SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO DE PRODUTOS ARMAZENADOS EM SILOS (SimSilo)®

GYPSON DUTRA JUNQUEIRA AYRES[1], JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO[2], PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO[3]

[1]Msc. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com
[2]Dr. em Eng. Agrícola, Prof. Tit. UFCG, Campina Grande-PB, wallacebosa@hotmail.com
[3]Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho objetivou através da instrumentação, da implantação de sensores e de microcontroladores de baixo custo em silo protótipo para grãos, desenvolver um aplicativo para auxiliar o produtor na tomada de decisão gerencial de seu negócio. Foi construído um silo de grãos em modelo reduzido metálico e como instrumentos para obtenção de dados de umidade, temperatura, gases, carga e altura, para supervisão foram utilizados sensores conectados ao Arduino e um microcontrolador de conexão wi-fi com o APP Blynk. Os resultados demonstraram a possibilidade de monitoramento automatizado através dos sensores de temperatura, umidade do ar, gases, de nível de grãos e de carga puderam gerar informações precisas e instantâneas e auxiliar no processo de tomada de decisão. O protótipo desenvolvido cumpriu com suas funções, foi capaz de obter dados e fornecer com segurança e rapidez ao sistema de aplicativo desenvolvido sobre a carga e descarga. O Sistema Integrado de Monitoramento de Produtos Armazenados em Silos de carregamento e descarregamento em silos verticais atendeu às metas estabelecidas e demonstrou ser viável para uso para a avicultura e aplicações computacionais.
PALAVRAS-CHAVE: Sistema supervisório, monitoramento a distância, automação, Blynk, IoT.

INTEGRATED MONITORING SYSTEM FOR STORED PRODUCTS IN SILOS (SimSilo)

ABSTRACT: This work aimed, through instrumentation, the implantation of low cost sensors and microcontrollers in a prototype grain silo, to develop an application to assist the producer in the management decision making of his business. A grain silo was built in a reduced metal model and as instruments for obtaining data on humidity, temperature, gases, load and height, sensors connected to the Arduino and a microcontroller with Wi-Fi connection with the APP Blynk were used for supervision. The results demonstrated the possibility of automated monitoring through sensors for temperature, air humidity, gases, grain level and load could generate accurate and instant information and assist in the decision-making process. The developed prototype fulfilled its functions, was able to obtain data and provide the application system developed on loading and unloading safely and quickly. The Integrated System for Monitoring Stored Products in Silos loading and unloading in vertical silos met the established goals and proved to be viable for use in poultry and computational applications.
KEYWORDS: Supervisory system, remote monitoring, automation, Blynk, IoT.

INTRODUÇÃO

Os principais fatores que interferem na qualidade dos grãos durante a armazenagem são a temperatura e o teor de água dos mesmos, e estão relacionados com a respiração do produto e a presença de microrganismos (Silva, 2000). Silva (2005) afirma que, em uma armazenagem eficiente, procura-se manter o silo com um teor de umidade baixo, normalmente entre 10 a 13%, e caso o teor de umidade estiver alto, torna-se propício para o desenvolvimento de fungos, insetos, entre outras pragas.

Para combater estes problemas naturais que afetam os grãos armazenados, os silos possuem algumas tecnologias, como, por exemplo, secagem e aeração.

Nóbrega e Nascimento (2005) afirmam que existe a preocupação de muitos pesquisadores em desenvolver trabalhos experimentais que simulem, através de protótipos ou de modelos reduzidos, as formas mais desfavoráveis que ocorrem durante o armazenamento, para que se possa desenvolver silos que não acarretem problemas de fluxo. Geralmente, os testes são realizados em escala reduzida, não gerando adversidade quando a situação é convertida para prática. Os modelos reduzidos são muito utilizados devido ao baixo custo e permitem que se multipliquem todos os parâmetros que influenciam na descarga do silo, na situação real (Garnier, 1998).

Aplicações da agricultura inteligente baseada em IoT, podem ser novos impulsos para a agricultura biológica, agricultura familiar; a agricultura inteligente baseada em IoT pode assim oferecer importantes benefícios, como melhor tratamento de insumos, uso mais racional da água, etc. (Buranello, 2017).

Quando o monitoramento e o controle de um processo são feitos por meio de um sistema supervisório, segundo Coelho (2009), o processamento das variáveis de campo é mais rápido e eficiente. Um incidente no processo pode ser rapidamente detectado e mudanças nos setpoints são imediatamente providenciadas pelo sistema, estabilizando a situação. Atualmente existem no mercado diversos softwares voltados para o desenvolvimento de sistemas supervisórios, com o intuito de auxiliar o projetista na criação de sistemas com diversas telas e dados na forma gráfica (Maestrelli & Napoleão, 2018). O aplicativo Blynk surge como proposta integradora de plataformas a serem conectadas entre o mundo físico e o digital (Rocha, 2018).

Portanto este trabalho objetiva através da instrumentação, da implantação de sensores e de microcontroladores de baixo custo em silos para grãos, desenvolver um aplicativo para auxiliar o produtor na tomada de decisão gerencial de seu negócio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiência (LACRA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Campina Grande.

Neste trabalho foi construído um silo metálico protótipo armazenador de grãos com o objetivo de testar o funcionamento dos sensores e o grau de confiabilidade e a resposta do mesmo. O material utilizado na fabricação foi o zinco liso. Para a construção do silo foram utilizadas as dimensões de 83 cm de altura, sendo 42 cm de montante e 41 cm de corpo do silo, e 30 cm de diâmetro, com uma tremonha (seção cônica confeccionada em aço zincado de espessura nominal de 1,2 mm), com inclinação de 37º, e entre o corpo do silo, e a tremonha foi conectada uma extensão emborrachada que desobstrui caso haja a possível formação de arcos coesivos, onde a desobstrução foi montada utilizando-se um motor vibratório de baixa rotação.

O silo foi composto por três montantes que realizaram o apoio sobre uma base onde encontram-se as células de carga. A base teve a forma anelar achatada, tendo quatros suportes com a finalidade de absorverem o peso e fornecer estabilidade ao silo. Na base foram instaladas 3 células de cargas tipo A0455 de 20 kg cada, estando a mesma conectada ao sistema de aquisição de dados, permitindo obter assim, a variação da massa de sólido no interior do silo ao longo do tempo.

Para a aquisição de dados de umidade, temperatura, gases, carga e movimento utilizou-se da instalação de sensores no silo. Como uma das funções do silo protótipo é diagnosticar a termometria em grãos armazenados, neste procedimento realizou-se instalação dos sensores de temperatura e umidade na parte externa do silo, para captar os dados de temperatura foram utilizados o modelo AM2302 DHT22 que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80oC e umidade entre 0 e 100%, que é formado por um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar ao redor. A instalação dos sensores de umidade foi disposta ao longo do silo em camadas verticais. Foram instalados sensores de temperatura no exterior do silo em 1 linha.

Na parte interna do silo protótipo foi instalado os sensores de temperatura modelo DS18B20 à prova d'água, que permite funções similares de um termostato, podendo controlar equipamentos de acordo com a temperatura. É um sensor preciso (±0.5°C) e proporciona leituras de temperatura de até 12-bits. Na parte interna optou-se por usar este sensor, pois não sofre interferência e pode ser ligado

em série. A instalação dos sensores de temperatura e umidade foi disposta ao longo do silo em camadas verticais. Foram instalados sensores de temperatura no interior do silo em 1 linha.

Para detectar os gases tóxicos foi instalado na parte interna superior o sensor de Gás MQ-135 que é um módulo capaz de detectar vários tipos de gases. O MQ-135 pode detectar concentrações na faixa de 100 a 10.000 ppm. Onde basicamente, o sensor possui duas saídas, uma analógica que retorna uma tensão proporcional ao nível do gás ou fumaça no ambiente, e outra digital que indica a presença, ou não, de gás ou fumaça. A sensibilidade do sensor foi ajustada por meio de um pequeno trimpot presente na placa do microcontrolador Arduino.

Partindo do princípio que uma detecção positiva indica que existem grãos no silo, basta saber sua localização para estimar a altura da coluna de grãos. Para tal, na parte interna superior do silo protótipo, foi instalado um sensor ultrassônico modelo HC-SR04 para medir o nível e informar para o sistema quando o mesmo alcança o nível crítico tanto superior quanto o inferior. O Sensor de Distância é capaz de medir distâncias de 2 a 4 m com ótima precisão. Este módulo possui um circuito pronto com emissor e receptor acoplados e 4 pinos para medição. Para a medição foi necessário alimentar o módulo e colocar o pino Trigger em nível alto por mais de 10us. Onde a onda sonora que, ao encontrar um obstáculo, rebateu de volta em direção ao módulo. Sendo realizado o cálculo da distância através da Equação 1.

Distância = (Tempo ECHO em nível alto * Velocidade do Som) / 2 (Eq.1)

Onde: velocidade do som igual a 340 m/s.

Na fórmula, a divisão por 2 deve-se ao fato de que a onda é enviada e rebatida, ou seja, ela percorre 2 vezes a distância procurada. Sendo usado apenas para detectar presença, o sensor não tem seu funcionamento modificado, basta determinar um limiar máximo para o tempo de reflexão, e tudo que for maior que esse valor representa que não há grãos.

Para medir o nível de carga do silo foi instalado na base anelar 3 células de carga de 20kg cada do modelo A0455 e um amplificador de sinal modelo HX711 ADC 24 Bits, sendo afixado em cada extremidade uma esfera para realizar a distribuição do peso do silo, e facilitar a identificação de sobrecargas em cada montante. Devido o sinal emitido pela célula do Sensor de Peso – Célula de Carga – 20kg ser baixo, foi necessário o uso do módulo HX711 ADC 24 Bits como amplificador de sinal fazendo a interligação entre essas células e o microcontrolador. Após foi necessário a calibração das células de carga. Este procedimento trata de uma série de medições que estabelecem a relação precisa entre os indicadores de seu aparelho e os valores reais de medição. Foi realizada utilizando uma biblioteca do Arduino do amplificador HX711, onde foi feito a leitura das células sem o peso e anotado o valor, logo após foi colocado um peso conhecido e obtido outro valor. A relação entre os dois valores foi utilizada como fator de calibração. Foi instalado um motor AC que acionado cada vez que a abertura do orifício da tremonha é aberta com o intuito de impedir a formação de arcos coesivos que impedem a passagem do produto armazenado.

Esta pesquisa foi realizada sendo utilizado programa na linguagem c++ utilizando o Arduino. Para construir o firmware (programa computacional de baixo nível) que foi gravado no Arduino para interagir com os sensores de temperatura, foram usadas as bibliotecas Dallastemperature. Com adaptações na codificação multiple encontrada na biblioteca dos exemplos, foi possível estabelecer a comunicação entre os cinco sensores e o Arduíno.

Como software supervisório foi utilizado o Blynk, um aplicativo para tablets e smartphones que permite fazer vários tipos de projetos para monitoramento e o serial monitor da IDE do Arduino. No Blynk foram colocados displays do tipo gauge para monitorar os sensores de temperaturas e um display do tipo superchart para armazenar os dados recolhidos em períodos de tempo que variam de no mesmo instante (live), até um ano.

Para a construção do aplicativo foi utilizada a plataforma Blynk©, desenvolvida para iOS e Android para controlar placas de desenvolvimento como o Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU e outros dispositivos através da Internet. O monitoramento dos dados obtidos pelos sensores teve seus dados armazenados no Blynk e transformados em gráficos de variação.

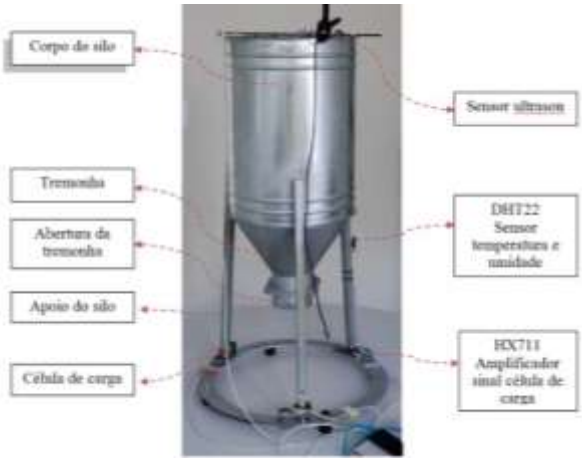
Para realizar a comunicação entre os sensores de temperatura, umidade, gases, carga e de distância, e o microcontrolador Arduino, foi utilizado o APP Blynk e microcontrolador utilizado para a

conexão entre o dispositivo e o sistema wi-fi foi o módulo ESP32 DEVKIT V1. Para finalização do sistema de monitoramento foi realizado alguns ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se o protótipo do silo desenvolvido, seus sensores instalados, e o sistema de conexão de dados com o módulo microcontrolador.

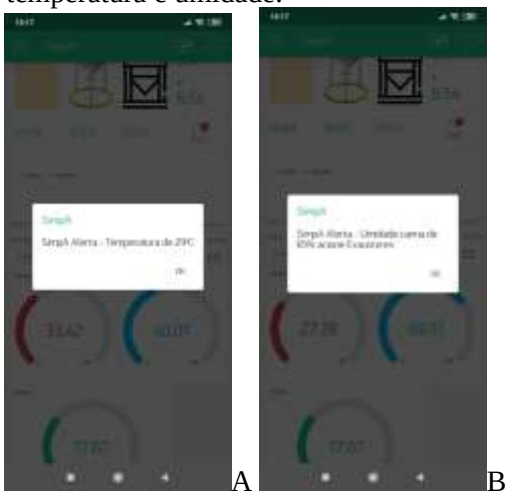
Figura 1. Silo protótipo.



Nos testes realizados utilizando o silo protótipo obteve-se resultados satisfatórios, pois o mesmo em sua estrutura, comportou-se com estabilidade fornecendo adequadamente os dados captados pelos sensores. Observa-se que a umidade, não apresenta grandes variações em períodos de tempo extremamente curtos como em segundos ou poucos minutos durante as análises. O sensor utilizado apresenta um bom tempo de resposta e boa sensibilidade para o CO_2. O sensor de nível se apresenta eficaz para a medição da altura dos grãos no silo protótipo, não ocorrendo problemas quanto a transmissão dos dados ao microcontrolador. Os sensores de carga apresentam boa regularidade no funcionamento demonstrando os valores de peso de acordo com o carregamento e o descarregamento. Os módulos funcionaram bem e transmitiram os dados perfeitamente. Durante o descarregamento do silo nos ensaios realizados, o motor vibratório executou satisfatoriamente seu objetivo quando necessário, evitando assim arcos coesivos durante os processos executados.

Na Figura 2A observa-se a temperatura no sistema de monitoramento realizando um alerta no aplicativo desenvolvido informando a temperatura inadequada para a conservação dos grãos armazenados no silo. Na Figura 2B pode-se observar o sistema de alerta quanto a umidade, onde é disparado pelo sistema indicando a necessidade do acionamento dos exaustores do silo.

Figura 2. Sistema de alerta de temperatura e umidade.



Na Figura 3 observa-se a tela do dashboard apresentando o sistema de monitoramento de nível de grãos (cor amarela) e os valores de temperatura, umidade e nível de grãos armazenados no SimpA.

Figura 3. Tela de monitoramento da temperatura, umidade e nível de grãos medidos.

CONCLUSÃO

Conclui-se a possibilidade de monitoramento automatizado através dos sensores de temperatura, umidade do ar, gases, de nível de grãos e de carga puderam gerar informações precisas e instantâneas e auxiliar no processo de tomada de decisão.

O protótipo desenvolvido cumpriu com suas funções, foi capaz de obter dados e fornecer com segurança e rapidez ao sistema de aplicativo desenvolvido sobre a carga e descarga.

O Sistema Integrado de Monitoramento de Produtos Armazenados em Silos de carregamento e descarregamento em silos verticais atendeu às metas estabelecidas e demonstrou ser viável para uso para a avicultura e aplicações computacionais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

Buranello, R. M. Questão de semântica: que créditos podem lastrear um CRA? Revista Capital Aberto, edição 75. 20 de abril de 2017. Disponível em: http://www.demarest.com.br/pt-br/publicacoes/Artigos/pt/questao-de-semantica-quecreditos-podem-lastrear-um-cra.pdf. Acesso em: 27/09/2017.

Coelho, M. S. Sistemas Supervisórios. 6.o Módulo. Apostila. 3.a revisão. Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, 2009. 142p.

Garnier, J. Classification of silo tests. In: Silos fundamentals of theory, behaviour and design. 1. ed. London: Routledge Editora, 1998. p.612-619.

Maestrelli, G. A.; Napoleão, G. S. Sistema supervisório para monitoramento de energia elétrica residencial. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Nóbrega, M. V. da; Nascimento, J. W. B. do. Fluxo de ração avícola em silos prismáticos com tremonha excêntrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.413-419, 2005.

Rocha, A. dos S. Integração entre o mundo real e o virtual no contexto da IoT: internet das coisas e Blynk, operacionalidade e viabilidade. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2018.

Silva, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

Silva, L. C. da. Secagem de grãos. In: Boletim Técnico: AG: 04/05. Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2005.