

Arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados**Arduino a low cost technology for thermometry of stored grain**

DOI:10.34117/bjdv5n10-124

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 10/10/2019

Rafael de Almeida Schiavon

Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPel)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:raschiavon@gmail.com

Íthalo Souza Nogueira

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:ithalo_nogueira@outlook.com

Gabriel Batista Borges

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:gabrielbatistaborges@outlook.com

Heron Scaparo de Holanda

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:hescaparo@hotmail.com

Larissa Kathllen de Castro

Graduando em Engenharia Agrícola (UEM)
Instituição: Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)
Endereço: Rodovia PR-482, km 45 Cidade Gaúcha - PR
E-mail:laricastro11@hotmail.com

RESUMO

A deterioração dos grãos armazenados em silos passa por diferentes processos podendo ser causado por fatores diversos dentre os quais podemos citar: metabolismo, fungos, insetos e outros organismos vivos, no entanto todos os fatores que ameaçam a perda de qualidade dos grãos, causam um aumento de temperatura. Assim, o registro constante da temperatura dos grãos pode impedir um processo de deterioração para uma ação rápida e necessário que o armazém esteja equipado com um sistema de termometria. Diante destes fatos tem-se por objetivo neste estudo desenvolver um sistema de termometria de baixo custo que possa ser de fácil utilização cobrindo esta lacuna de custo para os pequenos e médios produtores e melhorando o controle da qualidade dos grãos de uma forma geral. Ao final do trabalho foi possível desenvolver um cabo capaz de reproduzir de forma adequada a temperatura interna do silo.

Palavras chave : Termometria, Armazenamento e Arduino

ABSTRACT

The deterioration of grain stored in silos goes through different processes and may be caused by several factors, among which we can mention: metabolism, fungi, insects and other living organisms, however all factors that threaten the loss of grain quality cause an increase of temperature. Thus, constant recording of the grain temperature can prevent a deterioration process for a quick and necessary action if the warehouse is equipped with a thermometry system. Given these facts, the objective of this study is to develop a low cost thermometry system that can be easy to use, covering this cost gap for small and medium producers and improving grain quality control in general. At the end of the work it was possible to develop a cable capable of adequately reproducing the internal temperature of the silo.

Keywords: Thermometry, Storage and Arduino

1 INTRODUÇÃO

A produção de grãos é executada com extrema competência no Brasil, ultrapassando a faixa de 150 milhões de toneladas, sendo o mesmo o terceiro maior exportador agrícola. Tendo em vista a manutenção deste cenário positivo é importante que o desenvolvimento tecnológico do setor acompanhe o seu crescimento.

Em grãos armazenados o organismo mais importante é o próprio grão. Embora esteja em estágio de dormência, tem todas as propriedades de um organismo vivo. Um grande gargalo na produção de grãos está na quantidade e na qualidade dos armazéns, que sem uma manutenção correta do ambiente de forma que o mesmo fique propício para o armazenamento, é fácil prever a degradação do material ali armazenado devido ao ataque de pragas, tais como

fungos e insetos. Mesmo um moderno armazém pode propiciar a deterioração dos grãos, se não houver um cuidado e controle adequado.

Num sistema ideal de armazenagem o grão e os microrganismos estão normalmente em estado de dormência; os insetos, ácaros, ratos estão ou deveriam estar ausentes. Ao contrário, o ambiente abiótico está sempre presente e é alterável. Ainda que lentamente, os níveis de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa, CO₂ e O₂ sobem e descem. Uma variação anormal em qualquer um desses fatores pode criar condições favoráveis ao desenvolvimento e à multiplicação daqueles seres dormentes.

A taxa de deterioração depende da atividade das variáveis bióticas que, por seu turno, é afetada, principalmente, pela interação da temperatura e umidade. É baixa no início, porém, quando combinações favoráveis dessas variáveis são estabelecidas e o período de armazenagem é prolongado, podem ocorrer perdas significativas na qualidade dos produtos.

Conforme descrito por Athié et al. (1998), o comportamento dos grãos no sistema de armazenamento, assemelha-se a um ecossistema, em que os elementos bióticos (grãos, insetos e microflora) e abióticos (impurezas, ar intra-granular, vapor d'água e estrutura de armazenagem) são afetados, tanto química como biologicamente por fatores ambientais como: temperatura, umidade e composição do ar. Tais componentes são as variáveis do sistema e interagem continuamente entre si.

A deterioração do grão é, portanto, resultante da ação de microrganismos, insetos, ácaros, etc., que utilizam nutrientes presentes no grão para o seu crescimento e reprodução. Pode ocorrer, também, devido ao aquecimento do grão, produzido pelo calor desprendido na respiração do próprio grão e microrganismos associados - quanto maior a umidade, maior o risco de deterioração.

Felizmente, todos os fatores que ameaçam a perda de qualidade dos grãos, causam um aumento de temperatura. Assim, o registro constante da temperatura dos grãos pode impedir um processo de deterioração.

A temperatura dos grãos armazenados também é um bom índice do seu estado de conservação. Toda variação brusca de temperatura deve ser encarada com bastante cautela, pesquisando-se o mais rápido possível sua causa e procurando saná-la através da aeração ou transilagem.

Na nova legislação de armazenagem do Brasil, LEI N° 9.973, DE 29 DE MAIO DE 2000, juntamente com a criação do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras na qual apontam os requisitos técnicos obrigatórios e recomendados para a

certificação da unidade e um destes quesitos que é obrigatório para as unidade está o sistema de termometria para que a unidade possa controlar este e possa assim diminuir as perdas causadas pelo metabolismo ou mesmo o ataque de pragas ou outros fatores que possam estar levando a estas perdas (LORINI et al, 2002; ELIAS et al, 2010).

O armazenamento em silos ou em armazéns equipados com eficientes sistemas de termometria, aeração e/ou outros recursos para manutenção de qualidade dos grãos, são as formas mais empregadas por cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se bem dimensionados e manejados corretamente, esses sistemas podem ser empregados também por médios e pequenos produtores.

A perda do valor nutritivo é diretamente proporcional aos processos respiratórios. Se a temperatura aumenta é sinal que aumentou a respiração. Essa é a essência do uso da termometria como medida de avaliação importante no manejo conservativo dos grãos.

Os sistemas de termometria devem possuir a capacidade de se monitorar diariamente a temperatura dos grãos de forma que quando a massa de grãos atingir elevação 4 a 5°C, deve ser acionada a ventilação forçada, até que a diferença seja reduzida para 1 a 2°C de maneira uniforme (BORGES, 2002).

Se a aeração tem por objetivo assegurar uma boa conservação do grão através do resfriamento e manutenção da temperatura em níveis adequados, a termometria é o meio utilizado para medir esta temperatura. Isto é feito através de uma rede de sensores dispostos estrategicamente na massa de grãos. Atualmente, dois tipos de sensores (termômetros) são mais comumente utilizados: o termopar e o termistor.

Estes sensores são na verdade transdutores, ou seja, sensores cuja variação de uma grandeza elétrica se dá de forma, aproximadamente, proporcional à variação de temperatura. O termopar gera uma diferença de potencial (ddp) quando existe uma diferença de temperatura entre duas junções enquanto que o termistor varia a resistência (ELIAS 2012).

Embora o termistor tenha uma precisão maior, grande parte das instalações armazenadoras que possuem termometria utilizam o termopar como sensor. Isto se deve principalmente ao fato da rede de sensores, neste tipo de aplicação, ser bastante grande que, em muitos casos, pode ultrapassar a casa de mil sensores. Já o termopar, além de ser robusto e de fácil fabricação, tem seu princípio de funcionamento baseado na força eletromotriz que surge devido à diferença de temperatura existente entre as junções e da consequente ddp dispensando, para aplicações em silos e graneleiros, a compensação para cada sensor (ELIAS 2012).

Outro fator importante a ser considerado é que um sensor tipo termistor ou termopar tem a capacidade de medir apenas variações de temperatura que alcancem o sensor, isto é, o sensor não possui raio de alcance. Desta forma, é de importância fundamental a distribuição de sensores na massa de grãos armazenados para que um eficiente controle seja executado. A colocação de sensores em pontos considerados críticos e o número de sensores utilizados devem ser adequados para que o manejo da aeração possa se dar de forma eficiente (ELIAS,2009).

A IN 03 recomenda um número de sensores compatível com o tipo da estrutura e a capacidade estática do armazém sendo o mínimo a ser usado de um ponto de leitura a cada 100 m³ de capacidade estática.

Arduino é um projeto que engloba software e hardware e tem como objetivo fornecer uma plataforma fácil para prototipação de projetos interativos, utilizando um microcontrolador. Ele faz parte do que chamamos de computação física: área da computação em que o software interage diretamente com o hardware, tornando possível integração fácil com sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos.

E por ser um dispositivo de livre acesso não demanda de uso de patentes para seu desenvolvimento pode ser utilizado para desenvolver projetos de diferentes áreas da robótica, da automação entre outras.

No que diz respeito a termometria a temperatura da massa de grãos deve ser vista de duas formas diferentes como causa e efeitos, devendo ser descoberto o que está causando o aumento da temperatura da massa de grãos e o que é possível fazer para evitar este fato, pois as fontes externas como clima e radiação solar possuem pouca influência no aquecimento dos grãos sendo este aquecimento então devido a outros fatores e com um bom sistema de termometria é possível até mesmo diferenciar pelo seu comportamento se este aumento de temperatura advém de focos de umidade, fungos ou insetos entre outros.

Por estes fatos relatados anteriormente um bom sistema de termometria desde que manejado corretamente pode minimizar perdas além de alertar o produtor sobre variações de temperatura auxiliando na tomada de decisão bem como possibilitar um controle automatizado de todo o sistema de aeração da unidade de armazenamento. Diante disto o projeto visa desenvolver um sistema termometria de baixo custo que possa ser de fácil utilização cobrindo esta lacuna de custo para os pequenos e médios produtores e melhorando o controle da qualidade dos grãos de uma forma geral.

2 DESENVOLVIMENTO**2.1 MATERIAL**

No desenvolvimento do estudo foram utilizados os materiais abaixo relacionados:

2.2 ARDUINO

Que é uma placa projetada com um microcontrolador, dotado de uma linguagem de programação padrão e com terminais para entrada e saída de energia de acessórios. É muito fácil, basta o usuário possuir o seu cabo USB, e o software para compilação de códigos.

O arduino utilizado será o arduino mega (Figura 1) pois este possui mais portas de saída e assim sendo mais adequado para o fim que se destina. O principal diferencial do Arduino Mega compatível para os demais modelos de sua linha, é o fato de possuir maior capacidade de memória e maior quantidade de portas, tanto analógicas quanto digitais, sendo especialmente utilizado em projetos de automação residencial e robóticos.

Muito funcional, o Arduino Mega é capaz de permitir, por meio de aplicativos para smartphones, o controle de equipamentos como, por exemplo, ar-condicionados, lâmpadas, fechaduras elétricas, portões eletrônicos, entre outros.



Figura 1. Arduino Mega

Fonte: Amazon

NTC

O NTC (Figura 2) é um termistor ou componente eletrônico semicondutor sensível a temperatura, utilizado para controle, medição ou polarização de circuitos eletrônicos. Possui um coeficiente de variação de resistência que varia negativamente conforme a temperatura aumenta, ou seja, a sua resistência elétrica diminui com o aumento da temperatura.



Figura 2. NTC

Fonte: <http://www.powercircuit.com.br>



Figura 4. Sensor de temperatura DS18B20

Fonte: www.potentiallabs.com

3 RESULTADOS

O projeto foi conduzido de forma de forma que seja possível em seu final possuir um cabo termométrico capaz de reproduzir a realidade da temperatura dentro do silo e para isto foi realizado testes para escolha do melhor sensor para ser utilizado na construção do cabo termométrico, tanto na parte de sensibilidade como na parte construtiva.

Na escolha dos melhor sensor foi realizado um teste com todos os três sensores (NTC, LM 35 e DS18B20) em quatro temperaturas diferentes (11, 16, 22 e ambiente $\pm 26^{\circ}\text{C}$), para evidenciar a qual sensor informaria a temperatura de forma mais precisa.

Na Figura 5, 6, 7 e 8 pode ser observado os resultados obtidos para a escolha do sensor mais adequado para o desenvolvimento do cabo termométrico para tanto utilizou-se três sensores (DS18B20, LM 35, NTC) em quatro faixas de temperatura diferente (11, 16, 22, 26), analisando qual sensor expressa melhor precisão quando comparado ao termômetro.

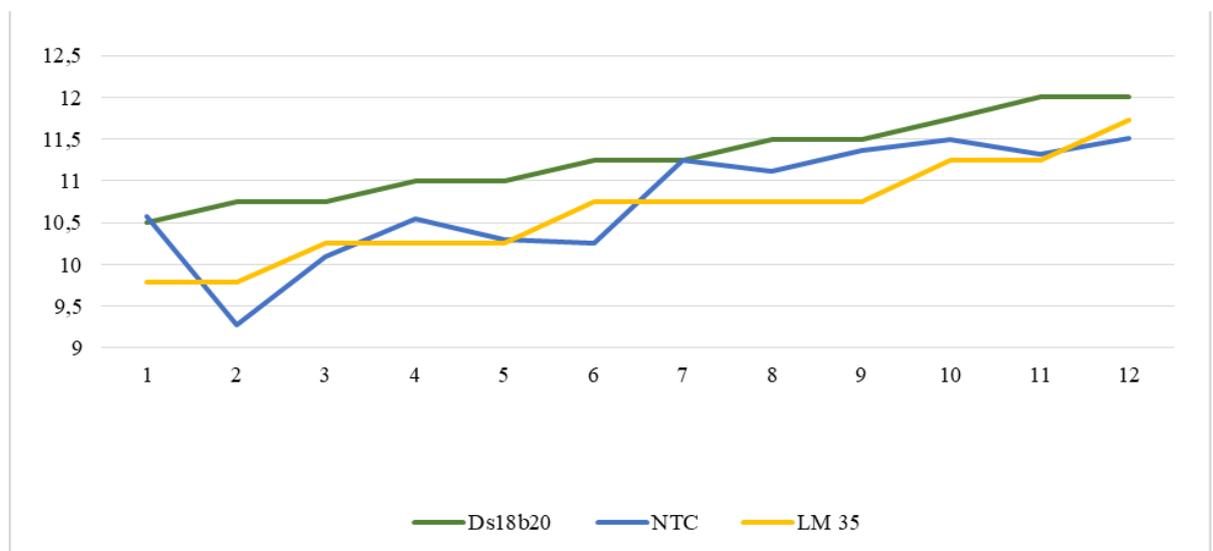


Figura 5. Medidas de temperatura dos sensores a 11°C

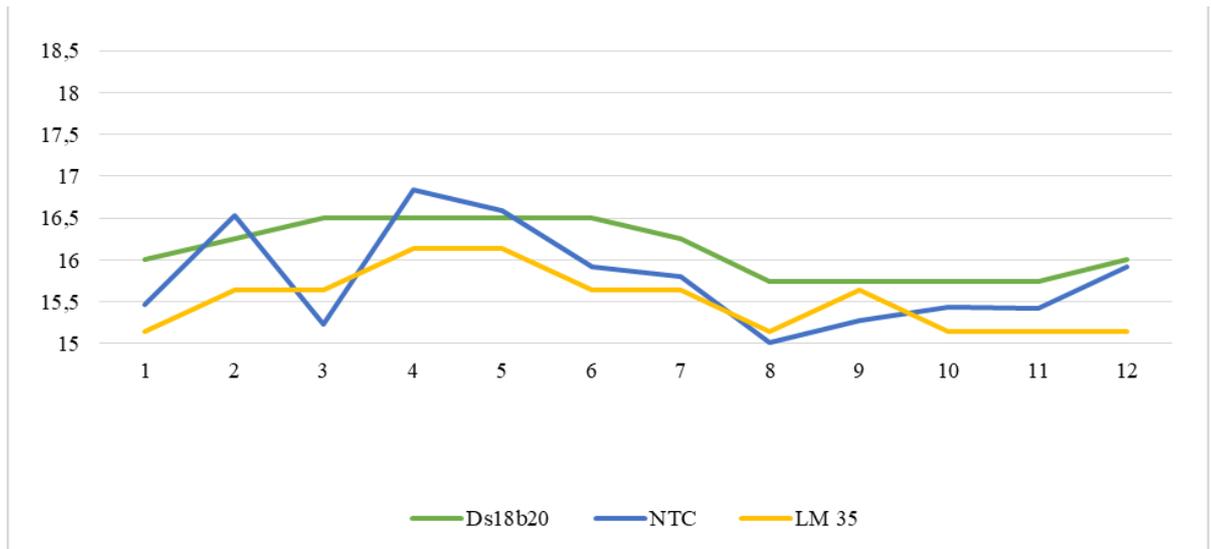


Figura 6. Medidas de temperatura dos sensores a 16°C

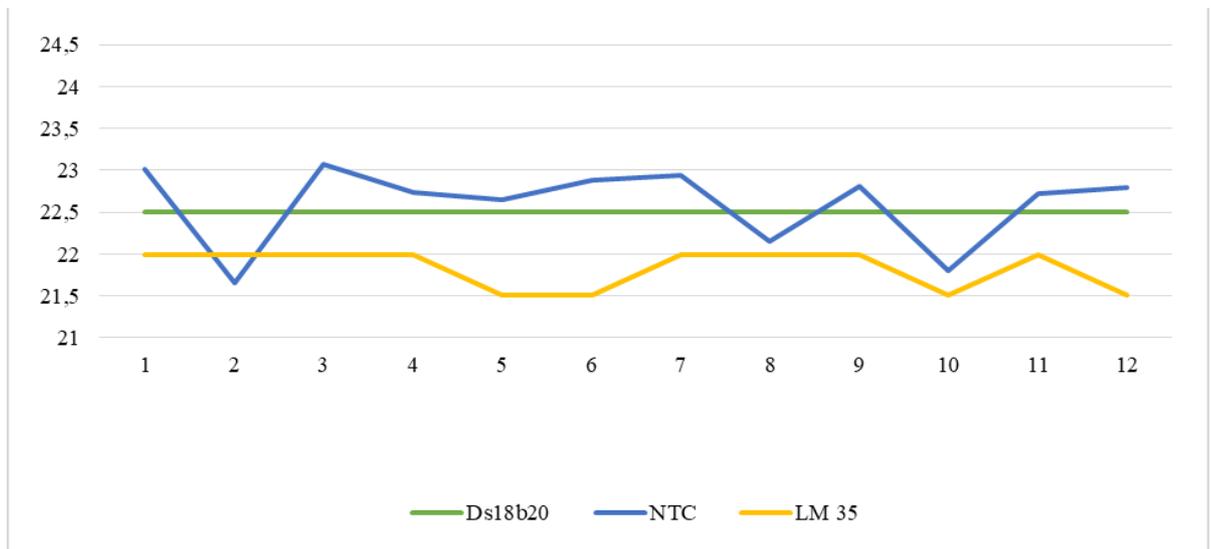


Figura 7. Medidas de temperatura dos sensores a 22°C

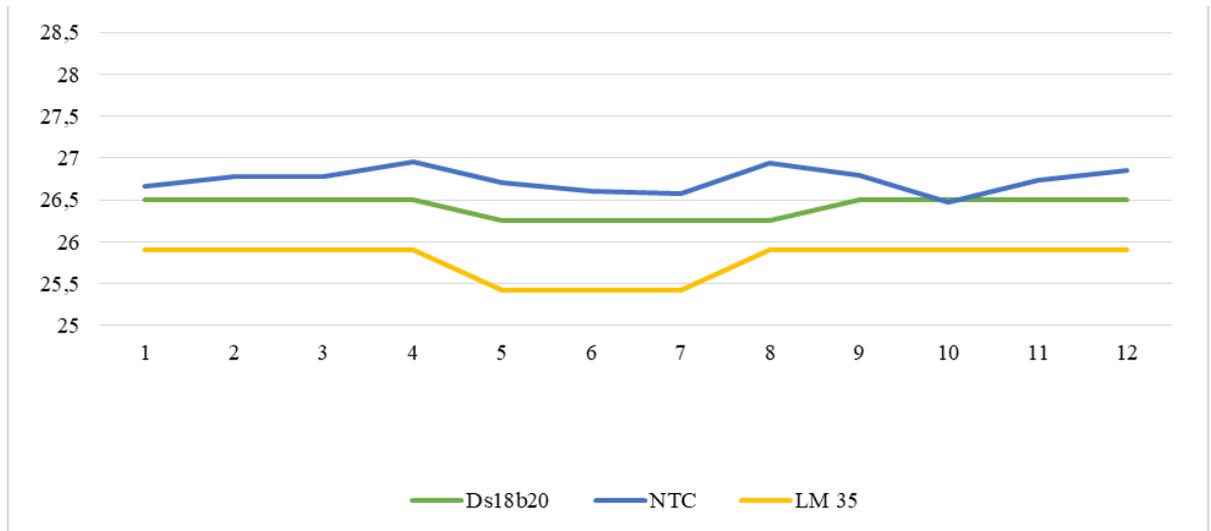


Figura 8. Medidas de temperatura dos sensores a temperatura ambiente

Através dos resultados pode-se verificar que o sensor DS18B20 apresenta melhor precisão, pois foi o sensor que apresentou uma menor variação da temperatura ao longo do teste, resultados similares foram encontrados por Martinazzo e Orlando (2016).

Quanto ao aspecto construtivo cada sensor possui um sistema de cabeamento diferencia conforme pode ser visto nos esquemas e figuras abaixo.

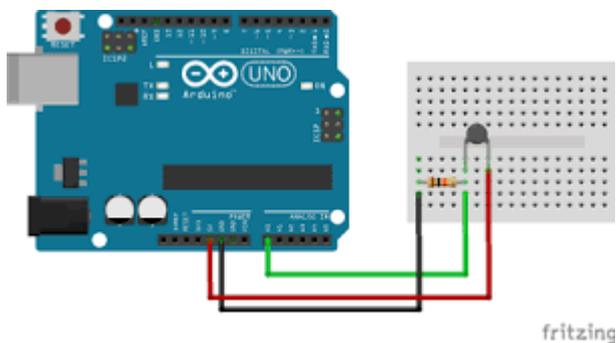


Figura 9. Sistema de ligação do sensor NTC

Fonte: fritzenlab

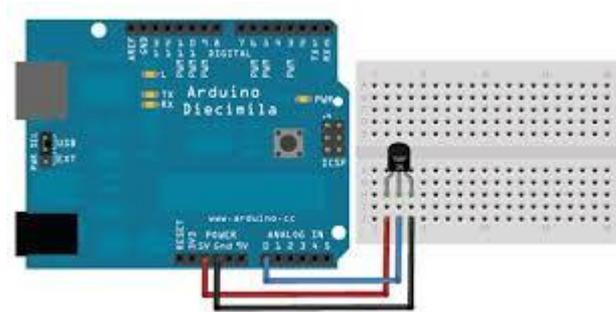


Figura 10. Sistema de ligação do sensor LM 35

Fonte: fritzenlab

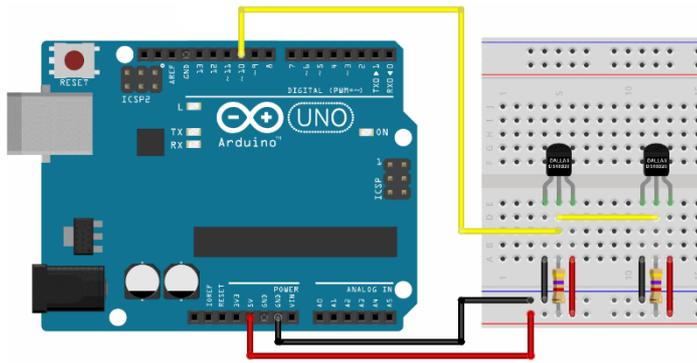


Figura 11. Sistema de ligação do sensor DS18B20

Fonte: fritzenlab

Conforme pode ser visto nas Figuras 9 e 10 os sensores NTC e o LM 35 devem ser ligados independentemente necessitando cada sensor de dois ou três cabos conforme o caso. Já o sensor DS18B20 devido ao sistema 1-Wire, tornando possível realizar o cabeamento do protótipo por apenas três fios (GND, 5V e dados), por este fato o sensor mais adequado é o sensor DS18B20.

O cabo termométrico protótipo foi construído de que os sensores foram ligados ao arduino de forma sequencial (Figura 12) sendo os mesmos ficando a uma distância entre os mesmos de 10 cm sendo colocado no cabo um total de 5 sensores assim ficando com tamanho total de 60 cm, este tamanho foi escolhido pensando em seu uso no silo protótipo do laboratório.

A programação da Arduino é simples e o programa que usamos foi adaptado do código apresentado e discutido por McRoberts (2011). Na execução deste programa é preciso instalar duas bibliotecas especiais no diretório libraries da IDE Arduino: a OneWire, dedicada a comunicação da Arduino com sensores digitais no protocolo 1-Wire, e a biblioteca DallasTemperature para a comunicação específica com os sensores DS18B20. Com a execução do programa cada sensor é identificado com um número, sendo o mesmo lido e armazenado. A temperatura em cada sensor é lida em intervalos de tempo regulares pré-definidos conforme o caso e escolha do interessado e podendo ser acompanhadas diretamente no monitor do PC utilizando-se a função Serial Monitor da IDE Arduino.

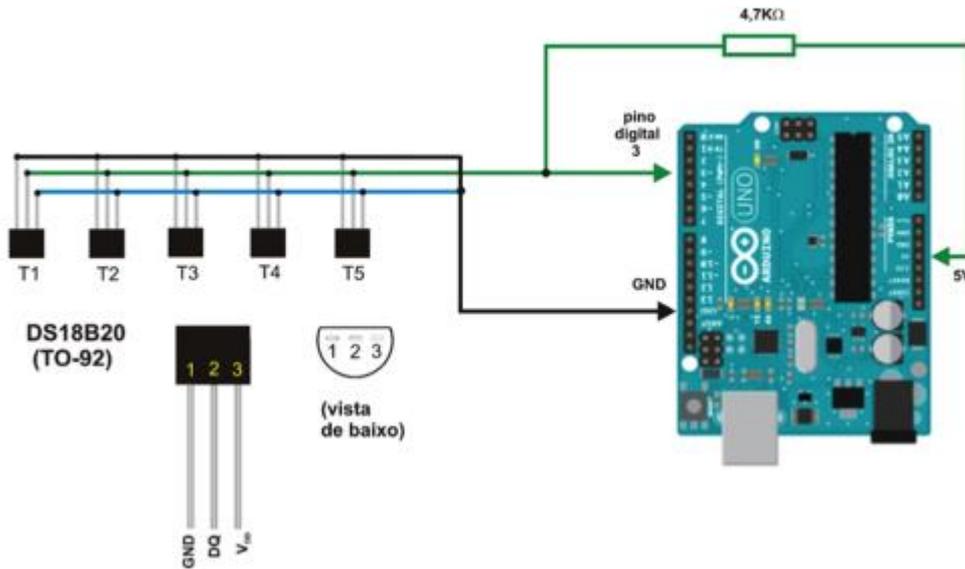


Figura 12. Sistema de ligação do sensor DS18B20 no cabo termométrico

Fonte: fritzenlab

A Figura 13 demonstra como foi a montagem do cabo termométrico e como foram feitas as ligações sendo posterior feito um teste de leitura das temperaturas conforme mostra a Figura 14, posteriormente o cabo foi recoberto com uma mangueira termo retrátil Figura 15 para prender além do cabo de aço para a fixação e proteção dos sensores, posteriormente foi realizado novamente o teste para verificar possível influência do termo retrátil como demonstrado na Figura 16.

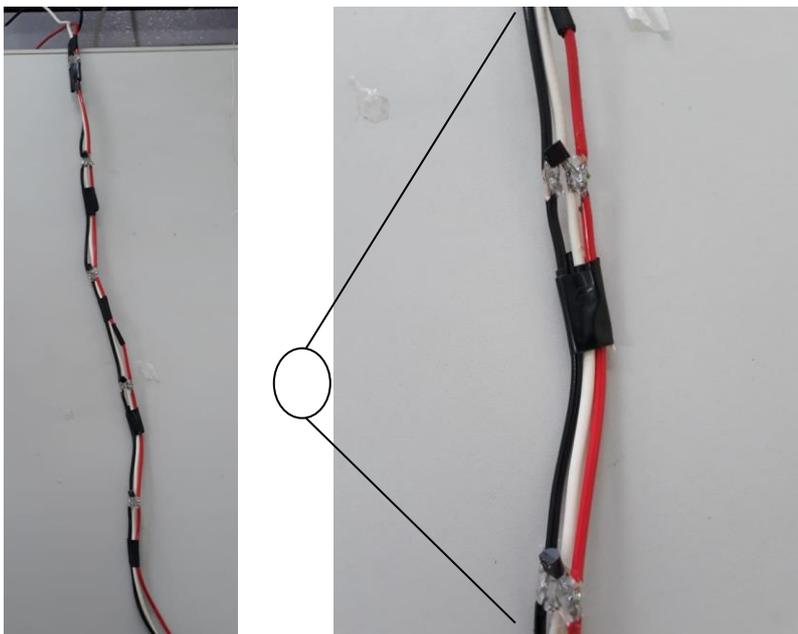


Figura 13. Ligação do sensor DS18B20 no cabo termométrico

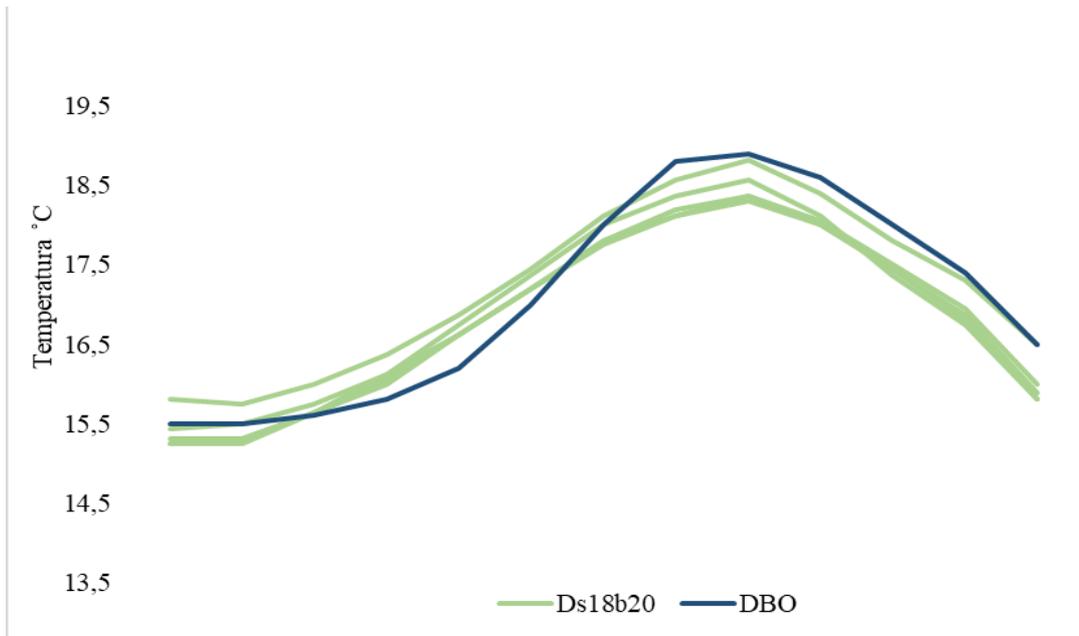


Figura 14. Leituras dos sensores no cabo termométrico, sem cobertura e do ambiente controlado

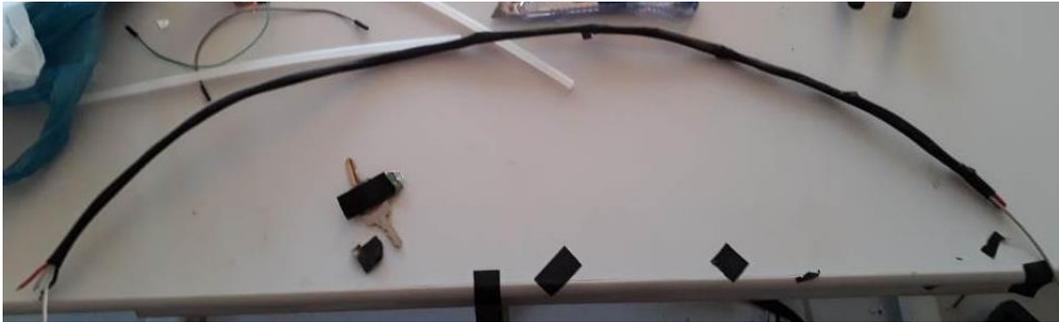


Figura 15. Cabo termométrico montado com o cabo termo retrátil

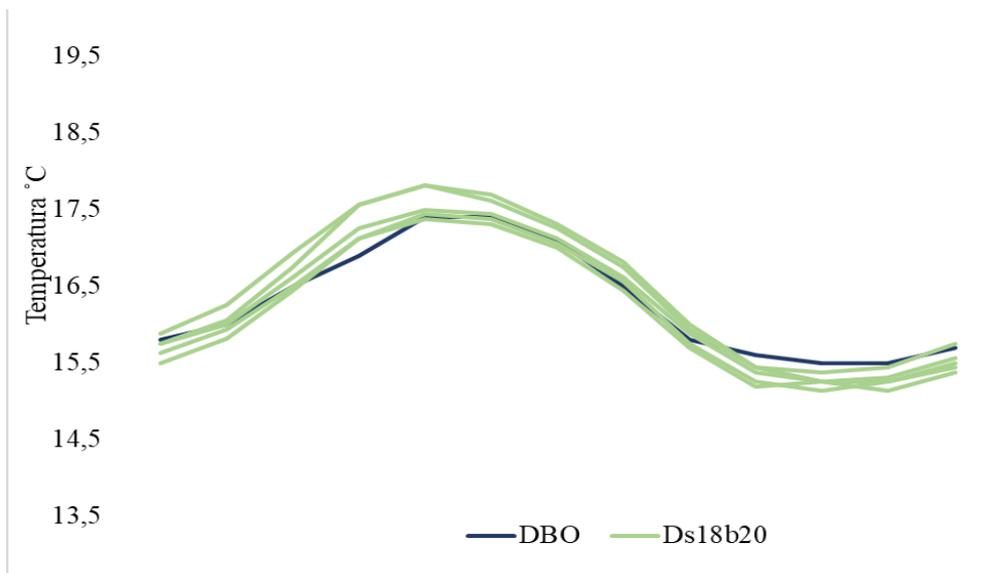


Figura 16. Leituras do cabo termométrico recoberto com termo retrátil e do ambiente controlado

Observando as Figuras 14 e 16 é possível verificar que os sensores demonstram de forma precisa a temperatura do ambiente, mesmo com a cobertura do cabo termo retrátil as leituras são precisas nos cinco sensores instalados no cabo.

4 CONCLUSÃO

Do ponto de vista de projeto, foi possível desenvolver um cabo de termometria interligado ao arduino capaz de caracterizar a temperatura de um número finito de pontos, ainda não definido, dentro do silo

O sistema possibilita que o usuário faça o monitoramento da temperatura do produto armazenado.

De forma geral foi possível desenvolver um sistema de termometria funcional utilizando componentes de baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ATHIÉ, I. et al. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236 p.
- BORGES, P. A. P. **Modelagem dos processos envolvidos nos sistemas de secagem e armazenamento de grãos**. 2002. 107p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ELIAS, M. C. **Manejo Tecnológico da Secagem e do Armazenamento de Grãos**. Ed. Santa Cruz. Pelotas, 2009. 370p.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Ed. Santa Cruz, Pelotas, 2010. 469p.
- FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H.; Sistema de monitoramento da temperatura e umidade em silos graneleiros via radiofrequência (RF). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 25, n.2, 2010, p 139-156
- LORINI, I.; MIKE, L. H. & SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: IBG, 2002. 1000p.

Brazilian Journal of Development

MARTINAZZO, C. A.; ORLANDO, T.; Comparação entre três tipos e sensores de temperatura em associação com arduíno, **PERSPECTIVA**, Erechim, v.40, n.151, p. 93-104, setembro/2016.

McRoberts, M., **Arduino Básico**, Editora Novatec Ltda., São Paulo, 2011.