somente uma parte deles podem ser utilizados como fluidos de trabalho em sistemas de refrigeração e ar condicionado. São exemplos de fluidos refrigerantes naturais a água, o ar, o CO₂, a amônia, os hidrocarbonetos entre outros. Peixoto (2008) diz que todos os fluidos refrigerantes naturais existem em ciclos materiais da natureza, mesmo sem interferência humana. Segundo Ferraz (2008), o bom fluido refrigerante é aquele que reúne o maior número possível de boas qualidades, relativamente a um determinado fim.

Sabe-se que não existe um fluido completo que satisfaça todos os padrões de refrigeração e ar condicionado, visto que os fluidos possuem limitações quanto ao seu uso devido às suas propriedades físico-químicas. Os fluidos refrigerantes naturais chamam a atenção por serem fluidos que não causam impactos ambientais. Dentre os fluidos refrigerantes naturais com maior número de uso atualmente destacam-se a amônia e o dióxido de carbono que são compostos inorgânicos (sem existência de carbono em cadeias ligados a átomos de hidrogênio), assim, segundo a ASHRAE estes fluidos podem ser classificados da seguinte forma:

Para compostos inorgânicos a nomenclatura começa com a letra R (Refrigerante) seguida do número 7 e do peso molecular da substância.

Amônia = R717

Dióxido de carbono = R744

Para os hidrocarbonetos a regra utilizada para classificá-los é diferente da classificação dos inorgânicos sendo iniciada pela letra R e seguida por:

- Número de átomos de Carbono menos 1
- Número de átomos de Hidrogênio mais 1
- Número de átomos de Flúor

Propano = R290

Propileno = R1270

Diante das classificações desses fluidos, observa-se que o uso de fluidos naturais pode ser chamado de Uso Verde, pois não são agressivos ao meio ambiente. Na Tab. 1 são apresentados os valores do GWP (Potencial de Aquecimento Global) e ODP (Potencial de destruição da Camada de Ozônio) além de nome comercial, composição química, inflamabilidade e toxicidade. Diante desses valores fica evidente a não agressão desses fluidos ao meio ambiente quando comparados com fluidos halogenados, por exemplo, onde estes apresentam valores de ODP baixos, porém altos valores de GWP (na ordem de 1500, ou valores superiores a este). Na mesma tabela observa-se que o dióxido de carbono possui GWP=1 pois o CO₂ é a fonte de comparação para obtenção do GWP dos demais fluidos. Observando os parâmetros dos fluidos verifica-se que o R744 não é inflamável e tem baixa toxicidade, a amônia possui uma inflamabilidade baixa, porém alta toxicidade e que os hidrocarbonetos possuem baixa toxicidade e alta inflamabilidade. Estes fatos não são problemas para a utilização dos mesmos, pois existem normas específicas que devem ser seguidas para o projeto, implantação e utilização destes fluidos.

Tabela 1. Propriedades dos fluidos

Refrigerantes	R717	R744	R290	R1270
Nome comercial	Amônia	Dióxido de carbono	Propano	Propileno
Composição química	NH ₃	CO ₂	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆
ODP	0	0	0	0
GWP	0	1	3	3
Inflamabilidade	Baixa	Não	Alta	Alta
Toxicidade	Alta	Baixa	Baixa	Baixa

- ❖ Destruição da Camada de Ozônio (ODP) – é um índice baseado na referência do R11 (100%), por exemplo, o R22 possui um ODP de 0,05, ou seja, tem potencial de destruição do ozônio de 5% comparado ao R11.
- ❖ Potencial de Aquecimento Global (GWP) é um índice que compara o efeito de aquecimento produzido pelos gases na atmosfera ao longo do tempo (normalmente 100 anos), em relação a quantidades semelhantes de CO₂ (em peso). Por exemplo, 1 kg de R404A liberado na atmosfera produz o mesmo efeito de aquecimento global equivalente a 3620 kg de CO₂.

2.1 Segurança dos sistemas

Os fluidos refrigerantes são divididos em três grupos de acordo com a reação provocada no corpo humano.

- Aqueles com cheiro forte e efeito tóxico agudo:
Amônia, dióxido de enxofre, cloro metano.
- Aqueles que não apresentam nenhum cheiro particular ou efeito tóxico em curto prazo:
Hfc's, HC's, nitrogênio.
- Aqueles que estão envolvidos diretamente no processo respiratório:
Ar, dióxido de carbono.

Todos esses fluidos causam efeitos no corpo humano podendo levar até a morte pela falta de oxigênio através do deslocamento de ar. Quando um gás asfixiante é introduzido em um ambiente fechado, imediatamente o ar será deslocado e forçado a sair na mesma proporção que este gás está sendo introduzido no ambiente. O mesmo acontece com o corpo humano, com a inserção do CO₂ no organismo ocorre à redução do oxigênio.

A inalação da amônia causa tosse, dificuldades respiratórias, inflamação aguda do sistema respiratório, edema pulmonar, retenção de urina, causando irritação nos olhos quando dispersa em ar. No Brasil, o anexo 11 da NR15 determina que no ambiente de trabalho a concentração máxima de amônia é 20 ppm com exposição máxima de 48 horas, acima desses níveis considera-se insalubridade.

No caso do CO₂ deve ser observada a concentração de oxigênio no ambiente, pois é de acordo com esses níveis a resposta do organismo humano.

- 2% - aumento de 50 % na frequência de respiração
- 5% - aumento de 300% no ritmo respiratório, sintomas de dor de cabeça e suor
- 8-10% - dor de cabeça depois de 10 a 15 minutos, enjôos, vertigem, excitação e vômitos
- 18-20% sintomas similares aos de uma trombose “coma seguido de morte”.

Os hidrocarbonetos R290 e R1279 possuem apenas efeitos anestésicos e levemente irritantes às mucosas. No Brasil a NR 15 considera o propano e o propileno como asfixiante simples e não impõem limites de exposição, entretanto o ambiente de trabalho deve garantir uma concentração mínima de 18% em volume de oxigênio.

Segundo o trabalho de Souza et al (2012), a crescente utilização dos fluidos halogenados nas décadas de 60,70 e 80 acabou suprimindo a utilização dos fluidos naturais, que só voltou a ganhar força na década de 90. Os fatores para a queda na utilização dos halogenados são as causas ambientais devido ao ODP e GWP elevados que estes fluidos apresentam. O CO₂ possui diversas características que o torna um fluido especial entre elas o Pull Down (tempo para baixar a temperatura) que neste caso é superior aos halogenados devido a capacidade volumétrica de refrigeração (a 0°C é 22545 kJ/m³) do CO₂ que fica em torno de 5 a 8 vezes maior do que a capacidade do R22, isso significa trabalhar com compressores, componentes e tubulações reduzidos.

O CO₂ possui ainda ótimas características para transferência de calor, além de ser estável química e termodinamicamente. Possui uma excelente miscibilidade com os óleos lubrificantes, o que facilita sua separação e diminui o arraste para o sistema, aumentando consequentemente a transferência de calor nos evaporadores e condensadores.

Não só de vantagens é a operação com CO₂, o mesmo é um fluido de alta pressão, sendo necessário maior segurança do sistema e dos componentes. Esta segurança é realizada através de normas específicas que devem ser seguidas para evitar transtornos futuros. Atualmente, as boas práticas e cuidados desenvolvidos utilizados nos sistemas existentes de refrigeração com CO₂ no Brasil baseiam-se na documentação internacional disponível através de normas americanas e europeias. A comissão de estudos de refrigeração industrial – CE-55:001.04, do CB-55, da ABNT, desenvolveu uma norma brasileira sobre segurança em sistemas de refrigeração, a NBR 16069. A norma está baseada na ANSI/ASHRAE Standard 15-2007 e utiliza as outras normas internacionais como referência para discussão. A norma já está liberada para consulta pública desde 2010. Além disso, é importante e necessário que todo o pessoal técnico do OEM, instalador, cliente final, etc., seja previamente treinado com a tecnologia de CO₂ antes de iniciar os serviços de instalação, operação e manutenção dos equipamentos.

No geral, o uso de tais fluidos é perfeitamente possível, desde que respeitado seu limite de aplicação específico. Quanto à segurança, os fluidos naturais, especialmente os hidrocarbonetos, merecem atenção especial por causa da inflamabilidade, enquanto que a amônia e o CO₂ chamam a atenção para a segurança pessoal. Sendo assim, os fluidos naturais são a tendência para o terceiro milênio, respeitando o meio ambiente e satisfazendo os padrões de refrigeração e ar condicionado.

3. REFERÊNCIAS

- Ferraz, F., “Histórico da Refrigeração/Fluidos Refrigerantes/Ozônio/Processo de Formação/Destruição/ sistemas de refrigeração componentes de um sistema de refrigeração” 2008, Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia, Bahia, Brasil.
- Peixoto, R., A., 2008, “Uso de Fluidos Refrigerantes Naturais Proteção do Ozônio e do Clima” Instituto Mauá de Tecnologia/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, São Paulo, Brasil.
- Silva, A., Euzébio, M., 2013, “Uma Visão a Experiência Obtida na Aplicação de CO₂ na Refrigeração de Supermercados no Brasil”, Anais do XIII Congresso Brasileiro de Refrigeração. Ar Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento do Ar, São Paulo, Brasil.
- Souza, L., M., P., Antunes, A., H., P., Bandarra Filho, E., P., 2012 “CO₂ – sistemas, componentes e aplicações – uma revisão”, Anais do Congresso Internacional de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação, Porto Alegre, Brasil.

4. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.