

## AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DA TEMPERATURA EM UM DEFUMADOR DE PEIXE

Daniele Silva Lima (UNEMAT) daniellyllima@gmail.com  
Kleidmary Evelin Moraes Mejias (UNEMAT) kleidmary.mejias@gmail.com  
Mariana Kássia Nezi (UNEMAT) mariana\_nezi@hotmail.com  
Rodrigo Usizima da Silva (UNEMAT) rodrigo\_usizima@hotmail.com  
Tadeu Miranda de Queiroz (UNEMAT) tdmqueiroz@yahoo.com.br

**Resumo:** Este trabalho foi realizado com o objetivo de apresentar os passos do desenvolvimento de um defumador de peixe que conta com um sistema de controle automático de temperatura e o seu funcionamento. Com o grande avanço tecnológico nas indústrias a automação de operações tem tomado espaço e é responsável por aumentar a eficiência de um processo. Para que a automação deste defumador fosse realizada foi necessário o uso de sensores que lessem as variáveis do processo. No protótipo desenvolvido para defumação de peixe, a variável do processo foi a temperatura e o setpoint de 45°C, permitindo uma variação de mais ou menos 5°C, caracterizando-se como defumação a quente. Para que se obtivesse os valores em graus Celsius fez-se necessário o desenvolvimento de uma curva de calibração. Esta curva gerou uma equação a qual foi utilizada no desenvolvimento do algoritmo que é gravado no microcontrolador, este é responsável por interpretar os comandos que determinam o ligamento ou desligamento do aquecedor, ou seja, ação de controle ON/OFF onde o aquecedor opera continuamente até que o equipamento seja desconectado da fonte de eletricidade. Após a realização de alguns testes o protótipo de defumador operou automaticamente de forma contínua assim como foi programado, podendo ser caracterizado como um equipamento automatizado.

**Palavras-chave:** sensor, microcontrolador, agregação de valor.

## AUTOMATION OF TEMPERATURE CONTROL FOR A FISH SMOKER

**Abstract:** The aim of this study is to present all the steps of the development of a fish smoker and its operation. This smoker prototype has its temperature automatically controlled. Due to the great technological advances, operations automation has been claiming its space and is responsible for increasing the efficiency of a process. For the automation of this smoker to happen, it was necessary to use sensors in order for them to detect and quantify the variables of the process. In the prototype development for smoking fish, the process variable was the temperature and the setpoint was set at 45°C, allowing a variation of 5°C, which is characterized as a hot smoking. In order to obtain the values in degrees Celsius it was necessary to develop a calibration curve. This curve generated an equation, which was used in the development of the algorithm that is recorded in the microcontroller. The microcontroller is responsible for interpreting the commands that determine the start or the shutdown of the heater. This is called ON / OFF control action, which operates continuously until the equipment is disconnected from the electricity source. After conducting some tests, the smoker prototype operated automatically and continuously as well as expected and may be characterized as an automated equipment.

**Keywords:** sensor, microcontroller, value added.

### 1. INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial o homem começou a ser substituído por máquinas no intuito de aumentar a produção para atender a demanda, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir custos (MIRANDA, 2012).

Desde então, a indústria tem adotado, continuamente, métodos para melhorar os processos produtivos. Com o grande avanço tecnológico, a automação foi introduzida nas indústrias e por isso operações que são previamente programadas podem ser realizadas sem a necessidade de um operador, aumentando, assim, a eficiência de um processo (IYUKHIN; HALEY; SINGH, 2001). Por esse motivo, a indústria alimentícia é muito favorecida em termos de qualidade, competitividade e lucro.

Esses métodos são parcialmente responsáveis por assegurar os padrões de qualidade e segurança do alimento. Na indústria alimentícia, pasteurizadores, tanques, homogeneizadores e envasadoras são exemplos de equipamentos automatizados com a utilização de sensores. As variáveis controladas de um processo podem ser temperatura, pressão, vazão, dentre muitas outras.

Os sensores são os responsáveis pela medição de variáveis e de transformá-las em dados digitais. Existe uma grande variedade de sensores que são usados em inúmeros setores industriais e praticamente em qualquer outro lugar, até mesmo em residências (DURAIA; BEALL, 2015).

A calibração de instrumentos de medição, então, é crucial para que uma variável seja monitorada de maneira exata e estável. É uma tarefa difícil, mas necessária devido a existência de ruídos. Isso é ainda mais importante para processos que necessitam de valores mais precisos e exatos (FENG; POTKONJAK, 2005).

Outro aspecto importante a ser considerado para que o controle do processo ocorra bem é a escolha do sensor. Com relação aos sensores disponíveis o de temperatura é de grande importância para controlar vários processos industriais. No caso da defumação, devido ao calor empregado, o sensor de temperatura é o mais adequado.

A defumação é um método tradicional de conservação e tem sido usada desde a antiguidade. No entanto, hoje em dia, não é muito utilizada devido a outras técnicas mais sofisticadas como a refrigeração. A finalidade de seu uso é prover o alimento com aroma, sabor, cor e textura desejáveis. A técnica de defumação agrega valor ao peixe e, assim, pode estimular o seu consumo por oferecer um produto diferenciado já que o consumo brasileiro de peixe é baixo quando comparado ao consumo de outros países (SANTOS, 2007; FRANCO, 2010). Godoy et al. (2010) relatam que o Brasil tem uma média de consumo de 7 a 8 kg/hab/ano, aproximadamente a metade do que a Organização Mundial de Saúde recomenda. Assim, esse quadro poderia ser melhorado utilizando o mecanismo de defumação que é apresentado como uma opção para modificar a forma como os pescados são apresentados aos consumidores (SOUZA et al., 2005).

A serragem usada é responsável por algumas características sensoriais de produtos defumados. Essas características são dependentes do tipo de madeira usada. No entanto, nem todos os tipos de madeiras são aconselhados devido à possibilidade de liberação de toxinas ou outras substâncias (MARQUES; VALENTE; ROSA, 2009).

Esse protótipo pode servir como uma alternativa barata para os pescadores da região de Barra do Bugres agregarem valor aos seus pescados, produtos presentes em abundância na região. Assim a proposta desse trabalho é a elaboração de um protótipo de um defumador de peixe que tem um sistema de controle automático de temperatura.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O protótipo do defumador de peixe foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Deputado Estadual Renê Barbours e parcialmente construído no Laboratório de Automação e Controle (LAC) de Processos da mesma universidade.

Na construção do sistema de controle de temperatura do defumador foi utilizado o Microcontrolador Basic Step (Figura 1.a), este dispositivo possui conversor Analógico/Digital (A/D) com 5 canais de 10 bits, é composto por memória flash, que tem a capacidade de armazenar os dados sem a presença de corrente elétrica, e memória RAM, que é responsável

pela gravação do programa em formato hexadecimal (QUEIROZ; BOTREL; FRIZZONE, 2008). O Microcontrolador é acoplado na matriz (Figura 1.b) que é ligada a uma fonte de alimentação de 9V (Figura 1.c). Esta converte a corrente alternada (AC) para corrente contínua (CC) que é necessária para o funcionamento do sistema.

Utilizou-se uma unidade de relê (Figura 1.d) para produzir modificações predeterminadas no circuito elétrico de saída. Foram também utilizados um transistor BC 548 (Figura 1.e) e dois resistores sendo um de 10k $\Omega$  e outro de 1k $\Omega$  (Figura 1.f).

O contator (Figura 2) foi instalado na sequência o qual é responsável pelo acionamento de outros componentes. No presente protótipo o contator aciona os dois aquecedores que são duas lâmpadas incandescentes de 60W cada. Um LED vermelho foi utilizado na parte exterior do defumador para indicar que os aquecedores estão ligados.

Para a leitura da temperatura foram utilizados dois sensores analógicos de temperatura LM 35 (Figura 2). O sensor apresenta saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele se encontra no momento em que for alimentado por uma tensão de 4-20Vcc, e saída de 10mV para cada Grau Celsius de temperatura. Para que o sensor de temperatura operasse de forma adequada foi necessário realizar a calibração.

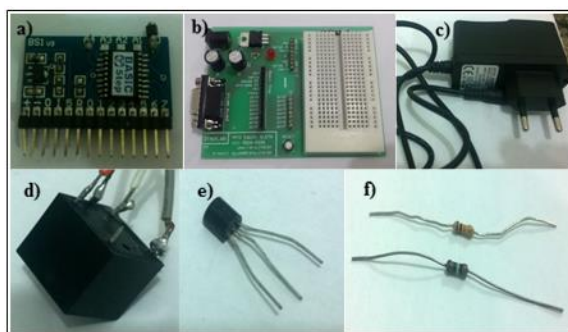


Figura 1 – Componentes utilizados para a montagem do circuito: a) Microcontrolador; b) matriz; c) fonte; d) relê; e) transistor; f) resistor



Figura 2- Contator modelo IEC/EN 60947 e sensor de temperatura LM35

Os dados relacionados a temperatura são mostrados em um display LCD 16x2 (Figura 3). A estrutura do defumador foi construída a partir de pranchas de compensado, foram utilizados também pregos, parafusos, resina epóxi, dentre outros materiais básicos.



Figura 3- Display LCD 16X2

Uma das variáveis mais importantes no processo de defumação é a temperatura, variável do processo. Esta pode ser controlada através da variável manipulada, ligamento e

desligamento do aquecedor. O tipo de operação utilizado é o de malha fechada, onde a média das temperaturas são comparadas com do set point. O resultado determina o ligamento ou desligamento do aquecedor. O processo não necessita de grande precisão, portanto, a ação de controle escolhida é a ON/OFF. O aquecedor, então, opera continuamente até que o aparelho seja desligado. O defumador não controla todo o processo, apenas a temperatura, para isso outras grandezas devem ser controladas e essas variam de acordo com a espécie e espessura dos cortes do peixe.

O protótipo mantém a temperatura interna do defumador entre 40 e 50°C. Segundo Franco (2010) isso caracteriza a defumação a quente, a qual tem o tempo de processo reduzido e melhores características sensoriais. Para isso, dois sensores foram utilizados. Os dados foram interpretados pelo microcontrolador e este ativa ou desativa o atuador.

O defumador foi projetado como mostrado na Figura 4 com sensores LM35 acoplados em duas paredes opostas e os aquecedores nas outras, em diagonal. A parte superior consiste em uma tampa removível com uma chaminé acoplada por onde sai a fumaça. Os demais componentes podem ser observados na Figura 4.

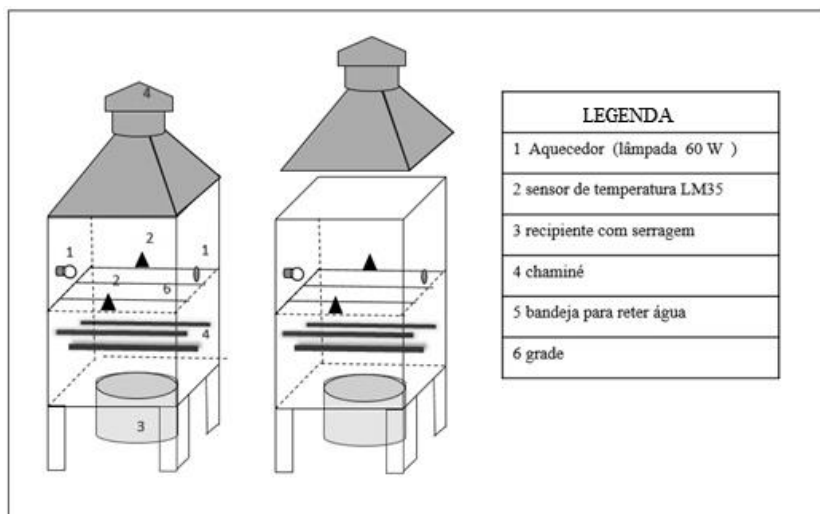


Figura 4- Diagrama de montagem do defumador

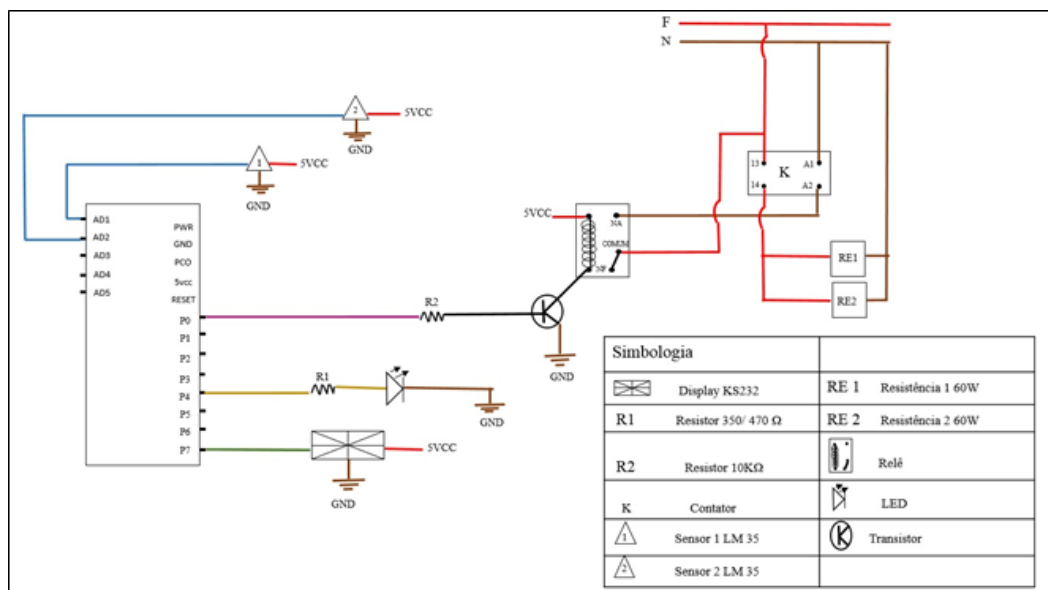


Figura 5- Circuito do controle automático de temperatura em um defumador.

O circuito do controle de temperatura automático é apresentado na Figura 5. Os sensores LM35 foram acoplados no defumador e conectados às saídas A/D do

microcontrolador Basic Step. O relê foi ligado à saída de dados da placa Step Lab por meio de um resistor de 10kΩ. Logo após ao relê, conectou-se o contator, no qual as resistências foram ligadas nas saídas normalmente abertas. Em outra saída de dados, neste caso no pino 4, está o LED que fica aceso quando os aquecedores estiverem ligados. No pino 7 estará o display LCD mostrando a temperatura no interior do defumador.

### 2.1. FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Para que o controle automático de temperatura ocorresse foi necessário o desenvolvimento de um algoritmo, este foi gravado no microcontrolador Basic Step através do software que é um compilador disponibilizado pelo fabricante do Basic Step. Os dados foram enviados através de um cabo DB 25. Após a gravação do algoritmo e o circuito devidamente montando no defumador o controle da temperatura, que é a variável do processo, aconteceu como ilustrado na Figura 6. Basicamente, as temperaturas são lidas 10 vezes e então uma média é calculada, o resultado é mostrado no display em temperatura em graus Celsius. O setpoint do processo é 45°C permitindo uma variação de mais ou menos 5°C. Desta forma quando a leitura for menor que 40°C os aquecedores são ligados no interior do defumador e o LED no exterior. Por outro lado, quando a leitura dos sensores indicar um valor acima de 50°C, os aquecedores são desligados assim como o LED. O protótipo controla a temperatura automaticamente até que o mesmo seja desligado, visto que o tempo de defumação depende das características do produto, tais como tamanho, peso, umidade entre outros.

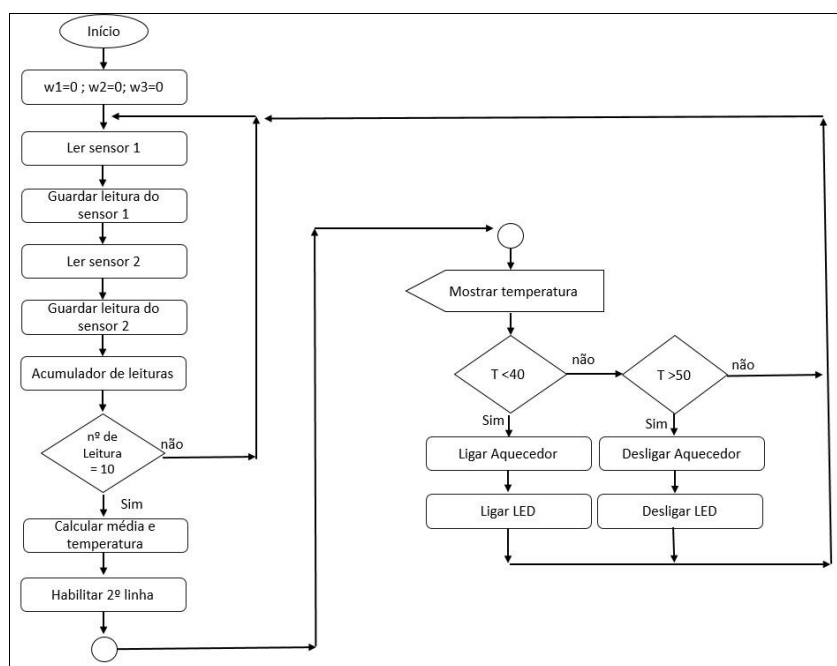


Figura 6- Fluxograma do funcionamento do sistema.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de calibração gerou a equação necessária para a conversão do sinal de saída do sensor, que é em Count, para graus Celsius. A função de resposta pode ser vista na Figura 7. A calibração também garante que os sensores funcionem de forma mais precisa e exata.



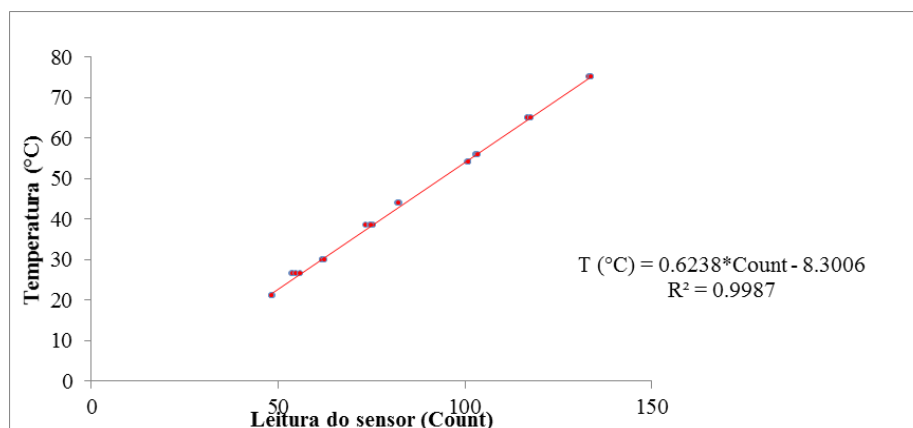


Figura 7- Curva de calibração dos sensores LM35.

O autor é livre para organizar as seções conforme achar necessário. Este documento é apenas um modelo de formatação. A organização fica por conta do autor.

O funcionamento do sistema ocorreu como esperado de forma contínua operando até que fosse necessário o desligamento do mesmo. Ao verificar o desempenho de todos os componentes foi constatado que todos funcionaram de forma satisfatória. A montagem final do circuito para o funcionamento dos sensores e aquecedores é ilustrada na Figura 8. Como pode ser observado o protótipo funcionou e mostrou a temperatura interna no display.

O microcontrolador Basic Step mostrou-se adequado para a utilização em equipamentos cujo processo é contínuo. Após a armazenagem do algoritmo em sua memória, não se faz necessária a verificação frequente de um manipulador. Assim, a ação de controle On/Off foi utilizada com sucesso mostrando uma funcionalidade que satisfaz os requisitos do sistema, ou seja, atuou continuamente até que a ligação com a fonte de energia fosse cessada manualmente. Boufleur et al. (2014) também utilizaram um microcontrolador Basic Step para a realização da ação de controle On/Off em um equipamento de controle automático de nível e temperatura, obtendo resultados efetivos assim como os observados neste estudo. Também é importante considerar que a calibração correta dos sensores evitou interferências e proporcionou mais precisão e exatidão no controle da temperatura.

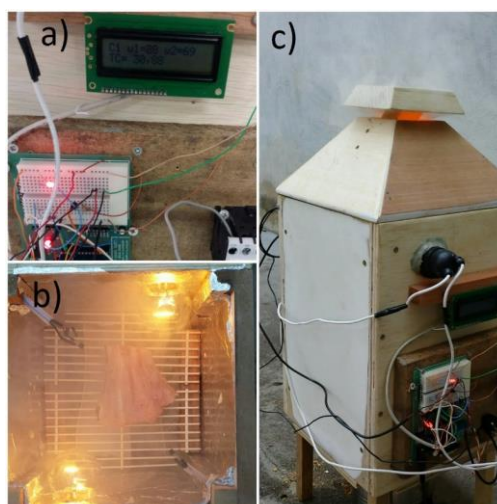


Figura 8- Protótipo finalizado e funcionando: a) display e circuito; b) interior do defumador; c) estrutura do defumador

#### 4. CONCLUSÕES

O protótipo de controle automático de um defumador de peixe, durante os testes, funcionou como desejado. Desta forma, concluiu-se que o protótipo desenvolvido se enquadra como um equipamento de processo de automatizado, sendo eficiente para o controle de temperatura dentro do processo de defumação. O defumador também se mostrou como uma alternativa simples e barata que pode ser usada pelos pescadores.

## REFERÊNCIAS

**BOUFLEUR et al.** *Construção de um protótipo de um tanque para produção de chá com controle de temperatura e de nível.* Revista de Engenharia e Tecnologia. v. 6, n. 3, p. 196-206, dez. 2014.

**DURAIA, E. M.; BEALL, G. W.** *Humidity sensing properties of reduced humic acid.* Sensors and Actuators B: Chemical, v. 220, n. 1, p. 22-26, dez. 2015.

**FENG, J.; POTKONJAK, M.** *Sensor calibration based on external stimulus actuation.* Smart Structures and Materials, v. 5757, p. 564-574, 2005.

**FRANCO, M. L. R. de S. et al.** *Effects of hot and cold smoking processes on organoleptic properties, yield and composition of matrinxá fillet.* Revista Brasileira de Zootecologia, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 695-700, abril 2010.

**GODOY, L. C. et al.** *Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar.* Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, supl. 1, p. 86-89, maio 2010.

**IYUKHIN, S.; HALEY, T. A.; SINGH, R. K.** *A survey of automation practices in the food industry.* Food Control, v. 12, n. 5, p. 285-296, julho 2001.

**MARQUES, A. C.; VALENTE, T. B.; ROSA, C. S. da.** *Formação de toxinas durante o processamento de alimentos e as possíveis consequências para o organismo humano.* Revista de Nutrição, Campinas, v. 22, n. 2, p. 283-293, abril 2009.

**MIRANDA, F. S. M. P.** *A Mudança do Paradigma Econômico, a Revolução Industrial e a Positivização do Direito do Trabalho.* Revista Virtual Direito Brasil, v. 6, n. 1, 2012.

**QUEIROZ, T. M. de; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A.** *Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central.* Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 44-54, mar. 2008.

**SANTOS, L. D. dos et al.** *Avaliação sensorial e rendimento de filés defumados de tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757) na presença de alecrim (*Rosmarinus officinalis*).* Ciências e agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 2, p. 406-412, abril 2007.

**SOUZA, M. L. R. et al.** *Efeito do peso de tilápia no nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele.* Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 1, p. 51-59, mar. 2005.