

ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE AUTOMAÇÃO EM BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO

Juan Pimentel Rocha Pereira Silva (juan.pimentel27@hotmail.com).

Aluno do curso de engenharia mecânica da FAACZ.

Harerton Oliveira Dourado (harerton@fsjb.edu.br)

Professor dos cursos de engenharia da FAACZ

RESUMO

O presente consistiu no estudo para a implementação de um sistema automatizado de coleta de dados para a bancada de refrigeração da FAACZ. O sistema possibilitará a operação remota do equipamento, além do cálculo das propriedades térmicas do ciclo de refrigeração. O sistema automatizado foi baseado em componentes da plataforma Arduino.

PALAVRAS-CHAVE: Refrigeração. Eficiência. Arduino.

1 – INTRODUÇÃO

Recentemente, o MEC realizou uma reformulação das diretrizes curriculares nacionais para o ensino da engenharia, estabelecendo que, entre outras características, os cursos devem proporcionar competências para “analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação” (BRASIL, 2019). O uso de experimentos, portanto, faz parte do dia a dia da formação acadêmica do engenheiro. Esse processo de formação possibilita a exploração de novas tecnologias, como por exemplo a de sistemas digitais para coleta de dados em experimentos acadêmicos (DO AMORIM; DIAS; SOARES, 2015; SAVALL-ALEMANY et al., 2020). Dentre os equipamentos disponíveis nos laboratórios da FAACZ, encontra-se uma bancada de refrigeração e ar-condicionado. Sendo assim, o presente trabalho apresenta proposta de melhoria nessa bancada com a instalação de sistemas digitais para coleta de dados.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Equipamentos de ar-condicionado podem funcionar segundo diferentes esquemas, como, por exemplo, o ciclo de compressão de vapor (STOECKER; JABARDO, 2002). O princípio de funcionamento se baseia em etapas de compressão e expansão de um gás que, são acompanhadas de variações de temperatura; ao passar por trocadores de calor, é possível absorver energia térmica de um ambiente e transferir para outro (MORAN, 2000). Este ciclo, conforme implementado na bancada didática de refrigeração da FAACZ, é ilustrado na figura 1, onde é possível identificar os principais componentes do sistema.

As leituras de pressão e temperatura realizadas nos diferentes pontos indicados na figura 1 permitem, após obtenção dos valores de entalpia em tabelas de propriedades termodinâmicas, a realização dos cálculos de balanço de energia para cada etapa do ciclo, possibilitando a comparação com um ciclo teórico e, portanto, permitindo cálculos de eficiência para o processo. As equações utilizadas no balanço de energia, para o ciclo operando em regime permanente, são listadas a seguir (WYLEN; SONNTAG; BORGNAKKE, 1995), onde os números utilizados como índices equivalem aos números utilizados na figura 1:

$$Q_E = h_3 - h_4 \quad (1)$$

$$W_C = h_1 - h_3 \quad (2)$$

$$Q_R = h_1 - h_2 \quad (3)$$

$$h_4 = h_2 \quad (4)$$

Onde:

Q_E = calor absorvido no evaporador; Q_R = calor rejeitado pelo condensador; W_C = trabalho realizado pelo compressor; h_n = entalpia no ponto n.

Os dados coletados também permitirão o cálculo do coeficiente de performance (COP) do equipamento, conforme a Equação 5 (STOECKER; JABARDO, 2002):

$$COP = \frac{T_3 - T_1}{T_1} \quad (5)$$

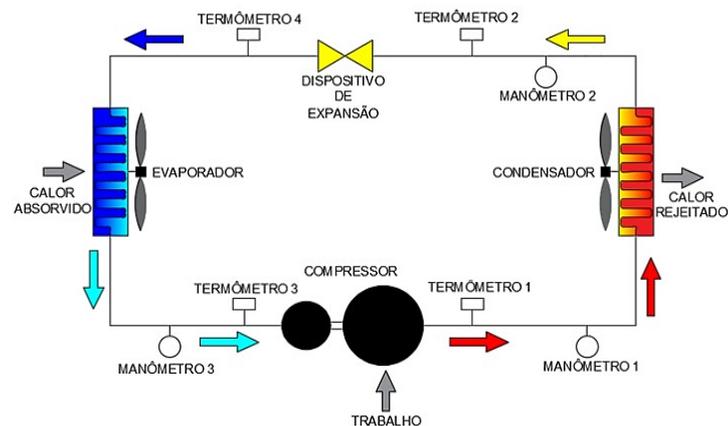


Figura 1: diagrama do ciclo de compressão de vapor empregado na bancada de refrigeração laboratório da FAACZ, com a identificação dos principais componentes. Adaptado de Souza et al. (2020).

Atualmente, a bancada possui instrumentos que indicam os valores instantâneos de pressão e temperatura nos pontos indicados na Figura 1. Entretanto a operação da bancada somente pode ser realizada de maneira presencial, uma vez que não existe nenhum sistema de acionamento e monitoramento remoto. Uma maneira simples de implementar esses recursos é através da utilização de dispositivos baseados na plataforma Arduino.

A plataforma aberta Arduino consiste em um conjunto de códigos (*software*) e placas de circuito (*hardware*) de fácil utilização, que permite a coleta de dados e a execução de instruções baseadas nesses dados (ARDUINO, 2020). Ela permite uma iniciação à utilização de microcontroladores sem a necessidade de muito conhecimento de programação e de eletrônica, o que torna sua utilização vantajosa em ambientes acadêmicos (MARTÍN-RAMOS et al., 2017). Uma busca no portal arduino.cc e em outros sites de internet permite a compra de diversas placas de circuito e sensores, o que permite uma variedade de aplicações.

3 – METODOLOGIA DO TRABALHO

O passo inicial à execução do presente trabalho foi a identificação dos componentes da bancada, que são ilustrados na Figura 1. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa a fim de identificar sensores de pressão e temperatura, bem como as placas de circuito que receberão esses dados. O passo seguinte foi a investigação da possibilidade de transmitir esses dados via internet, a fim de ser possível a monitoração remota do equipamento. Além disso, foi investigada a possibilidade de armazenamento dos dados coletados. Finalmente, foi avaliada uma solução que permitisse o monitoramento remoto do equipamento. Os componentes especificados foram todos cotados através do portal Usinainfo, disponível em www.usinainfo.com.br.

4 – RESULTADOS

4.1 – MEDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA

A leitura da pressão poderá ser realizada com a utilização de sensores do tipo MPX5700AP. Este é um sensor de pressão absoluta, com faixa de medição entre 15 e 700 kPa. A utilização da pressão absoluta

facilita a consulta de dados nas tabelas de propriedades termodinâmicas, eliminando a necessidade da medição adicional da pressão atmosférica local.

Para a medição das temperaturas, poderá ser empregado sensores do tipo DS18B20. Estes sensores possibilitam a ligação de várias unidades em uma mesma porta digital no Arduino, o que para o presente trabalho é uma vantagem, uma vez que são quatro pontos distintos de medição.

4.2 – PLACA CONTROLADORA

A placa a ser utilizada deverá ser a Arduino Due R3, baseada no microprocessador Atmel SAM3X8E, que possui velocidade de 84MHz, memória RAM de até 96 kB e memória *flash* de 512 kB. Esta placa possui duas interfaces USB, sendo uma de uso exclusivo para a ligação com o computador responsável pela programação do microprocessador.

4.3 – INDICAÇÃO DOS DADOS

Para a indicação dos dados lidos pelos sensores, deverão ser utilizados *displays* LCD 16X2

4.4 – ARMAZENAMENTO DOS DADOS

O armazenamento de dados será feito em cartão de memória. Para tanto, deverá ser empregado um módulo Mini SD Card Arduino.

4.5 – TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE WI-FI

A fim de possibilitar a transmissão dos dados dos sensores para um usuário remoto, deverá ser utilizado o módulo ESP8266 ESP 12e - Shield Wifi para Arduino. Este módulo é compatível com os diferentes tipos de rede Wifi comumente utilizadas.

4.6 – COLETA REMOTA DE DADOS

A coleta de dados remota deverá ser realizada com o auxílio de *software* desenvolvido para tal função. Entretanto, sites portais de internet como o Adafruit IO (ADAFRUIT IO, 2020) se comunicam com dispositivos Arduino e permitem a elaboração de *dashboards* com indicações, gráficos e relatório de dados sem a necessidade de programação. Existem opções pagas e opções gratuitas. A utilização de ferramentas como essa auxiliará no desenvolvimento de *softwares* específicos para a bancada da FAACZ.

4.7 – CUSTO DOS COMPONENTES

A lista dos componentes, bem como o preço de aquisição é listado no Quadro 1. Todos os preços foram cotados junto ao portal Usinainfo (USINAINFO, 2020). O custo de aquisição, incluindo o frete, totalizou R\$2 045,30.

Quadro 1: componentes sugeridos para a montagem do sistema de coleta de dados automático para a bancada de refrigeração da FAACZ.

Designação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Sensor de pressão absoluta MPX5700AP	3	161,03	483,09
Sensor de Temperatura DS18B20 à Prova D'Água Rosca G 1/2 com Poço	4	173,44	693,76
Placa Due + Cabo USB para Arduino	1	178,95	178,95
LCD Keypad Shield / Shield Display LCD 16x2 para Arduino	7	43,40	303,80
Mini SD Card Arduino / Mini Leitor Micro SD Card	1	9,45	9,45
ESP8266 ESP 12e - Shield Wifi para Arduino	1	112,99	112,99
Frete para Aracruz, ES			34,79
		Total	2045,30

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho estudou os requisitos para a implantação de um sistema automatizado de coleta de dados para a bancada de refrigeração disponível na FAACZ. O sistema permitirá a coleta e o armazenamento dos dados de funcionamento da bancada, além de possibilitar que estes dados sejam coletados de forma remota. A operação remota da bancada favorece a realização de aulas práticas remotas.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a elaboração do projeto do sistema, com a esquematização de todas as ligações, bem como as instruções de montagem. Também é proposto o desenvolvimento do software de controle do sistema, bem como o software para a coleta e processamento dos dados.

6 – REFERÊNCIAS

ADAFRUIT IO. **Welcome to Adafruit IO**. Disponível em: <<https://io.adafruit.com/>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

ARDUINO. **What is Arduino? | Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 6 nov. 2020.

DO AMORIM, Helio Salim; DIAS, Marco Adriano; SOARES, Vitorvani. Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4310–1, 2015. Disponível em: <www.sbfisica.org.br>. Acesso em: 28 out. 2020.

MARTÍN-RAMOS, Pablo et al. First exposure to Arduino through peer-coaching: Impact on students' attitudes towards programming. **Computers in Human Behavior**, v. 76, p. 51–58, 1 nov. 2017.

MORAN, M J. **Introdução À Engenharia de Sistemas Térmicos: Termodinâmica, Mecânica Dos Fluidos E Transferência de Calor**. [S.l.]: Grupo Gen - LTC, 2000. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=_6CdAQAACAAJ>.

SAVALL-ALEMANY, F et al. Determining the efficiency of a Stirling engine using Arduino: a proposal for teaching thermodynamics in introductory courses. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0279>>. Acesso em: 28 out. 2020.

SOUZA, Marquenis dos Santos et al. **OTIMIZAÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO A VAPOR**. 2020. Faculdades Integradas de Aracruz, 2020.

STOECKER, W F; JABARDO, J M S. **Refrigeração industrial**. [S.l.]: Edgard Blucher, 2002. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=u0jCNAAACAAJ>>.

SUPERIOR., Brasil. Ministério da educação. Conselho Nacional da Educação. Câmara da educação. **Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019 - Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192>. , 2019

USINAINFO. **Arduino, Robótica, Componentes Eletrônicos e Ferramentas - Usinainfo**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/>>. Acesso em: 8 nov. 2020.

WYLEN, Gordn Van; SONNTAG, Richard; BORGNACKE, Claus. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 1995.