



## Resumo Expandido

<b>Título da Pesquisa (Português):</b> Sistema embarcado em microcontrolador para controle automatizado da aeração de grãos armazenados		
<b>Título da Pesquisa (Inglês):</b>		
<b>Palavras-chave:</b> Armazenamento de grãos, baixo custo, sistemas embarcados		
<b>Keywords:</b>		
<b>Campus:</b> Formiga	<b>Tipo de Bolsa:</b> PIBIC	<b>Financiador:</b> IFMG
<b>Bolsista(s):</b> Alan Eustáquio Ribeiro, Alex Vantuir Silva Vidal, Flávia Cordeiro Martins		
<b>Professor Orientador:</b> Paulo Dias de Alecrim		
<b>Área de Conhecimento:</b> Sistemas Embarcados		<b>Edital:</b> 156/2013

**Resumo:** O milho é o cereal mais produzido no mundo, e o uso de tecnologias no processo de colheita e armazenamento deste grão vem crescendo muito nos últimos anos. Porém, a tecnologia de termometria empregada no controle de pragas e condicionamento de grãos armazenados atuais é de alto custo e difícil aquisição por pequenos produtores rurais. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um controlador automatizado embarcado em microcontrolador PIC composto de *software* e *hardware* para controle e supervisão da temperatura e umidade relativa do ar no interior de silos metálicos. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, em que, na primeira, realizou-se análise computacional, por meio de simulação. Na segunda, foi feita a avaliação do *software* e *hardware* desenvolvido por meio de teste do equipamento no registro de variáveis de termometria no interior de um silo protótipo e acionamento de equipamentos de aeração, em experimento com 150 Kg de milho com teor de umidade 19% b.u. (base úmida). Nesta etapa foram montados um protótipo de um silo com o sistema de termometria e aeração, e outro sistema somente com sistema de aeração. O protótipo mostrou-se apto a operacionalizar de forma automática o controle de equipamentos de aeração para grãos de milho, a partir de valores recomendados de temperatura e umidade relativa.

**Abstract:** Corn is one of the most grown cereal in the world and in the last years technology is playing a major role in the harvest and storage. However, the thermometry technology used for pest control and grains storage is very expensive which makes it hard for small farms to afford it. Therefore, we aimed to develop an automated controller embedded in a microcontroller PIC with software and hardware that allows control and supervision of temperature and relative humidity within grain bins. The work was done in two steps; in the first one we made the computational analysis using simulation. In the second one, the software and hardware were evaluated testing the equipment by the registry of thermometry variables within in a grain bin prototype and by the activation of airing equipment. A 150kg of corn kernels with humidity of 19% (wet basis) was used. For this step, one grain bin prototype was built with a system of thermometry and airing and another one was built with only airing system. The prototype was capable to automatically control the airing equipment from recommended values of temperature and relative humidity when using corn kernels.

### INTRODUÇÃO:

O setor agrícola é um dos setores que mais crescem no Brasil, sendo o terceiro maior exportador de grãos e um dos principais produtores de grãos no mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos e União Europeia. Segundo a CONAB (2013) a cultura do milho é considerada uma das mais importantes no mundo, sobressaindo-se por ser fonte de energia animal, fonte de alimento humano e como matriz energética em países como os Estados Unidos. O milho se destaca na balança comercial sendo responsável por 38,1% de todos os grãos produzidos, seguido por 29,1% do trigo, e 20,8% arroz, (CONAB, 2013). Estes valores são

consequências principalmente dos avanços tecnológicos deste setor, que traz mais investimentos e proporciona melhorar a qualidade do produto, impulsionando sua comercialização.

Porém, a falta de silos de armazenamento de grãos bem equipados pode provocar a perda do produto. As condições em que os grãos são armazenados é outro agravante deste problema, pois estes precisam ser armazenados dentro de um limite de temperatura e umidade, para manter sua qualidade e evitar a proliferação de pragas nos bolsões de armazenamento.

O atual trabalho se justifica em controlar a temperatura e a umidade relativa dos grãos por meio de elementos sensores eletrônicos ligados a um sistema de aquisição de dados, pois as variáveis meteorológicas no interior do silo de armazenamento são os fatores básicos que afetam a qualidade fisiológica dos grãos. Segundo Ferrasa (2010), os equipamentos mais sofisticados de termometria e controle de aeração para silos chegam a custar na faixa de U\$ 3,800.00 (três mil e oitocentos dólares) a U\$ 5,700.00 (cinco mil e setecentos dólares), ou seja valores muito altos para que um pequeno agricultor possa adquirir um sistema de termometria.

Tendo em vista as necessidades do setor de armazenamento de grãos em disponibilizar nos mercados interno e externo, produtos e serviços competitivos, ou seja, produtos com qualidade a baixo custo, sistemas automatizados para controle e supervisão da aeração em silos graneleiros assumem posição de destaque. Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, desenvolver e implementar um controlador automatizado, composto de *hardware* e *software* embarcado em microcontrolador, para o controle de equipamentos de aeração em instalação de silos graneleiros para armazenamento de milho, a partir de valores recomendados de temperatura e umidade relativa do ar.

Este projeto é uma parceria do Instituto Federal de Minas Gerais com a empresa Porto Mineiro de Grãos, que disponibilizou um silo da empresa para montagem do controlador automático e teste do sistema de termometria e aeração. A montagem do sistema controlador está em andamento, desta forma ainda não dispomos de resultados finais.



**Figura 1** - Silos metálicos de armazenamento da Porto Mineiro de Grãos

## **METODOLOGIA:**

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Eletrônica do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Formiga para modelagem computacional e simulações do sistema de controle. Após a modelagem e testes em bancada, desenvolveu-se dois protótipos de silos metálicos com capacidade de 150 kilos de armazenamento de milho cada. Estes protótipos foram montados com a finalidade de testar o sistema de controle de termometria automatizado proposto, para posteriormente instalar este mesmo sistema em um silo real de armazenamento de grãos de milho da empresa Porto Mineiro de Grãos. Na segunda etapa, foi feita a montagem do hardware e seus periféricos, com base no circuito modelado e simulado.

### **Modelagem e simulação computacional**

A modelagem do sistema foi feita no software Proteus versão ISIS 8.1 SPI Professional, onde foram simulados os sensores e atuadores comunicando com o dispositivo central. Este componente é o microcontrolador PIC da família 18F4520 da *Microchip Technology Inc.*, que executará as instruções contidas no programa responsável pelo controle e automação do sistema de termometria. O microcontrolador PIC é empregado para controlar entradas e saídas de periféricos, como sensores e motores por exemplo.

A programação do microcontrolador 18F4520 foi realizada pelo programa MPLAB IDE v.8.92 do fabricante Microchip Technology Inc., disponível gratuitamente e o compilador utilizado foi o Mikroc Pro 6.5 desenvolvido pela Mikroelektronika, utilizando a linguagem de programação C.

Para monitoramento da temperatura dos grãos no interior do silo foi utilizado sensores termopares, por já serem utilizados pela empresa Porto Mineiro de Grãos, em monitoramentos diários sem automação. Os sensores de temperatura escolhidos são termopares do tipo T que geram sinais de tensão de 0 a 4,27 mV para valores de 0 à 100°C de temperatura.

Como o sinal destes termopares são bem pequenos, utilizou-se um Circuito Integrado (CI) AD595, para amplificação deste sinal e realizar a compensação de junção fria de termopares do tipo T. De acordo com seu fabricante, o AD595 ajusta um ponto de referência em frio com um amplificador para produzir uma saída de 10mV/°C do sinal de saída do termopar tipo T.

Cada pêndulo possui três sensores termopar, desta forma foi necessário utilizar um componente para que os dados sejam enviados a uma única porta do microcontrolador, denominado multiplexador ou seletor de dados para selecionar os sinais de dados dos sensores para serem processados pelo PIC. Optou-se pelo CI multiplexador/demultiplexador modelo 74HC4051 da Philips Semicondutor, que apresenta 8 entradas de seleção que serão conectadas aos sensores de temperatura e uma saída que enviará os dados multiplexados ao PIC.

Os dados mostrados em um display LCD de quatro linhas 16 x 4 para exibir os valores de temperatura (°C). Neste display é possível analisar em tempo real a temperatura no interior do silo e se o sistema de aeração está acionado.

O acionamento dos atuadores via comando do microcontrolador foi feita utilizando o optoacoplador 4N25 acionando-se relés e contator para acionamento do motor. O optacoplador é utilizado para proporcionar isolamento eletromagnético entre o PIC e os atuadores. A figura 1 apresenta o esquemático da simulação do sistema de termometria automatizado proposto.

### **Montagem do Protótipo**

Foi montado dois protótipos do silo pulmão, e instalados em uma área aberta do Instituto Federal de Minas Gerais Campus Formiga, cada protótipo com capacidade de 150 kg cada. O primeiro protótipo montado possui as mesmas características do silo pulmão sem o sistema de termometria, enquanto o segundo protótipo apresenta o sistema de termometria para a realização dos testes.

Os testes do sistema eletrônico foram realizados no laboratório de Eletrônica do Instituto Federal Campus Formiga, sendo testados o sistema de termometria com sistema de aeração, para posteriormente realização dos testes do sistema de termometria acoplado ao protótipo do silo de grãos de milho.

O monitoramento do protótipo sem o sistema de termometria foi feito por meio de um Termohigrômetro Digital modelo MTH-1362W da fabricante Minipa, com faixa de precisão de  $\pm (0,1\% + 1^\circ\text{C})$ . O sensor do aparelho de medição também é um termopar, porém do tipo K. A fabricante oferece uma interface no qual foi utilizada para monitoramento em tempo real do protótipo, a fim de comparar os resultados da variação de temperatura do protótipo sem o sistema de termometria-protótipo com sistema de termometria.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foi instalado um cabo pêndulo contendo um sensor termopar tipo T, para conexão com a unidade eletrônica de aquisição de dados do protótipo com monitoramento. O sensor foi disposto na região central da massa de grãos, pois é a região de valores máximos de temperatura dos grãos. O protótipo com sistema de termometria e o protótipo sem sistema de termometria são mostrados na Figura 1.



**Figura 2** - Protótipos do sistema de termometria

Os testes realizados com o protótipo foram satisfatórios, o sistema atuou conforme foi programado para operar, contudo no momento em que os testes foram feitos o clima não estava propenso para grandes

valores e variações de temperatura. O projeto está em fase de testes, portanto não há resultados finais a serem apresentados.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:**

CONAB. (Setembro de 2013). Milho. *Perspectivas para a agropecuária vol.1 2013/2014*, pp. 122-133.

Ferrasa, M. (2010). SISTEMA DE MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE EM SILOS GRANELEIROS VIA RADIOFREQUENCIA (RF). *Revista Energia na Agricultura*, p.139-156.

**AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos ao IFMG *campus* Formiga pelo apoio e concessão de bolsa de iniciação científica.