

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia de Alimentos

**USO DA PLATAFORMA ARDUINO NO DESENVOLVIMENTO
DE CALORÍMETRO DIDÁTICO**

Jocilane Pereira de Oliveira

Jocilane Pereira de Oliveira

USO DA PLATAFORMA ARDUINO NO DESENVOLVIMENTO DE CALORÍMETRO DIDÁTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Sidney Pereira

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2017

Jocilane Pereira de Oliveira. **USO DA PLATAFORMA ARDUINO NO DESENVOLVIMENTO DE CALORÍMETRO DIDÁTICO**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. William James Nogueira Lima - ICA/UFMG

Prof.^a . Dra. Janaína Teles de Faria - ICA/UFMG



Prof. Dr. Sidney Pereira - Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 06 de Junho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente á Deus pela vida e por ser o suporte semente germinadora que transforma nossos sonhos em realidade.

Ao Professor Sidney Pereira pela orientação, dedicação, incentivo, amizade, minha eterna gratidão.

Agradeço meus pais José Antônio e Laurita pelo amor, apoio e valores transmitidos. As minhas irmãs Jociléia e Leiliane pelo carinho dado.

Ao meu namorado Washington pelo carinho, paciência, por está presente em minha vida nos momentos de alegria e de incertezas me dando forças para superar os desafios.

Aos meus professores do Instituto de Ciências Agrárias pelo amor, paciência, pela partilha de conhecimento, pelos conselhos e ensinamentos para a vida.

À Thaís pela amizade, pela importante ajuda nos trabalhos “principalmente os do Arduino”; Aos colegas e amigos da universidade, em especial à Adriana, Ionara, Vanessa, José Fábio , pela companhia e cumplicidade. E a todos que de alguma maneira cruzaram e colaboraram nesta minha jornada.

“De tudo ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando

A certeza de que é preciso continuar

*E a certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminar;*

Fazer da interrupção um caminho novo,

Fazer da queda um passo de dança,

Do medo uma escola,

Do sonho uma ponte,

Da procura um encontro,

E assim terá valido apenas existir!”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

O elevado custo de manutenção e aquisição dos calorímetros diferenciais isotérmicos é muitas vezes um obstáculo para as instituições de ensino. Diante disso, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um calorímetro de baixo custo utilizando a plataforma Arduino. O sistema construído foi controlado por meio da plataforma Arduino ligado à energia por uma fonte de 9 volts e de 2 sensores DS18B20 conectados na porta digital do mesmo, que coletam as informações da temperatura. O código embarcado no Arduino realiza a leitura dos sensores e envia estas informações já processadas para o *display*. Também possui um agitador acoplado na tampa para uma homogeneização eficiente da mistura em seu interior. A determinação da capacidade calorífica foi realizada com auxílio da equação de balanço de energia. Os resultados demonstraram que o calorímetro construído é viável, apresentando-se preciso, com capacidade calorífica de $16,14 (\pm 0,02) \text{ cal/}^\circ\text{C}^{-1}$, além de apresentar baixo custo em comparação aos calorímetros comumente encontrados no mercado nacional. Desta forma, o equipamento construído é uma alternativa eficiente e econômica para ser utilizada em atividades de ensino e pesquisa.

Palavras-chave: Agitador, calorimetria, display LCD, sensor de temperatura DS18B20.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Vaso calorimétrico, agitador e sensores de temperatura.....	12
Figura 2. Calorímetro	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medida da capacidade térmica do calorimétrico	16
--	-----------

LISTAS DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ROM - *Read Only Memory*

c1= c2 - calor específico da água

m1 - massa de água a temperatura ambiente

m2 - massa de água a temperatura fria

T1 - água a temperatura ambiente

T2 - água a temperatura fria

T3 - água a temperatura de equilíbrio da mistura

Ccal - capacidade calorífica do calorímetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4. CONCLUSÕES	17
5. REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

A calorimetria é uma técnica físico-química que consiste na medição do calor, com aplicação ampla nos diversos campos, especialmente na termodinâmica, usada também em processos industriais para o estabelecimento de condições ótimas de processos, onde a temperatura desempenha papel primordial, como por exemplo, processos de secagem, aquecimento e resfriamento de alimentos (Santos, 2011).

O calorímetro é um aparelho capaz de medir a quantidade de energia trocada entre dois corpos com temperaturas diferentes. É isolado termicamente, com propósito de evitar que a troca de calor do conteúdo interno seja influenciada pelo ambiente externo. As características desse aparelho são definidas de acordo com a natureza do processo, modo de operação, dimensões e/ou material utilizado para sua construção (Santos, 2011).

O elevado custo de manutenção e aquisição de um calorímetro diferencial isotérmico é, muitas vezes, um obstáculo para as instituições de ensino. Diante disto, aparelhos microcontroladores podem ser utilizados para controle, aquisição e processamento dos dados, permitindo a obtenção de maior quantidade de informações, com elevada confiabilidade (Richter *et al.*, 2004).

De acordo com Souza *et al.*, (2011), a plataforma Arduino oferece uma interface de simples programação e passiva aquisição de dados, o que facilita o processo de instalações de sistemas automatizados. Diante disso, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um calorímetro de baixo custo utilizando a plataforma Arduino.

2. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros – MG.

Devido às suas características construtivas, o calorímetro fabricado é do tipo isoperbólico, há uma pequena troca de calor entre o vaso calorimétrico e o meio ambiente (Santos, 2011). É constituído, basicamente, por o vaso calorimétrico, agitador, sensor de temperatura a prova de água DS18B20, plataforma microcontroladora Arduino Uno e *display* LCD.

O vaso calorimétrico utilizado é de formato circular, com capacidade de 0,8 L, com diâmetro de 18 cm e altura de 12 cm. A parte externa é constituída por uma parede de isopor de 2,5 cm de espessura. A parte interna é composta por um vaso de alumínio, para prevenir a propagação de calor por radiação. O recipiente é hermeticamente fechado para que não ocorra troca de calor por convecção. Na tampa estão acoplados o sensor de temperatura e o agitador (Figura1).

Figura 1. Vaso calorimétrico, agitador e sensor de temperatura.



O agitador foi construído a partir de um motor de corrente contínua, modelo RF-300C, com tensão de operação 5,9 V, diâmetro de 25 mm, altura do corpo do motor (sem o eixo) de 14 mm, eixo de 6 mm e peso de 0,0214 Kg. Sua hélice é composta de polietileno com uma haste do mesmo material fixada no motor para formar um sistema livre para girar.

A rotação da hélice foi controlada por meio do controle da corrente elétrica que circula no motor. Para não dificultar o manuseio e garantir o isolamento térmico do sistema o agitador foi instalado na tampa do vaso calorimétrico.

A temperatura da mistura foi medida com o sensor de temperatura a prova de água DS18B20. Trata-se de um dispositivo da série *1-wire™* capaz de medir a temperatura do meio que está inserido, fornece valores digitais de até 12 bits para cada temperatura medida. Este sensor efetua leituras na faixa de -55 °C a 125 °C, com precisão de até ±0,5 °C para as temperaturas compreendidas entre -10 °C a 85 °C e seu tempo de conversão para temperatura é de aproximadamente 200 µs.

O sensor é composto por uma ponta de aço inoxidável (6 mm x 50 mm), com cabo de 108 cm de comprimento. Cada sensor possui um código de identificação único de 64 bits gravado a laser na memória *ROM (Read Only Memory)*. Por meio deste código é possível identificar cada sensor individualmente, e assim pode-se utilizar vários sensores como esse em um mesmo barramento, utilizando uma única porta do microcontrolador, e efetuar a leitura individualmente.

O sistema foi controlado por meio da plataforma Arduino ligado a energia por uma fonte de 9 volts e de 2 sensores DS18B20 conectados na porta digital do mesmo, que coletam as informações da temperatura. O código embarcado no Arduino realiza a leitura dos sensores e envia estas informações já processadas para o *display*.

O Arduino é uma plataforma baseada na linguagem C/C++, a qual é também *open source* e interagem com seu ambiente por meio de *hardware* e *software*. No ambiente de desenvolvimento, são disponibilizadas bibliotecas que permitem o interfaceamento com outros *hardwares*, permitindo o completo desenvolvimento de aplicações simples ou complexas em qualquer área (Souza *et al.*, 2011).

Após as etapas de montagem do calorímetro, foi realizada a determinação da capacidade calorífica utilizando o método de mistura. A metodologia empregada foi uma adaptação dos estudos apresentados por Rodrigues (1998).

As temperaturas das águas utilizadas foram aferidas por meio de dois sensores DS18B20, um para medir a temperatura dentro do calorímetro e outro para medir a temperatura fora. Para tanto, mediu-se 300 mL de água fria em uma proveta que

posteriormente foi armazenada dentro do calorímetro. Na sequência foi adicionado mais 300 mL de água à temperatura ambiente no calorímetro e então a mistura foi agitada até a temperatura permanecer constante, isto é, atingir o equilíbrio térmico. Depois de realizada a medição da temperatura de equilíbrio e da determinação da quantidade de água vertida, realizou-se o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro por meio da equação de balanço de energia.

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{absorvido}}$$

Onde a capacidade térmica do calorímetro é,

$$C = Q / \Delta T \quad (1)$$

e a quantidade de calor cedido ou recebido é

$$Q = mc\Delta T, \quad (2)$$

pode estabelecer a seguinte relação:

$$Q_{\text{água}} = Q_{\text{calorímetro}}$$

(a quantidade de calor cedido pela água é igual à quantidade de calor absorvido pelo calorímetro),

$$c_1 m_1 (T_1 - T_3) + C_{\text{cal}} (T_1 - T_3) = c_2 m_2 (T_3 - T_2) \quad (3)$$

em que,

$c_1 = c_2 =$ calor específico da água ($1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$)

$m_1 =$ massa de água a temperatura ambiente, (g)

$m_2 =$ massa de água a temperatura fria, (g)

$T_1 =$ água a temperatura ambiente, (°C)

$T_2 =$ água a temperatura fria, (°C)

$T_3 =$ água a temperatura de equilíbrio da mistura,

$C_{\text{cal}} =$ capacidade calorífica do calorímetro ($\text{cal} \cdot \text{°C}^{-1}$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O calorímetro construído apresentou bom desempenho, com capacidade de leitura semelhante aos convencionais (Figura 2).

Figura 2. Calorímetro.



O calorímetro desenvolvido apresentou capacidade calorífica de $16,14 (\pm 0,02)$ cal. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (Tabela 1).

Tabela1. Medida da capacidade térmica do calorímetro

$T_2(^{\circ}\text{C})$	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_3(^{\circ}\text{C})$	$m_1(\text{g})$	$m_2(\text{g})$	$c_1=c_2$	$C_{\text{cal}}(\text{cal.}^{\circ}\text{C}^{-1})$
8,61	28	18,05	300	300	1	16,21
8,65	28	18,07	300	300	1	16,24
10,81	28,12	19,24	300	300	1	16,01
9,6	28,12	18,62	300	300	1	15,96
7,2	28,1	17,38	300	300	1	15,91
7,15	29,1	18,55	200	200	1	16,11
7,31	34,07	21,22	200	200	1	16,50
Média capacidade calorífica						16,14
Desvio padrão capacidade calorífica						0,02

Rodrigues (1998) realizou um experimento utilizando calorímetro comercial e um calorímetro caseiro, e obtiveram valores de capacidade calorífica de $19,7 (\pm 07) \text{ cal.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ e $20,74 (\pm 1,07) \text{ cal.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ respectivamente. Verifica-se que o calorímetro desenvolvido neste experimento apresenta melhor isolamento térmico quando comparado aos encontrados na literatura.

O calorímetro proposto tem maior volume interno, 800 mL deste contra 250 mL do comercial EQ053, o que facilita a realização de experiências que envolvam maior quantidade de água e de objetos, quando isso se fizer necessário. Possui também agitador mecânico para uma melhor homogeneização da amostra. Desta forma a utilização do calorímetro controlado com o Arduino aumenta o rendimento das análises laboratoriais uma vez que o sistema é automatizado, sem a necessidade da utilização de termômetros que é menos preciso do que o sensor DS18B20.

Esse equipamento é uma alternativa de baixo custo para a utilização em aulas práticas de física no estudo referente a trocas de calor, calor específico de uma substância, capacidade térmica, entre outros. A utilização do calorímetro não se restringe somente ao ensino, podendo também ser utilizado em pesquisas.

4. CONCLUSÃO

O calorímetro baseado no Arduino demonstrou-se viável, preciso e de baixo custo em comparação aos calorímetros comumente encontrados no mercado nacional. Desta forma, o equipamento construído é uma alternativa eficiente e econômica para ser utilizada durante o ensino e pesquisa.

5. REFERÊNCIAS

- Richter, E. M.; Rocha, R. P. F.; Angnes, L. Multímetro interfaceado de baixo custo para aquisição de dados. *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 313-314, 2004.
- Rodrigues, C. E. L. R. Laboratório calorímetro de baixo custo caseiro. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 15, n. 3: p.319-322, dez. 1998.
- Santos, D. N. Calorimetria no ensino de física com materiais de baixo custo. 85 f. Dissertação (Licenciatura em Física). Departamento de Física. Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, Paraná, 2011.
- Souza, A. R. de. et al. Placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, v. 1, p. 1702, 2011.
- Vuolo, J. H; Furukawa, C. H. Calorímetro didático. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 17, n. 2, 1995.

ANEXO I

Código do Calorímetro

```
// Calorimetro 27/05/2016

//Carrega a biblioteca LiquidCrystal
#include <LiquidCrystal.h>

//Inicializa o LCD e define os pinos que serão utilizados para ligação ao display
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 6

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void)
{

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("JOCILANE'CALORIMETRO");
  sensors.begin();
  sensors.setResolution(12);
  lcd.begin(16, 2);
}

void loop()
{
  // Le as informacoes dos sensores
  sensors.requestTemperatures();
```

```
// Armazena temperaturas do sensor externo e do interno
float Tex = sensors.getTempCByIndex(0);
float Tin = sensors.getTempCByIndex(1);
//Posiciona o cursor na coluna 0, linha 0;
lcd.setCursor(0, 0);
//Envia o texto para o LCD
lcd.print("T_ex=");
lcd.print(Tex);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T_in=");
lcd.print(Tin);
delay(5000);
// -----imprimir na Serial-----
Serial.print("T_in = ");
Serial.print(Tin);
Serial.print(" T_ex = ");
Serial.print(Tex);
Serial.println();
delay(5000);
}
```

ANEXO II

USO DA PLATAFORMA ARDUINO NO DESENVOLVIMENTO DE CALORÍMETRO DIDÁTICO

Jocilane Pereira de Oliveira (Graduanda em Engenharia de Alimentos, UFMG);
 jocilanepereira20@hotmail.com

Sidney Pereira (Professor Dr. do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFMG)
 Thaís Inês Marques de Souza (Graduanda em Engenharia de Alimentos, UFMG)

Resumo: O elevado custo de manutenção e aquisição dos calorímetros diferenciais isotérmicos é muitas vezes um obstáculo para as instituições de ensino. Diante disso, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um calorímetro de baixo custo utilizando a plataforma Arduino. O sistema construído foi controlado por meio da plataforma Arduino ligado a energia por uma fonte de 9 volts e de 2 sensores DS18B20 conectados na porta digital deste, que coletam as informações da temperatura. O código embarcado no Arduino realiza a leitura dos sensores e envia estas informações já processadas para o *display*. Também possui um agitador acoplado na tampa para homogeneização eficiente da mistura em seu interior. A determinação da capacidade calorífica foi realizada com auxílio da equação de balanço de calor. Os resultados demonstraram que o calorímetro construído é viável, preciso, com capacidade calorífica de 16,14 ($\pm 0,02$) cal. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ além de apresentar baixo custo em comparação aos calorímetros comumente encontrados no mercado nacional. Desta forma, o equipamento construído é uma alternativa eficiente e econômica para ser utilizada em atividades de ensino e a pesquisa.

Palavras-chave: Agitador, Calorimetria, Display LCD, sensor de temperatura DS18B20.

ARDUINO PLATFORM USE IN EDUCATIONAL DEVELOPMENT CALORIMETER

Abstract: The high cost of maintenance and acquisition of isothermal calorimeters differential is often an obstacle to educational institutions. Thus, this work was carried out to develop a low cost calorimeter using the Arduino platform. The system built was controlled by the Arduino platform connected to power source by a 9-volt and 2 DS18B20 sensors connected to the analog port of the same that collect temperature information. The code embedded in Arduino performs the reading of the sensors and sends this information already processed for the display. It also has an agitator attached to the cover for efficient homogenization of the mixture within. To determine the heat capacity is achieved using the equation of heat bullet. The results showed that the calorimeter built is feasible, presenting accurate with heat capacity of 16.14 cal. $^{\circ}\text{C}^{-1} \pm 0.02$ and presents low cost compared to calorimeters commonly found in the domestic market. In this way, the machine built is an efficient and economical alternative to be used for teaching and research.

KEYWORDS: Stirrer , Calorimetry , LCD display, Temperature sensor DS18B20.

