

# FABRICAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REFRIGERAÇÃO

*Kelvin Silva Girotto*<sup>1</sup>

*Caio Cezar Neves Pimenta*<sup>2</sup>

## RESUMO

Refrigeração é a ação de resfriar corpos ou fluidos no intuito de manter uma temperatura em perfeitas condições de trabalho ou operação e conservação de gêneros alimentícios. Esse resfriamento é relacionado a componentes de um ciclo de refrigeração, que são: compressor, dois trocadores de calor (condensador e evaporador), válvula de expansão/dispositivo de estrangulamento, e linhas de sucção e descarga do fluido. Com isso, o presente trabalho experimental tem a finalidade de construir um protótipo de refrigeração visando uma economia em relação a condicionadores de ar atuais. Este estudo teve como base a criação de um equipamento para resfriamento de ar por indução forçada com tijolos contidos em uma caixa de isopor, seguindo os princípios da refrigeração, da termodinâmica e das leis aplicáveis. Os objetivos deste projeto incluem diminuir a temperatura de entrada no protótipo em qualquer valor na escala °C, e pode ser observado no decorrer do projeto que quanto melhor o refrigerante utilizado, mais eficiente o protótipo se tornou.

Palavras-chave: Condicionamento de Ar. Refrigeração. Termocontroladores.

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Mecânica

<sup>2</sup> Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UNIRV

# 1 INTRODUÇÃO

Nos primórdios da humanidade, por volta de 2.000 a.C., era necessário para a população chinesa resfriar o chá que produziam em suas colônias através de retirada da camada de gelo que se formava em rios e lagos (COSTA, 2011).

Segundo Gosney (1982), aparentemente a aristocracia dos séculos XVII e XVIII não conseguia sobreviver sem o uso de gelo. Na Índia, os imperadores Moughul usavam gelo para refrigeração durante os rigorosos verões da região de Agra e Delhi.

Em 1906, foi inventado por Willis Haviland Carrier o “aparato para condicionamento de ar”, desenvolvido para desumidificar ou umidificar o ar por meio do aquecimento ou resfriamento de água. Esse dispositivo deu origem ao que é conhecido por muitos anos como ar-condicionado moderno e que hoje é chamado de condicionador de ar (WILLIS H. CARRIER, 1906).

Kobayashi et al. (1990) inventaram um dispositivo que fazia com que o sistema tivesse uma velocidade variável de ventilação, ou seja, regulava a velocidade dos ventiladores de acordo com a temperatura necessária, sendo para aquecimento ou resfriamento, chamado de termostato, que equipa os equipamentos modernos.

Refrigeração é a capacidade de retirar energia em forma de calor de um meio, de um corpo ou de um líquido. A arte de refrigerar consiste na retirada de calor de um meio para outro, ou mesmo de um corpo ou objeto ou de um fluido para o meio externo (ARORA, 2010).

O presente trabalho será dado como ponto inicial de projetos subsequentes e de maior escala e aperfeiçoamento. O protótipo será estudado na condição atual de desenvolvimento, tendo como parâmetros os dados coletados no estado atual do projeto.

## 1.1 OBJETIVOS

Desenvolver um equipamento, conforme descrito na seção Material e Métodos deste trabalho, de baixo custo, baixo impacto ambiental, baixa manutenção e que atenda às demandas da sociedade, visto que o projeto está em fase de melhoramento e desenvolvimento.

O protótipo visa diminuir a temperatura de um determinado ambiente em qualquer valor na unidade graus Celsius (°C).

Este projeto tem como objetivo servir de base para outros estudos relacionados à área de refrigeração e projetos ambientalmente corretos, com baixo custo de investimento, possibilitando o acesso a essa tecnologia para todas as partes da população.

## 1.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Mesin (2005) destacou um comparativo sobre o uso de vários refrigerantes na análise de consumo energético, no impacto ambiental e na emissão de CO<sub>2</sub> utilizando vários refrigerantes no sistema de refrigeração do SABUGA (Sasana Budaya Ganesha Auditorium) na Indonésia, utilizado como local de estudo, visando resultados mais precisos num ambiente real de uso dos equipamentos de refrigeração. No estudo, foram utilizados os refrigerantes propano (R-290), isobutano (R-600a), butano (R-600), difluorometano (R-32), pentafluoroetano (R-125), 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a), 1,1,1-trifluoroetano (R-143a) e 1,1-difluoroetano (R-152a), além de propriedades termodinâmicas como base para o estudo de eficiência de cada refrigerante numa aplicação real.

Melo et al. (2006) dimensionaram uma bancada para testes de corrente de ar e fluxo de refrigerante (água, nesse caso) ajustáveis, com variação de fluxo da corrente de ar e dispositivos para regulação desse fluxo, além de telas no interior da bancada para desaceleração e uniformização da velocidade com que o ar passa pelo sistema, visando estudar as transferências de calor e perda de carga em trocadores do tipo tubo-aleta referente aos refrigeradores no-frost. Do lado do refrigerante, é possível ajustar a temperatura e o fluxo da entrada de água na bancada para que ambas as partes, refrigerante e ar, estejam em fluxo harmônico pelo sistema.

Piucco (2008) desenvolveu um método para analisar a formação de geada nos refrigeradores domésticos por meio de uma câmara, onde era possível controlar a temperatura e a umidade do ar. Ele retirava corpos de prova para análise, de onde conseguiu um parâmetro para formação de geada, em função do tempo de exposição e com base nas leis da física e termodinâmica, estabelecendo um parâmetro para predição da formação de geada nas partes internas dos gabinetes.

Ribeiro et al. (2014) criaram um modelo algébrico de design dos evaporadores do tipo tubo-aleta para facilitar a passagem das massas de ar, as massas de calor e do refrigerante de forma eficaz no sistema, levando em consideração o diâmetro dos tubos-aleta, e sob condições de congelamento. O modelo foi construído de forma que fosse possível estudar os pontos de formação de zonas de congelamento de acordo com a tubulação do sistema. Com isso, foi possível dimensionar um modelo preditivo para futuros evaporadores tubo-aleta. Para otimizar a geometria do evaporador, foi usado um critério de mínima geração de entropia.

Pimenta (2015) propiciou um método para simulação e estudo do refrigerante e do ar do meio externo em evaporadores de refrigeradores frost-free e de condicionadores de ar. Ele levou em consideração vários aspectos para conseguir um modelo numérico deste estudo e utilizou-se da literatura disponível para cruzar dados, de forma que conseguisse um melhor resultado com o decorrer do projeto, utilizando-se de modelos numéricos e de software para a simulação dos problemas encontrados no escoamento.

Kim et al. (2016) realizaram um estudo na Austrália visando conhecer melhor os fatores externos e internos que influenciam no uso dos equipamentos de condicionamento de ar para proporcionar conforto. No estudo, foram utilizados desde aplicativos para smartphones com questionários direcionados até equipamentos de medição avançada para conhecer a fundo a sua utilização. Eles conseguiram, diante dos resultados das pesquisas com mais de 2 mil pessoas e instalando os equipamentos de mensuração em 42 casas, um modelo adaptativo de assessoria de conforto térmico-residencial para aquela região.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para averiguar a capacidade do projeto, construiu-se um protótipo com uma caixa de isopor de 32L (trinta e dois litros) como invólucro, conforme figuras 1 e 3, onde foram instalados quatro coolers com 80mm cada para a indução forçada do ar na tampa superior da caixa, conforme figuras 6 e 7. No seu interior foram posicionados três tijolos de 6 furos com alguns deles preenchidos com água à temperatura ambiente, conforme figura 2, e vedados com manta asfáltica, conforme figura 5, além de uma estrutura feita para que os tijolos não encostem no fundo da caixa, com pedaços de metalon, conforme figura 2, e uma estrutura que tem como função evitar que o ar passe por outro caminho, feita com placas de PVC, conforme figura 8. A saída do ar é direcionada por 2 tubos de 50mm, conforme figura 4. A caixa será

pintada com tinta à base de água, e a tampa, coberta com adesivo para protegê-la de impactos e melhorar a fixação dos coolers. Uma fonte de 12V será a energia para ligar os coolers que se situam na tampa do invólucro, conforme figura 9. O protótipo, conforme figura 10, está sujeito a mudanças no decorrer dos testes, e poderá ser modificado conforme a necessidade e disponibilidade de materiais para o seu funcionamento.

O ar que entra por indução forçada pelos coolers passará pelos tijolos úmidos (estes com apenas alguns furos em aberto; os demais estarão preenchidos com água), fazendo com que o ar que passa pelos tijolos perca calor, dependendo sempre da umidade relativa do meio externo, da temperatura do ambiente em que se encontra o dispositivo de refrigeração, a temperatura ambiente e outros fatores que influenciam direta ou indiretamente no meio (chuva, sol, nevasca, ventania), e saindo com temperatura mais baixa do que quando entrou no sistema.

## 2.1 MONTAGEM DO PROTÓTIPO

**Figura 1 - Caixa de Isopor**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 2 - Estrutura Interna do Projeto**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 3 - Dutos Para Saída do Ar**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 4 - Direcionadores de Ar Montados**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 5 - Tijolo Vedado Com Manta Asfáltica**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 6 - Tampa da Caixa com Coolers Montados**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 7 - Parte Superior da Tampa de Vedação**



**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 8 - Estrutura Interna Completa com Placas de PVC Montadas**



Fonte: Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 9 - Fonte de Alimentação do Sistema**



Fonte: Kelvin Silva Giroto, 2017.

**Figura 10 - Protótipo Pronto para uso**



Fonte: Kelvin Silva Giroto, 2017.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se um total de 6 testes, sendo 2 deles apenas com o ar passando diretamente pelo invólucro e saindo diretamente, 2 testes com água à temperatura ambiente e 2 testes com gelo triturado. Nos testes com ar somente, tivemos temperaturas de entrada de 26,1°C e 25,8°C e de saída de 25,3°C e 25,1°C. Nos testes com água à temperatura ambiente, tivemos temperaturas de entrada de 26,5°C e 26°C e de saída de 24,2°C e 24,6°C. Nos testes finais com gelo triturado, tivemos temperaturas de entrada de 26,2°C e 27,3°C e de saída de 22,1°C e 23,1°C, conforme tabela 1.

**Tabela 1: Testes realizados.**

	Teste	Entrada	Saída
Ar Ambiente	1	26,1	25,3
	2	25,8	25,1
Água	3	26,5	24,2
	4	26	24,6
Gelo Triturado	5	26,2	22,1
	6	27,3	23,1

**Fonte:** Kelvin Silva Giroto, 2017.

### 4 CONCLUSÃO

O protótipo, depois de vários testes, obteve sucesso, pois a temperatura de saída foi menor que a de entrada. Por esse motivo, é considerado totalmente funcional, além de estar dentro das propostas iniciais do projeto, conseguindo baixar a temperatura do ar que entrou no invólucro em até 2,3°C com água à temperatura ambiente em apenas 4 minutos de funcionamento. Algumas sugestões para melhorias de projeto são: criar um dispositivo que faça com que a água que fica no interior dos furos circule pelo sistema, aumentando sua oxigenação e aumentando a eficiência, desenvolver um gel ou outro tipo de refrigerante que

seja ambientalmente correto, visando uma menor manutenção periódica com reposição de refrigerante, utilizar outros materiais para abrigar o refrigerante, como alumínio.

## *MANUFACTURING OF A REFRIGERATION PROTOTYPE*

### **ABSTRACT**

Refrigeration is the action of cooling bodies or fluid, to maintain a temperature in perfect working conditions or operation and conservation of foodstuffs. This cooling is related to components of a refrigeration cycle, which are: compressor, two heat exchangers (condenser and evaporator), expansion valve / throttling device, and fluid suction and discharge lines. With this, the present experimental work has the purpose of constructing a prototype of refrigeration aiming at an economy in relation to today's air conditioners. This study was based on the creation of a forced air induction cooling equipment made of styrofoam with bricks for cooling the air, following the principles of refrigeration, thermodynamics and applicable laws. The objectives of this project include lowering the temperature on the entrance of the prototype in any value in °C, and can be observed that through the development of the project, the best refrigerant used, the more efficient the project became.

Keywords: Air Conditioning. Refrigeration. Thermo-controllers.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARORA, Ramesh Chandra. *Refrigeration and air conditioning*. New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2010. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=iYqwGePXAUC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Air+Conditioning+system&ots=XAifkscJMq&sig=wS3enbR0zGFbxgjA5dRVJPYTOwM#v=onepage&q=Air%20Conditioning%20system&f=false>>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- CARRIER, Willis H. *Apparatus for Treating Air*. US PATENT: 808,897. 1906. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US808897.pdf>> Acesso em: 23 mai. 2017.
- COSTA, Leopoldo. *História da Refrigeração*. Publicado em 01/03/2011. Disponível em: <<http://stravaganzastravaganza.blogspot.com.br/2011/03/historia-da-refrigeracao.html>>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- GOSNEY, W.B. *Principles of Refrigeration*. Cambridge University Press. 1982. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books/about/Principles\\_of\\_Refrigeration.html?id=\\_WV5QgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Principles_of_Refrigeration.html?id=_WV5QgAACAAJ&redir_esc=y)>. Acesso em: 27 mai. 2017.
- KIM, Jungsoo. DEAR, Richard de. PARKINSON, Tom. CANDIDO, Christhina. COOPER, Paul. MA, Zhenjun. SAMAN, Wasim. *Field Study of Air Conditioning and thermal Comfort in Residential Buildings*. 9<sup>th</sup> Windsor Conference: Making Comfort Relevant. 2016. Disponível em: <<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=6368&context=eispapers>>. Acesso em: 28 mai. 2017.
- KOBAYASHI, Shizouka Toyohiro; OTSUKA, Kamakura Nibuo; THOMPSON, Peter; STRATTON, Larry J.; *Air Conditioning System*; US PATENT: 4,948,040. 1990. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US4948040.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- MELO, Cláudio. PEREIRA, Luiz Gustavo. BENG, Joel. *Transferência de calor e perda de carga em evaporadores no-frost*. 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering – ENCIT - ABCM. 2006. Disponível em: <<http://abcm.org.br/anais/encit/2006/arquivos/Refrigeration%20ventilation%20and%20air%20conditioning/CIT06-465.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2017.
- MESIN, Jurnal Teknik. *Analysis of using alternative refrigerants for energy saving in design framework of air-conditioning system*. Volume 20, No. 2. Publicado em outubro de 2005. Disponível em: <<http://journals.itb.ac.id/index.php/jtms/article/download/4950/2702>>.

Acesso em: 26 mai. 2017.

PIMENTA, Paulo Henrique Neves. *Modelo distribuído aplicado à análise de evaporadores do tipo tubo aletado*. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127954?show=full>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

PIUCCO, Robson Olímpio. Análise teórico experimental da formação de geada em refrigeradores domésticos. 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91289>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

REY, Anderson. *Uma breve história da refrigeração no mundo*. Publicado em: 02/08/2014. Disponível em: <<http://refrimaq.org/historia-da-refrigeracao/>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

RIBEIRO, Rafael S.. HERMES, Christian J. L.. *Algebraic modeling and thermodynamic design of fan-supplied tube-fin evaporators running under frosting conditions*. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431114003603>>. Acesso em: 30 mai. 2017.