

EQUIPAMENTO DIDÁTICO PARA O CONTROLE DA TEMPERATURA DA ÁGUA POR MEIO DA PLATAFORMA ARDUINO

SIDNEY PEREIRA^{1*}, JOCILANE PEREIRA DE OLIVEIRA²; THAÍS INÊS MARQUES DE SOUZA³;

¹Dr. em Agronomia, Professor Adjunto, ICA/UFMG, Montes Claros-MG, sidney@ica.ufmg.br

²Graduanda em Engenharia de Alimentos, ICA/UFMG, Montes Claros-MG, jocilanepereira20@hotmail.com

³Graduanda em Engenharia de Alimentos, ICA/UFMG, Montes Claros-MG, thais_marquess@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Embora exista uma crescente oferta nos cursos de engenharias no País é comum ver nas universidades infraestrutura aquém do necessário para estes cursos, entre diversos outros problemas. O objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um equipamento para fins didáticos no controle da temperatura da água para emprego como banho-maria, por meio da plataforma microcontroladora Arduino e da pastilha Peltier. O recipiente térmico para o armazenamento da água possui volume de 1031 cm³ e a temperatura desejada para a água foi obtida por meio do controle da pastilha Peltier. Esta possui a característica de tanto aquecer como resfriar a água, bastando para isso inverter a polaridade do fluxo da corrente elétrica, por meio de um relé reversível de dois contatos controlados pelo Arduino. O equipamento construído foi capaz de atingir temperaturas variando de 11,1 °C a 91,5 °C. Observou-se que a temperatura mínima está diretamente relacionada à temperatura ambiente, pois o valor mínimo observado está próximo a 10 °C a menos que esta. O equipamento possui grande precisão na manutenção da temperatura, não variando mais que ± 1 °C para temperatura desejada pelo usuário, para uma faixa entre 15 °C e 91,5 °C. Portanto, o equipamento didático proposto para o controle da temperatura da água para emprego como banho-maria foi eficiente, preciso e de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Banho-maria, pastilha de Peltier, sensores de temperatura.

EDUCATIONAL EQUIPMENT FOR WATER TEMPERATURE CONTROL WITH ARDUINO PLATFORM

ABSTRACT: Although there is a growing supply of engineering courses in the country it is common to see the universities below the infrastructure required for these courses, among many other problems. The aim of this study was to develop an equipment for educational purposes in the control of water temperature for use as Bain-Marie, using Arduino microcontroller platform and Peltier cell. The thermal container for the water storage has 1031 cm³ and the desired temperature for the water was obtained through the control of Peltier cell. It has the characteristic of so much heat as cool the water, by reversing the polarity of the electric current flow through a reversible two relay contacts controlled by Arduino. The equipment built was capable of achieving temperatures ranging from 11.1 to 91.5 degrees. It was observed that the minimum temperature is directly related to the ambient temperature, because the minimum value observed is close to 10 °C unless this. The equipment has great accuracy in maintaining temperature, varying no more than ± 1 °C to desired temperature by the user, to a range between 15 °C and 91.5 °C. Therefore, the didactic equipment proposed for the water temperature control use as a Bain-Marie was efficient, precise and inexpensive.

KEYWORDS: Bain-Marie, Peltier cell, temperature sensors.

INTRODUÇÃO

Embora algumas estatísticas revelem um cenário de crescimento no oferecimento dos cursos de engenharias, é comum ver nas universidades a falta de pesquisadores, a infraestrutura aquém do

necessário e salários de docentes incompatíveis (Reis et al. 2012). Disto resulta a necessidade da criatividade e do uso de inovações tecnológicas para a minimização destes fatores, pelo menos no que diz respeito à demanda de equipamentos e ou técnicas destinadas ao ensino nos cursos de engenharias.

Neste contexto, a produção própria de equipamentos didáticos apresenta-se como alternativa viável e estimuladora, tanto no requisito de economicidade quanto de atualização ou busca de soluções inovadoras para os diversos desafios impostos aos graduandos dos cursos de engenharias. O Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), localizado no Campus de Montes Claros-MG, possui seis cursos de graduação, sendo cinco destes na área de engenharia.

Entre os diversos equipamentos demandados pelos laboratórios do ICA encontram-se aqueles destinados ao controle da temperatura de líquidos, conhecidos como “banho-maria”. Este equipamento é largamente empregado em laboratórios quando se necessita de uma temperatura controlada para uma substância sem que esta entre em contato com o líquido de controle (comumente a água).

O uso do banho-maria é amplo e variado. No estudo da atividade antioxidante de frutas do Cerrado, Roesler et al. (2007) utilizaram o banho-maria para aquecer a mistura objeto da pesquisa em temperatura de 50 °C por cinco minutos. Para a caracterização físico-química da erva-mate, Esmelindro et al. (2002) empregaram o banho-maria na determinação do teor de cafeína com amostras mantidas a 80 °C por quinze minutos. Quando da determinação de proantocianidinas em seu trabalho de caracterização dos taninos da aroeira-preta, Queiroz et al. (2002) colocaram a amostra em banho de água a 20 °C por um período de 15 minutos. O equipamento banho-maria encontra diversas aplicações em amplas áreas do conhecimento.

Como alternativa tecnológica para o desenvolvimento de equipamentos e ou novas técnicas tem se popularizado rapidamente o uso de microcontroladores embarcados. Entre estes, com uso cada vez mais frequentes em instituições de pesquisa e ou ensino, a plataforma microcontroladora Arduino. Segundo Perez et al. (2013), desde a sua criação em 2005 a plataforma Arduino vem sendo utilizada em várias aplicações, pois por se tratar de uma plataforma livre e de baixo custo é muito utilizada no ensino, seja de crianças, adolescentes, jovens ou adultos. Com esta plataforma é possível desenvolver dispositivos ou equipamentos para o monitoramento, automação e controle de diversas variáveis e processos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento para fins didáticos no controle da temperatura da água para emprego como banho-maria, por meio da plataforma microcontroladora Arduino.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Campos Montes Claros-MG. De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo AW (clima tropical com estação seca), temperatura média anual de 22,7 °C e pluviosidade média anual em torno de 1029 mm.

O banho-maria foi desenvolvido com seguintes componentes principais: uma marmitta térmica de alumínio totalmente recoberta com isopor como recipiente armazenador do líquido, uma plataforma Arduino Uno, um relé reversível de 2 contatos (12 V, 8 A), sensores de temperatura, uma pastilha Peltier, um cooler de computador acoplado com dissipador de calor e uma fonte de tensão contínua de 12 V com potência de 60 W. Foram empregados ainda diversos componentes eletrônicos e acessórios para prototipagem.

O recipiente térmico utilizado como armazenador da água possui 14 cm de diâmetro interno, 18,5 cm de diâmetro externo (com o revestimento de isopor) e 6,7 cm de altura da parte interna, totalizando um volume útil de aproximadamente 1031 cm³. O isopor do fundo do recipiente foi retirado na medida exata para a que a pastilha Peltier mantivesse contato físico com alumínio, a fim de permitir a troca de calor desta para a água contida no recipiente. Entre o alumínio do recipiente e a pastilha foi utilizada uma fina camada de pasta térmica para assegurar maior efetividade nas transferências de calor.

De acordo com Vogt et al. (2014), ao ser aplicada uma corrente nos terminais da pastilha Peltier, há o surgimento de um gradiente de temperatura entre as suas junções, ou seja, um dos lados da célula resfria enquanto o outro é aquecido. Ainda de acordo com estes autores, o sentido do fluxo de calor não é pré-estabelecido pelas características construtivas do dispositivo, isto é, ele pode ser alterado bastando para tanto que se inverta o sentido da corrente que percorre o circuito.

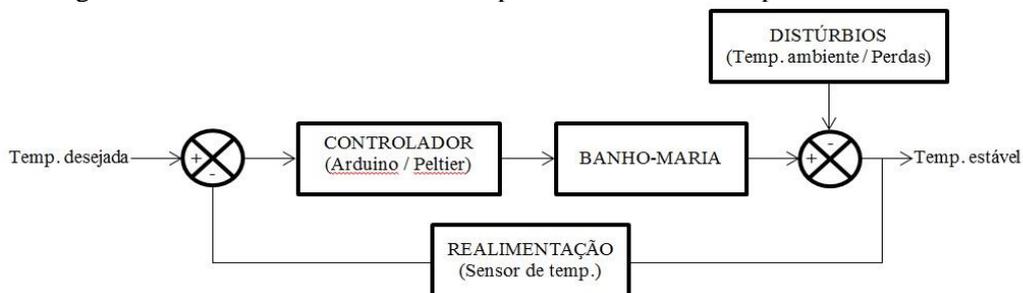
A pastilha Peltier empregada neste trabalho foi a TEC1-12706, possui formato quadrado com 4 cm de lado e 0,4 cm de espessura, com tensão de alimentação em 12 V e com corrente contínua de até 6 A. Segundo o fabricante, esta pode fornecer temperaturas entre -30 °C a superiores a 70 °C, de acordo com as condições locais e de alimentação elétrica. Esta pastilha foi escolhida como elemento base do sistema térmico justamente pela possibilidade do banho-maria poder atender a uma grande diversidade de temperaturas para o líquido de controle, indo de temperaturas acima do ponto de congelamento da água até ao ponto de ebulição desta.

Para o controle da temperatura do banho-maria foi empregado a plataforma Arduino Uno. Este possui a função de permitir o usuário informar a temperatura desejada para o funcionamento do banho-maria e, conforme as condições locais, ligar a pastilha Peltier para aquecer ou resfriar a água do recipiente (isto é, controlando o sentido do fluxo da corrente de alimentação), conforme o desejo do usuário. Para tanto foram empregados dois sensores de temperatura DS18B20 e um LM35. O primeiro era mergulhado na água do recipiente, a fim de verificar se esta se encontra na temperatura desejada pelo usuário e outro para o monitoramento da temperatura ambiente. Já o LM35 foi empregado como dispositivo de segurança para ativar o cooler de resfriamento do lado quente da pastilha Peltier. Como esta possui a função de aquecer ou resfriar a água, nesta última função implica que o lado quente necessita ser resfriado, para que a pastilha não seja danificada. Para tanto foi utilizado um dissipador de calor acoplado a um cooler (comumente utilizado na CPU de computadores).

Para controlar todo o processo foram desenvolvidas as rotinas para a plataforma Arduino. Estas possuem as funções de monitorar as temperaturas ambiente, do cooler e da água de controle do banho-maria e ativar a pastilha Peltier. Este processo pode ser resumido no diagrama de blocos em malha fechada conforme a Figura 1. Na fase de testes estas rotinas ainda armazenavam estes dados em um cartão de memória SD, para posteriores análises.

Os ensaios práticos consistiram em avaliar as temperaturas mínimas, intermediárias e máximas possíveis de serem alcançadas e controladas pelo equipamento desenvolvido e a capacidade de manutenção destas temperaturas. Para tanto, foi utilizado durante todo o ensaio um volume de 500 cm³ de água. Os ensaios perduraram continuamente 24 horas por dia, com leituras de temperaturas a cada 15 segundos por 4 semanas compreendidas entre os meses de abril e maio do corrente ano.

Figura 1. Diagrama de blocos em malha fechada para o controle de temperatura do banho-maria.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na montagem do equipamento (Figura 2) foram encontradas dificuldades para o eficiente resfriamento da água. Quando funcionando neste modo, isto é, resfriando a água do recipiente para temperaturas abaixo da temperatura ambiente, o lado frio da pastilha está em contato com o alumínio do recipiente e o lado quente em contato com o dissipador de calor e o cooler. Entretanto, o calor dissipado pelo cooler aquecia o fundo do recipiente, dificultando o resfriamento da água. Este problema foi resolvido aplicando uma camada de isolante térmico em todo o fundo do recipiente, impedindo assim que o ar quente do cooler o aquecesse.

Na Tabela 1 observam-se os valores para as temperaturas da água e do ambiente simultaneamente, para as condições locais de execução do ensaio. Observam-se também o valor mínimo e máximo possíveis de serem alcançadas com o equipamento desenvolvido.

Devido a taxa de amostragem (15 s) das variáveis monitoradas foram gerados grandes volumes de dados. Resumidamente, observou-se que o equipamento mantinha a água do banho-maria na temperatura desejada pelo usuário com grande precisão e estabilidade, a partir de valores de 15 °C, a depender da temperatura ambiente e demais perdas do sistema. As Figuras 3 e 4 apresentam as

respostas obtidas para as temperaturas desejadas de 25 °C e 70 °C, respectivamente. Nestes ensaios admitiu-se apenas uma variação de ± 1 °C para a temperatura desejada pelo usuário, ou seja, após o equipamento alcançar esta, poderia haver apenas variações de ± 1 °C antes de o sistema de controle ser religado. Para tanto, a pastilha Peltier era ativada pelo microcontrolador Arduino quase que todo o tempo, tanto na função de aquecer como esfriar a água.

Figura 2. Vistas do equipamento didático desenvolvido.



Fonte: dos autores.

Tabela 1. Valores de temperatura da água e do ambiente e modo de funcionamento da pastilha Peltier

Temperatura da Água (°C)	Temperatura Ambiente (°C)	Função da pastilha Peltier
11,1*	20,9	Esfriar
15,0	20,3	Esfriar
25,0	26,9	Esfriar
50,0	24,8	Aquecer
91,5**	19,7	Aquecer

*Valor mínimo alcançado.

** Valor máximo alcançado.

Verificou-se que a temperatura mínima possível de ser alcançada é muito dependente da temperatura externa, ou seja, do ambiente. O mínimo possível de ser alcançado está próximo a 10 °C a menos que a temperatura ambiente, mas também varia em função do uso o não de tampas sobre o banho-maria (perdas de calor). Rocha et al. (2013) empregando o Arduino e pastilha Peltier para a construção de uma mini geladeira conseguiram diminuir a temperatura do ar em até 16 °C da temperatura ambiente em seus trabalhos.

Figura 3. Comportamento do banho-maria para temperatura desejada de 25 °C.

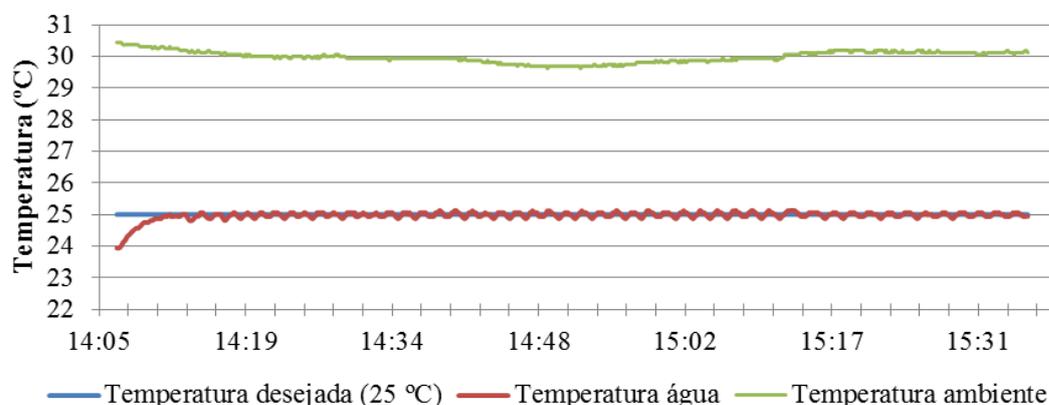
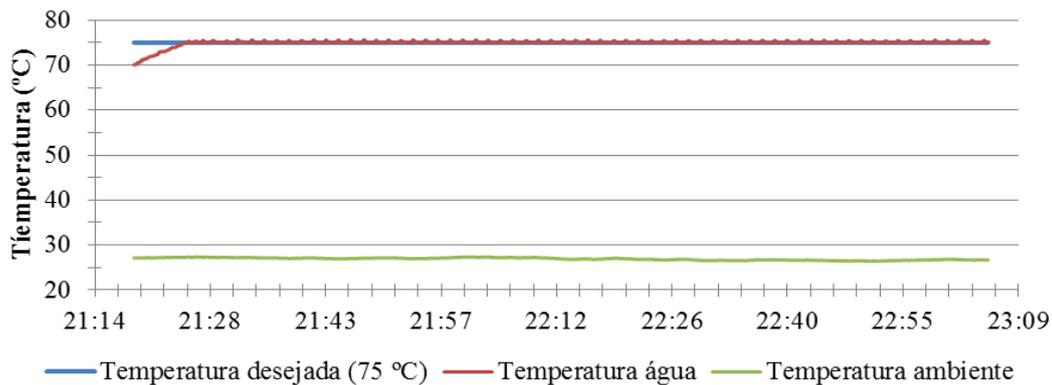


Figura 4. Comportamento do banho-maria para temperatura desejada de 75 °C.



O custo do equipamento didático proposto foi próximo a R\$ 250,00, valor este bem abaixo dos equivalentes encontrados no comércio. Apesar do reduzido volume do líquido de controle (1031 cm³) do equipamento, este possui grande precisão no controle e manutenção da temperatura desejada pelo usuário, seja para baixas ou para altas temperaturas, função esta que a maioria dos equipamentos comerciais para banho-maria não possuem.

O equipamento desenvolvido permitiu empregar o uso da criatividade aliada com as inovações tecnológicas na busca fornecer aos estudantes dos cursos de engenharias do ICA/UFGM ferramentas e meios para as soluções de problemas comuns nas atividades de engenharia. Diversos outros equipamentos didáticos podem ser desenvolvidos com estas ferramentas, atendendo a todos níveis de ensino.

CONCLUSÃO

O equipamento didático proposto para o controle da temperatura da água para emprego como banho-maria foi eficiente, preciso e de baixo custo.

É possível, com este equipamento, obter temperaturas estáveis para a água de até 10 °C abaixo da temperatura ambiente.

O desenvolvimento de equipamentos didáticos estimula a criatividade e a busca por inovações tecnológicas para resolução dos problemas comuns encontrados pelos estudantes de engenharia.

REFERÊNCIAS

- Esmelindro, M. C.; Toniazzo, G.; Waczuk, A.; Dariva, C.; Oliveira, D. Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 22, n. 2, p. 193-204, maio-ago, 2002.
- Perez, A. L. F.; Darós, R. R.; Puntel, F. E.; Vargas, S. R. Uso da plataforma Arduino para o ensino e o aprendizado de robótica. In: *International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning, ICBL' 2013*, Florianópolis, Anais... Florianópolis, 2013.
- Queiroz, C. R. A. A.; Morais, S. A. L.; Nascimento, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 493-497, Agos., 2002.
- Reis, V. W.; Cunha, P. J. M.; Spritzer, I. M. P. A. Evasão no ensino superior de engenharia no Brasil: um estudo de caso no CEFET/RJ. In: *XI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. COBENGE' 2012*, Belém, Anais... Belém, 2012.
- Rocha, J. P. M.; Mendes, M. S.; Medeiros, T. I. O.; Júnior, A. G. C. Um exemplo do uso da ABP na disciplina de instrumentação eletrônica do IFPB – Mini geladeira peltier controlada por Arduino. In: *XII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. COBENGE' 2013*, Gramado, Anais... Gramado, 2013.
- Roesler, R.; Malta, L. G.; Carrasco, L. C.; Holanda, R. B.; Sousa, C. A. S.; Pastore, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 27, n.1, p. 53-60, jan.-mar, 2007.
- Vogt, M. A.; Bazzo, J. P.; Silva, J. C. C. Sistema de condicionamento de temperatura utilizando termoelemento peltier. In: *XIV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica. SICITE' 2009*, Pato Branco, Anais... Pato Branco, 2009.