

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA MÁQUINA RECOLHEDORA DE FLUIDO REFRIGERANTE (R-134A)

ÁLVARO ALMEIRON FEIJÓ¹
CAMILA FOGAÇA DE OLIVEIRA²
LAÉRCIO BERGAMIN³

Resumo: O projeto foi desenvolvido com a finalidade de poupar o descarte livre de fluido refrigerante R-134a na atmosfera. Aplicando conceitos sobre o comportamento do fluido foi construído um protótipo capaz de recolher o fluido durante manutenção de equipamentos de refrigeração. Após o reparo no equipamento é possível reutilizá-lo, atendendo as expectativas impostas no decorrer do projeto. Desta forma, pretende-se evitar desperdícios durante a realização de manutenções em equipamentos de refrigeração e ao meio ambiente, evitando assim um custo desnecessário e favorecendo boas práticas com meio ambiente. Os resultados apresentam análises que mostram seu funcionamento e seu comportamento durante sua utilização.

Palavras-chave: Protótipo. Refrigeração. Fluido.

¹ Graduação – Tecnólogo em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: alvarofeijo2010@hotmail.com

² Mestre – Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. E-mail: camila.oliveira@pr.senai.br

³ Graduação – Tecnólogo em Manutenção Industrial, da Faculdade da Indústria Senai Londrina.

E-mail: alexferreirat@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, percebeu-se um aumento da temperatura média global, devido ao fenômeno de aquecimento global. Entretanto, as atividades humanas são as principais causas desse fenômeno.

Em setores de refrigeração e ar condicionado utilizam-se de fluidos refrigerantes, porém se liberados diretamente ao ar livre são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, devido a componentes químicos e seu alto poder de contaminação. Estima-se que boa parte de gases liberados na atmosfera sejam provenientes de vazamentos devido a manutenção em equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Diversos fluidos refrigerantes como o R-12 e R-22, por muitos anos foram considerados como solução ideal para a refrigeração. Contudo, segundo Bandarra Filho (2011) e Copetti et al. (2004), a partir do início da década de 90 tais fluidos foram substituídos pelo R-134a, por imposição do Protocolo de Montreal, que determinou a substituição de fluidos a base de cloro por fluidos a base de flúor.

A fim de evitar o descarte de fluidos refrigerantes na atmosfera, inicia-se uma busca por alternativas simples, de baixo custo, partindo de princípios básicos de refrigeração.

O conteúdo deste projeto apresenta o desenvolvimento de um protótipo de uma máquina recolhadora de fluido refrigerante R-134a para auxiliar e evitar descarte de fluido durante a manutenção de equipamentos refrigeradores, tais como geladeiras, ar condicionado entre outros.

Por isso, partindo de princípios básicos a respeito da refrigeração e do comportamento do ciclo refrigerante foram aplicadas alterações na linha de fluido de um equipamento. No decorrer do trabalho será apresentado uma solução que torna possível acumular fluido refrigerante ao se realizar manutenção em inúmeros equipamentos que contenha R-134a.

Nas próximas seções, apresentaremos a fundamentação teórica deste trabalho, materiais e métodos utilizados para construção e montagem do protótipo, detalhando o funcionamento e importância de cada um dos componentes implantados de maneira técnica. Por fim, apresentaremos os resultados obtidos por meio de testes e descrição de características de cada uma das etapas do processo de recolhimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para compreender o funcionamento do circuito implantado em um equipamento de refrigeração, sua utilização e operação são necessárias entender o circuito de refrigeração e algumas características do fluido refrigerante R-134a.

2.1 Levantamento histórico da refrigeração

Segundo Ferraz (2008), acredita-se que se tenha iniciado a utilização de refrigeração pelos chineses muitos séculos antes de Cristo ao se retirar gelo das montanhas e dos lagos congelados por intermédio de trabalho braçal e escravo para conservação de peixes e chás em buracos revestidos por serragem e palha. Por sua vez, a civilização egípcia mantinha o frescor dos mantimentos por intermédio da evaporação da água, colocando-os em recipientes de barro.

Mesmo existindo maneiras de conservação de alimentos com gelo não se existiam câmaras que tivessem a temperatura suficiente para estocar os alimentos e as bebidas por tanto tempo como nos dias atuais e mecanismos para a produção de gelo. Neste caso, existia a dependência da natureza para obtenção de gelo para conservação e estocagem de alimentos, acarretando muitos inconvenientes como transporte e pouca durabilidade.

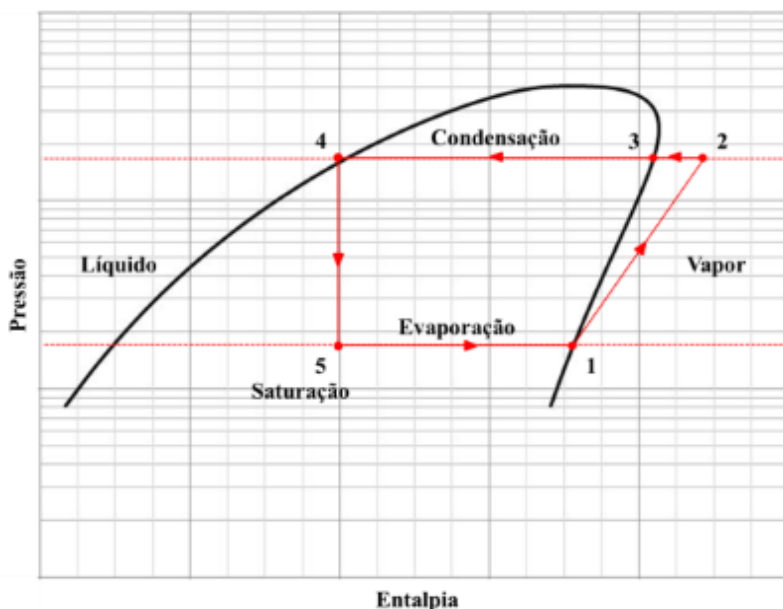
Nesse sentido, em 1834 foi descoberto nos Estados Unidos o primeiro equipamento que produziu gelo de maneira artificial, constituindo a base que é usada hoje em dia nos sistemas de compressão frigorífica. Com paradigmas da época, não se produzia equipamentos em larga escala e nem era utilizado comumente o gelo artificial, por se acreditar que o gelo era prejudicial à saúde.

Em 1890, as condições climáticas e geológicas se encarregaram de diminuir a produção de gelo natural e de quebrar tais paradigmas. Assim, não havendo outras maneiras de se obter gelo necessário, foi utilizado o sistema artificial, provando para a sociedade da época de que não havia problemas com gelo artificial e que o mesmo não acarretava problemas de saúde. Desse período até hoje, foram aperfeiçoados os sistemas que são utilizados mundialmente.

2.2 Fluido refrigerante

Segundo Lauadant (1979, p. 54), chama-se fluido refrigerante “o fluido que tem a propriedade de subtrair calor a um corpo”. O fluido refrigerante R-134a tem características termodinâmicas que variam de acordo com a pressão e temperatura alterando seus estados físicos da matéria (figura 1).

Figura 1: Diagrama p-h de um ciclo de refrigeração



Fonte: Pizarro (2014, p. 33).

Segundo Pizarro (2014), o

Fluido refrigerante entra no compressor como vapor saturado à baixa pressão (1), proveniente do evaporador, e por meio de um processo de compressão isentrópico é descarregado a alta pressão no condensador na forma de vapor superaquecido (2). No condensador, ocorre a rejeição da energia absorvida pelo refrigerante no evaporador e no compressor. Esta energia é inicialmente rejeitada sob a forma de calor sensível à pressão constante (2-3) e, em seguida, sob a forma de calor latente (a pressão e temperatura constantes) até que o refrigerante alcance o estado de líquido saturado (3-4). Então, sob a forma de líquido saturado, o refrigerante inicia sua passagem pelo dispositivo de

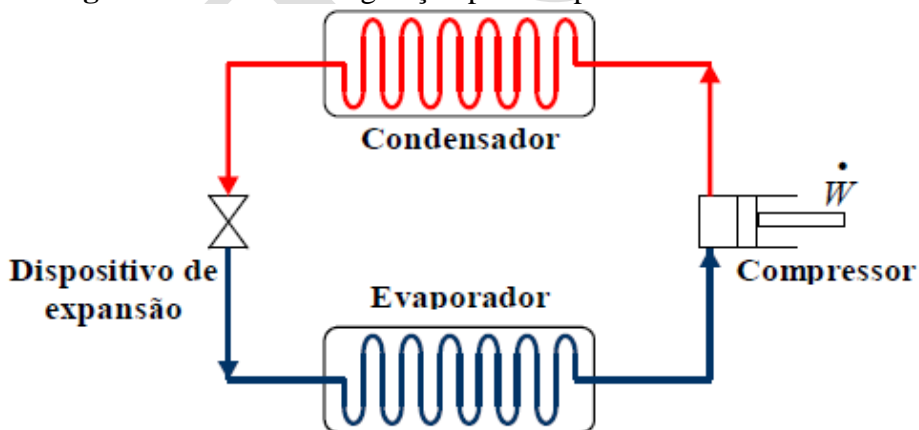
expansão onde tem a sua pressão reduzida até a pressão de trabalho do evaporador (5). Essa expansão permite que ocorra a mudança de fase do refrigerante no evaporador em função da absorção de calor do ambiente a ser refrigerado. (PIZARRO, 2014, p. 32)

Para garantir que as propriedades físicas e químicas do fluido refrigerante não se alterem é necessário utilizar um fluido lubrificante compatível que o mantenha limpo e livre de contaminações, por meio de uma boa vedação entre anéis e parede do cilindro do compressor.

2.3 Circuito da refrigeração

O fluido refrigerante tem propriedades químicas que correspondem as suas alterações físicas (conforme observado na figura 1), sendo submetido a um processo constante em um circuito para atender sua função como equipamento de refrigeração. A figura 2 indica o ciclo de refrigeração.

Figura 2: Ciclo de refrigeração por compressão mecânica



Fonte: Pizarro (2007, p. 3).

É por cada uma das componentes (compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador) que circula o gás refrigerante, atuando na variação da pressão e temperatura do fluido. Podem ser observadas duas linhas de pressão que dividem o circuito em cores, vermelha e azul, vermelha alta pressão, azul baixa pressão.

O ciclo inicia no compressor por meio da sucção de fluido na forma de gás que está no evaporador, comprimindo desde sua saída até o dispositivo de expansão. O condensador submete o gás, que está em alta pressão e temperatura, à um resfriamento por troca de calor com a atmosfera, por meio de um ventilador que força a passagem de ar entre suas aletas. Essa queda de temperatura no gás a alta pressão, faz com que o fluido atinja o seu ponto de condensação mudando seu estado de gasoso para líquido. Esse líquido é forçado a passar pelo dispositivo de expansão, gerando uma resistência a sua vazão pulverizando todo esse líquido ao evaporador. Por sua vez, o evaporador realiza a troca de calor com o ambiente a ser resfriado, pela passagem de ar entre suas aletas e o fluido que está sendo pulverizado sofre uma queda brusca de pressão e de temperatura. A constante troca de calor com ambiente a ser resfriado, que é maior que a do interior da serpentina, faz com que o fluido se evapore voltando ao seu estado gasoso, para assim novamente entrar na sucção do compressor.

Caso ocorra um problema na troca de calor com o condensador, o equipamento perderá eficiência e não terá um aproveitamento ideal de fluido pelo elemento de expansão, não alterando seu estado para líquido. No caso de um problema na troca de calor com o evaporador, o fluido não atinge o seu ponto de evaporação, podendo atingir seu ponto de solidificação, podendo entrar partículas de gelo no compressor, danificando o componente.

2.4 Compressor Hermético

O compressor no circuito decorrente do projeto é um componente de fundamental importância para extração de fluido e para modificação de pressões que alteram o estado físico do refrigerante.

Compressor hermético é um tipo de compressor compacto que possui uma grande estanqueidade e baixa manutenção, cujo motor elétrico e unidade de compressão estão submersos a óleo em seu cárter. Este compressor se encontra no interior de uma única carcaça soldada, refrigerado com o próprio fluido refrigerante, tornando-se um componente de alta durabilidade.

O compressor hermético succiona o fluido de um lugar e aumenta sua pressão em sua câmara de compressão, utilizando a sua linha de sucção para extrair o fluido de onde estiver armazenado. Em seguida, comprime para a próxima etapa de condensação, onde por meio da compressão do fluido na forma gasosa, aumenta relativamente a sua temperatura.

Para o melhor aproveitamento de espaço preenchido pelo fluido no circuito, o ideal é que o fluido esteja na sua forma líquida, aumentando o

poder de refrigeração e facilitando a filtragem. Para isso acontecer é necessário que durante a compressão ocorra trocas de calor que diminuam a temperatura do fluido, atingindo o ponto de condensação.

Na próxima sessão será apresentado os componentes necessários para fazer o procedimento de troca de calor, condensação e armazenamento do fluido.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Componentes utilizados para a construção do protótipo

O compressor utilizado no projeto (figura 3) é um compressor hermético de pequeno porte normalmente encontrado em bebedouros, cuja tensão nominal é de 110 V. Uma válvula foi adaptada na entrada e outra na saída do compressor para facilitar a conexão de mangueiras em suas roscas a gás.

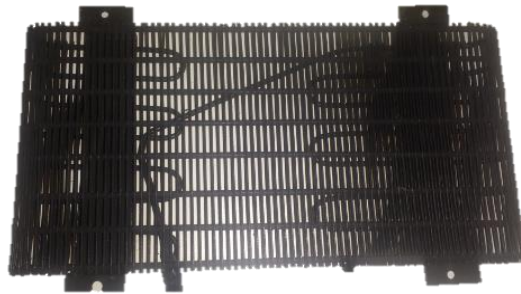
Figura 3: Compressor hermético



Fonte: Dos autores.

O condensador é constituído de uma serpentina de alumínio que disponibiliza a troca de calor com a atmosfera entre suas aletas, onde o fluido gasoso a alta pressão e alta temperatura foi submetido a um resfriamento forçado por um motor ventilador, conforme indica a figura 4. A serpentina do condensador foi doada pela Viação Garcia e extraída da sucata de um bebedouro compacto de um ônibus. Nesta serpentina foram soldadas duas válvulas rosca a gás.

Figura 4: Condensador



Fonte: Dos autores.

O motor que realiza a troca de calor é um motor de corrente alternada bivolt de 1700 rotações, comum em várias aplicações na linha branca, como bebedouros grandes e freezers (figura 5).

Figura 5: Motor ventilador do condensador



Fonte: Dos autores.

O Filtro Danfoss (figura 6) foi retirado de um ar condicionado de um micro-ônibus para absorção de possíveis moléculas de água geradas no processo de refrigeração.

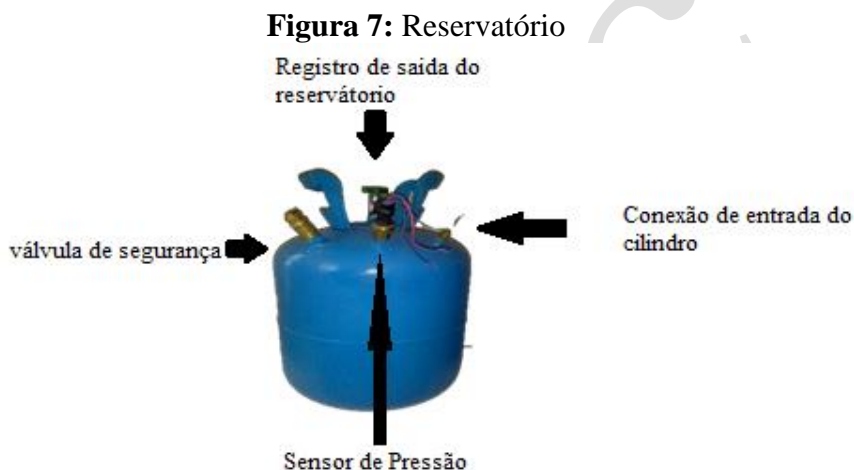
Figura 6: Filtro Danfoss



Fonte: Dos autores.

A unidade de armazenamento é constituído de um cilindro de R-134a vazio com capacidade de 13,6 kg, conforme indica a figura 7. Nesta unidade foi instalada uma válvula de alívio de pressão, uma conexão de entrada e uma conexão para o sensor de pressão.

É possível realizar monitoramento do próprio cilindro e do compressor. Dessa forma o cilindro pode ser substituído quando atingir sua capacidade máxima de acúmulo de líquido. Antes da substituição, é ideal fazer uma limpeza no interior do cilindro para livrar de contaminantes nocivos ao fluido.



Fonte: Dos autores.

A estrutura do protótipo é constituída por cantoneiras de medida 1/8'x1' e chapas de ferro conhecidas como chapas pretas com medida 16, com 4 rodas de plástico. A estrutura é semelhante a um carrinho e possui uma tampa de acrílico que permite a visualização dos componentes, mostrando o percurso do gás no interior das tubulações.

A figura 8 permite a visualização de todos os componentes organizados e de fácil acesso a operação e manutenção, inclusive o vaso de pressão que pode ser substituído quando estiver cheio.

Figura 8: Estrutura do protótipo



Fonte: Dos autores.



Fonte: Dos autores.

Para o acompanhamento da pressão e temperatura do fluido durante sua operação foi instalado uma plataforma Arduino® que permite a visualização dessas duas grandezas em um Display LCD.

3.2 Arduino®

Foi necessário aplicar no projeto um sistema que supervisionasse grandezas de pressão e temperatura, que são muito importantes para seu funcionamento. Para isso, foi escolhido uma placa de desenvolvimento Arduino® Uno R3, que monitora as duas grandezas, apresentando em um display por meio de programação aplicada em seu microcontrolador ATmega 328 (GAIER, 2011).

O Arduino® é uma placa de desenvolvimento de baixo custo e sua plataforma permite a aprendizagem da linguagem de programação de diversos componentes, tais como sensores, displays, shields, motores, pontes e drives. Essa placa é a responsável por converter os sinais enviados pelo sensor de temperatura e sensor de pressão em caracteres apresentados no display 16x2, permitindo o acompanhamento da pressão no cilindro e da temperatura no condensador (figura 9).

Figura 9: Arduino Uno R3



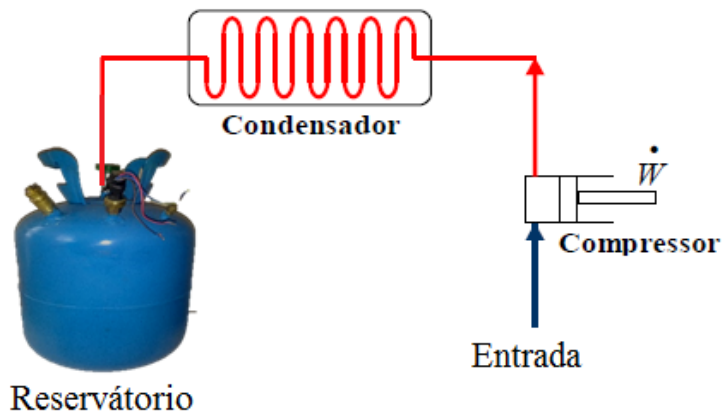
Fonte: Dos autores.

A programação do Arduino® consta no apêndice 1 deste trabalho e serve como base para projetos futuros decorrente do acompanhamento e do uso constante da máquina. Por se tratar de um controle programável pode-se definir e implementar melhorias que facilitem ainda mais a sua operação.

3.3 Alteração no ciclo de refrigeração

O circuito funciona como um refrigerador normal, conforme descrito pela Figura 2, mas ocorre uma alteração em seu circuito, onde o evaporador é substituído pela unidade de armazenamento. A figura 10 apresenta um sistema de ar condicionado automotivo onde apresenta parte dos componentes utilizados no protótipo.

Figura 10: Ciclo de refrigeração utilizado para construção do protótipo



Fonte: Dos autores.

O processo de sucção extrairá o fluido do equipamento. O compressor elevará sua pressão juntamente sua temperatura e, por meio do condensador, haverá troca de calor com a atmosfera. O fluido quente a alta pressão sofre o processo de condensação e, dessa forma, o fluido em estado líquido será armazenado no cilindro.

Na próxima seção a partir de análises e testes de funcionamento mostraremos o funcionamento do protótipo da máquina recolhadora de fluido refrigerante R-134a.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para a realização do projeto de máquina recolhadora de fluido refrigerante (R-134a) é necessário um acompanhamento cauteloso do comportamento desse fluido. Para isso foram realizados testes de funcionamento do circuito para avaliação das condições necessárias de recolhimento.

Inicialmente foi necessário realizar um teste de estanqueidade do circuito da máquina recolhadora, para garantir que a máquina fique livre de vazamentos. Dessa maneira, foi injetado uma pressão de 100 PSI de nitrogênio no protótipo e foi submetido a testes visuais e auditivos. Como não foi percebido vazamento, o circuito ficou pressurizado durante 5 dias. Como resultado foi obtido que a pressão permaneceu a mesma do que a pressão do início do teste.

Em seguida o circuito foi submetido a um teste de vácuo deixando a pressão atmosférica maior do que a pressão interna do protótipo. Durante o período de um dia foi observado no manômetro se as pressões do cilindro e atmosférica iriam se igualar. Como as pressões não se igualaram, o protótipo permaneceu estanque e não apresentou defeito.

Após o teste de vácuo, foi necessário conhecer o comportamento da tensão de acordo com a pressão submetida no interior da unidade de armazenamento. Inicialmente, o sensor estava alimentado a uma tensão de 5 V. O teste foi efetuado entre as pressões de 0 a 120 PSI, coletando os dados de intervalos a cada 10 PSI, conforme indica a tabela 1.

A tabela 1 demonstra a linearidade da tensão de acordo com a pressão inserida no sensor. Nota-se que a cada 10 PSI acrescentado na pressão do cilindro, a tensão aumenta em 0,10 V. Dessa maneira, podemos estabelecer o modelo matemático $V = 0,01P + 0,52$, onde V é a tensão em volts e P é a

pressão em PSI. Nesse caso, obtém-se a informação necessária para a programação do sensor de temperatura na plataforma Arduino®.

Tabela 1: Dados do Sensor (Pressão e Tensão)

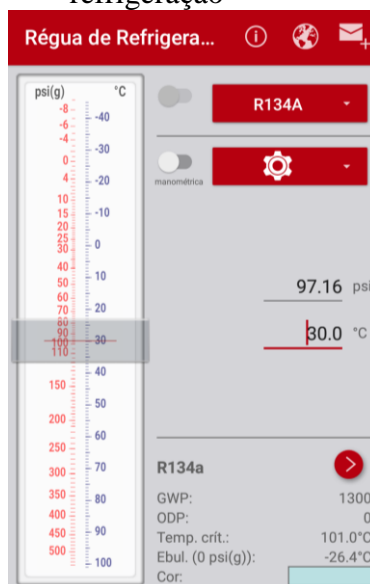
Pressão inserida (PSI)	Tensão obtida no sensor (V)
0	0,52
10	0,62
20	0,72
30	0,82
40	0,92
50	1,02
60	1,12
70	1,22
80	1,32
90	1,42
100	1,52
110	1,62
120	1,72

Fonte: Dos autores

Para conhecer os dados do sensor de temperatura (LM35) foi utilizado o datasheet do componente, onde há informações necessárias a respeito do componente.

A régua de pressão e temperatura disponibilizada pela Danfoss em seu aplicativo Android (Danfoss - Régua de pressão e temperatura – versão 3.5.1) facilita o entendimento da variação de pressão em função da temperatura que ocorre no interior do circuito de refrigeração.

Figura 11: Variação da pressão em função da temperatura em um circuito de refrigeração



Fonte: Aplicativo Android Danfoss - versão 3.5.1

A régua apresentada na figura 11 disponibiliza dados sobre a variação da pressão pela temperatura, informando também dados como temperatura crítica e pressão de ebulição. Ao selecionar algum tipo de fluido refrigerante e preencher algum dos campos de pressão ou temperatura, o aplicativo informa o valor correspondente.

Inserindo a programação no Arduino® ligado ao display LCD foi possível visualizar a pressão e temperatura da máquina com precisão como mostra a figura 12.

Figura 12: Display de visualização LCD



Fonte: Dos autores

Para garantir a precisão do display foram realizados testes comparativos, com o display associado junto com um manômetro e com um termômetro, mostrando os dois valores bem aproximados com os dos componentes de medição. Além disso, a régua de pressão e temperatura disponibilizada Danfoss (figura 11) também demonstra a proximidade dos resultados.

Novamente, após a instalação e teste dos sensores foi efetuado o procedimento de limpeza a vácuo durante o tempo de 3 horas, mas sem a finalidade de teste de estanqueidade. Houve o intuito de eliminar impurezas e contaminantes nocivos ao fluido refrigerante, aumentando a durabilidade do fluido e dos componentes que receberão novamente o R-134a.

4.1 Primeiro experimento: Teste em um equipamento de menor porte

Durante o primeiro experimento foi recolhido o fluido de uma garrafa de 750 g, conforme indica a figura 13. Como esperado foi o suficiente para o fluido aquecer o condensador devido a pressão que se elevou. O tempo de recolhimento foi aproximado de 3 minutos exercendo a pressão de 10 PSI no cilindro.

Figura 13: Cilindro R-134a do primeiro experimento



Fonte: Dos autores.

Após recolher o fluido da garrafa, realizamos a recarga de um equipamento de ar condicionado de um veículo automotivo de um Volkswagen Gol. O equipamento em questão utiliza 450 g de R-134a (figura 14).

Figura 14: Tarjeta de identificação do equipamento do carro



Fonte: Dos autores.

Devido a um vazamento, não havia gás no circuito do carro. Primeiramente foi eliminado o vazamento e efetuado o teste de estanqueidade do veículo, seguido de uma hora de procedimento de vácuo. Nesse contexto, com o veículo nas condições necessárias para receber o novo fluido, o protótipo foi ligado ao ar condicionado do automóvel.

O fluido refrigerante foi enviado do protótipo para o carro pelo registro de saída do cilindro, onde as pressões entre o cilindro e o automóvel se equalizaram. Foi necessário completar o fluido do carro após o procedimento de recarga realizado pelo protótipo, devido a uma grande quantidade de fluido que permaneceu no cilindro.

Neste caso, percebemos que não foi possível devolver 100% do fluido recolhido devido a equalização das pressões, sendo necessária uma quantidade mínima de fluido no reservatório que pode variar de equipamento para equipamento.

Para aprimorar o sistema de devolução do fluido por meio de compressão mecânica foi utilizado um outro compressor para fazer sucção e descarregá-lo no equipamento que está preparado para receber o fluido. Em trabalhos futuros poderia ser utilizada uma válvula comutadora que inverte a entrada e a saída do compressor, que ao invés de realizar sucção do equipamento para a máquina, realiza de forma inversa, da máquina para o equipamento.

De fato, a região da entrada do condensador é uma região com maior temperatura e a região de saída possui menor temperatura. Simulando um defeito de obstrução parcial do filtro foi notado uma temperatura maior do que o previsto na entrada do condensador e uma temperatura menor na saída, verificando que o filtro atuava como dispositivo de expansão e dificultava o

recolhimento, devido a restrição ao fluxo. Boa parte do líquido foi pulverizado devido a essa restrição.

Na próxima seção descreveremos uma análise em um equipamento de maior porte que utiliza uma quantidade maior de R-134a.

4.2 Segundo experimento: Teste em um equipamento de maior porte

Conforme visto anteriormente o equipamento realizou a função de recolher o fluido, mas houve limitações ao devolver o fluido, e por isso foi importante realizar novamente o teste de recolhimento, mas agora em um equipamento de dimensões maiores.

O defeito no equipamento do ônibus era um vazamento de fluido que se perdeu na atmosfera. Antes de iniciar o recolhimento em um ônibus, foi efetuado um novo procedimento de limpeza a vácuo, mas agora utilizando fluido R-141b e nitrogênio para acelerar o processo de vácuo e eliminar partículas de ar atmosférico, umidade, entre outros (figura 15). O procedimento de vácuo deve ser feito toda a vez que o protótipo ficar sem fluido em seu interior.

Em seguida foi iniciado o recolhimento do fluido refrigerante de um cilindro com R-134a, para que fosse efetuado a recarga no equipamento por meio da máquina recolhadora.

Figura 15: Cilindro de R-141b e nitrogênio



Fonte: Dos autores.

No início do processo, por estar tratando de uma quantidade maior de gás, o compressor elevou a pressão no cilindro a aproximadamente 100 PSI e no período de 3 minutos abriu a válvula de segurança. O equipamento ficou desligado durante 30 minutos até estabilizar a pressão em 60 PSI notando

uma certa deficiência no condensador. O condensador utilizado no protótipo não é preparado para o motor de ventilador.

Por questões de segurança, foi efetuado um teste limitando a vazão de entrada da linha de sucção do compressor a 10 PSI (figura 16).

Figura 16: Momento que a vazão foi limitada a 10 PSI



Fonte: Dos autores.

Após a limitação da vazão de entrada, obtivemos os seguintes resultados:

- ✓ A restrição da vazão do compressor contribuiu com a refrigeração do compressor como mostra a figura 16.
- ✓ A válvula do manômetro atuou como elemento expansivo.
- ✓ É notado que o manômetro está formando partículas de gelo por estar diminuindo a pressão na entrada do compressor, conseqüentemente com tempo suficiente para a condensação do fluido em seu condensador.
- ✓ O processo ficou mais lento, mas dessa vez funcional.
- ✓ O protótipo levou cerca de 4 h30 para recolher 4,5 kg de fluido (figura 17), com tempo médio de recolhimento de 1kg/hora que pode variar de acordo com as condições de temperatura ambiente.

Figura 17: Quantidade de fluido



Fonte: Dos autores.

Após o recolhimento de 4,5 kg de gás foi efetuado o reparo do vazamento no ônibus e o mesmo testado, garantindo a estanqueidade do ônibus. Em seguida, foi executado o procedimento de 1h30 de vácuo e efetuado a recarga do ônibus pela recolhedor atendendo as expectativas previstas na máquina.

5 CONCLUSÃO

O protótipo atendeu as expectativas previstas, reforçando conceitos a respeito do comportamento do fluido refrigerante R-134a e do ciclo da refrigeração.

No decorrer do projeto, houveram algumas limitações do protótipo que podem ser aprimoradas, tais como:

- ✓ a utilização de uma válvula comutadora que inverte a saída do compressor para realizar a sucção da unidade de armazenamento para o equipamento que irá receber o fluido recolhido.
- ✓ a instalação de uma válvula limitadora de pressão na entrada do compressor pode otimizar tempo de recolhimento redimensionando o condensador;
- ✓ a troca de condensador por um condensador de cobre com maiores tubulações;
- ✓ a instalação de uma balança para medir a quantidade em quilogramas de fluido que está sendo armazenado;

- ✓ reprogramação do sistema de controle e segurança para automatização da máquina.

O protótipo além de funcional e servir como ferramenta para manutenção, também serve como base para outros projetos como o aprimoramento e análises futuras do comportamento dos fluidos refrigerantes.

O fluido em estudo deste trabalho foi o R-134a e os componentes são dimensionados para a utilização deste fluido, mas o projeto serve como base para a construção de novos protótipos capazes de recolher outros tipos de fluido como R-22, R-12 e outros utilizados em refrigeração domiciliar, comercial e automotiva. Neste caso, podem ser utilizados os mesmos princípios para o recolhimento e podem ser trocados apenas os componentes compatíveis a cada tipo de fluido.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A FLUID HARVESTER MACHINE REFRIGERANT (R-134A)

Abstract

The project was developed in order to save the free disposal of R-134a refrigerant into the atmosphere. Applying concepts of fluid behavior has built a prototype capable of collecting fluid during maintenance of refrigeration equipment. After repairing the equipment you can reuse it, meeting the expectations imposed on the project. Thus, it is intended to avoid waste while carrying out maintenance of refrigeration equipment and the environment, avoiding an unnecessary cost and promoting good practices with the environment. The results provide analysis showing its operation and its behavior during use.

Key-words: Prototype. Cooling. Fluid.

REFERÊNCIAS

BANDARRA FILHO, E. P. Tendências do uso de fluidos Refrigerantes Alternativos em Sistemas de Ar condicionado Automotivo. **Uso de Fluidos Alternativos em Sistemas de Refrigeração e Ar condicionado**. Brasília: MMA, 2011. Disponível em: <<http://protocolodemontreal.org.br/eficiente/repositorio/publicacoes/549.pdf#page=71>>. Acesso em: 06/10/2016.

COPETTI, J. B.; SOUZA, D.; MACAGNAN, M. H.; OLIVESKI, R. C. Análise da evaporação de refrigerantes em tubos lisos e microaletados. **Proceedings of the 10o Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT 2004** Braz. Soc. of Mechanical Sciences and Engineering - ABCM, Rio de Janeiro, 2004.

FERRAZ, F. **Apostila de Refrigeração**. CEFET-BH, 2008. Disponível em: <<https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/09/ref13.pdf>>. Acesso em: 06/10/2016.

GAIER. M. B. **Aprendendo programar em Arduino**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cuiabá. 2011. Disponível em: <<http://www.macchia.com.br/wp-content/uploads/2015/01/aprendendo-a-programar-em-arduino-2011-micael-bronzatti-gaier.pdf>>. Acesso em: 15/09/2016.

LAUADANT, C. A. **Manual prático de Geladeiras**. São Paulo: Hemus, 1979.

PIZARRO R. A. **Influência do óleo Lubrificante na Transferência de Calor em um Compressor Hermético Alternativo**. 2007. 161 f. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PIZARRO R. A. **Modelação da força de adesão em válvulas de compressores considerando fenômenos interfaciais na película de óleo lubrificante**. 2014. 295 f. (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO ARDUINO® UTILIZADA NA MÁQUINA

```
/*  
Projeto Arduino com LCD, sensor de pressao e temperatura  
  
*/  
#include "LiquidCrystal.h"  
#include "Limits.h"  
const int SensorPressao = A0; //Pino analogico que o sensor de  
pressao esta conectado  
const int SensorTemp = A1; //Pino analogico que o sensor de  
temperatura esta conectado.  
  
//variaveis  
int valorSensor = 0;//usada para ler o valor do sensor de pressao.  
int valorSensorTemp = 0; //usada para ler o valor do sensor de  
temperatura.  
int valorSensorP = 0;  
int valorSensorPressao = 0;  
int menorValorTemp = INT_MAX; //usada para armazenar o menor  
valor da temperatura.  
  
//Criando um objeto da classe LiquidCrystal e  
//inicializando com os pinos da interface.  
LiquidCrystal lcd(9, 8, 5, 4, 3, 2);  
  
void setup() {  
  //Inicializando o LCD e informando o tamanho de 16 colunas e 2  
linhas  
  // o tamanho do LCD JHD 162A usado neste projeto.  
  lcd.begin(16, 2);  
}
```

```

void loop() {
  //Lendo o valor do sensor de pressao
  {
    valorSensor = analogRead (SensorPressao);
    valorSensorP = valorSensor - 96 ;
    valorSensorPressao = valorSensorP *= 0.54 ;
    delay (150);
  }

  //Para evitar as grandes variaveis de leitura do componente
  //LM35 sao feitas 8 leituras o menor valor lido prevalece
  menorValorTemp = INT_MAX; //Inicializando com o maior valor
int possivel
  for (int i = 1; i <= 8; i++) {
    //Lendo o valor do sensor de temperatura.
    valorSensorTemp = analogRead(SensorTemp);

    //Transformando valor lido no sensor de temperatura em graus
    celsius aproximados.
    valorSensorTemp *= 0.31;

    //Mantendo sempre a menor temperatura lida
    if (valorSensorTemp < menorValorTemp) {
      menorValorTemp = valorSensorTemp;
    }

    delay(150);
  }

  //Exibindo valor da leitura do sensor de temperatura no display
LCD.{
  lcd.clear(); //limpa o display do LCD.
  lcd.print("Temp: "); //imprime a string no display do LCD.
  lcd.print(menorValorTemp);
  lcd.write(B11011111); //Simbolo de graus celsius
  lcd.print("C");

  //Exibindo valor da leitura do sensor de pressaono display LCD.
  lcd.setCursor(0,1); //posiciona o cursor na coluna 0 linha 1 do LCD.

```

```
lcd.print("Pressao: "); //imprime a string no display do LCD.  
lcd.print(valorSensorPressao);  
lcd.write("PSI: ");  
  
delay(2000); //aguarda 2 segundos  
}
```

e-TEC