



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**ADIELLY MAYARA DE SOUZA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

**RECIFE  
2022**

**ADIELLY MAYARA DE SOUZA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

**MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE EM SILO  
PILOTO UTILIZANDO O ARDUINO UNO COMO  
MICROCONTROLADOR**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do Professor Renato Laurenti

**RECIFE  
2022**

# **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO**

## **SISTEMA DE MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE EM SILO PILOTO UTILIZANDO O ARDUINO COMO MICROCONTROLADOR**

---

Nome e assinatura do aluno

---

Nome e assinatura do orientador

---

Nome e assinatura do supervisor (se for o caso)

## **AGRADECIMENTOS**

Se tratando de agradecimentos, gostaria de agradecer a priori a Deus, aquele que nos concede todo o conhecimento e entendimento, que me concedeu o desejo de cursar Engenharia e procurar solucionar problemas que venham a surgir.

Agradeço a minha família que me incentivou a procurar ser uma boa profissional em minha área atuante, em especial a minha mãe que se desdobrou para fazer esse objetivo ser realizado. Agradeço ao meu noivo, que sempre esteve presente em todos os meus momentos acadêmicos e não foi diferente na formulação do meu ESO, recebi todo o apoio possível e compartilhamento de ideias.

Agradeço aos meus colegas de Engenharia, em especial, Marcos Vinícios que tendo um conhecimento vasto em automação e eletrônica, foi de grande auxílio na elaboração do deste projeto; bem como agradeço as alunas Shabryнна Kerollayne e Maria Vitória que puderam estar presente no desenrolar das etapas e percalços que vieram.

Agradeço por último, mas não menos importante; ao professor Renato Laurenti, aquele que abriu prontamente a oportunidade de execução do projeto, se dispôs em auxílio e suporte em ser o meu orientador e foi de grande representatividade como pessoa e como profissional; mostrando ser um excelente educador.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Placa do microcontrolador Arduíno UNO R3	15
Figura 2 - Sensor de temperatura DHT22 mostrando seu encapsulamento e seu cabo de alimentação (VCC), terra (GND) e dados (Data)	15
Figura 3 - Display OLED 128x64 0.96 I2c	16
Figura 4 - Esquema de ligações	16
Figura 5 - Silo Piloto do laboratório de armazenamento	17
Figura 6 - Estrutura interna do silo com o sensor conectado ao centro	18
Figura 7 - Representação no display da variação de temperatura e umidade com grãos em ambiente refrigerado	19
Figura 8 - Representação no display da variação de temperatura e umidade com grãos em ambiente não refrigerado	20

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IHM - Interface Homem Máquina

SCADA - Controle Supervisório e Aquisição de Dados

IDE – Integrated Development Environment

RTDs - Resistance Temperature Detectors

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4. METODOLOGIA	15
4.1. Materiais	15
4.2. Princípio de funcionamento	16
4.3. Localização	17
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	19
6. RESULTADOS	19
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

# 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil aumentou suas atividades vinculadas ao setor agrícola. Segundo Gasques, Bacchi e Bastos (2018) através do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) a produção de grãos passou de 40,6 milhões para 187 milhões de toneladas no período de 1975 a 2016. Para armazenar esse volume útil são necessários silos e armazéns. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no segundo semestre de 2018 87,85% da produção de grãos no Brasil foram armazenados em silos, portanto, tal instrumento se faz de suma importância para o setor (IBGE, 2019).

Além da disponibilidade, uma das tarefas importantes no armazenamento é a manutenção da integridade dos grãos e um dos indicadores dessa qualidade é a temperatura (ELY, 2018). A temperatura da massa granular adequada para inibir o desenvolvimento de fungos é de 20°C, aliada a 60% de umidade relativa do ar intragranular (SILVA,2014).

O monitoramento da temperatura é importante para que ações preventivas serem adotadas no sentido de evitar o aquecimento da atmosfera onde os grãos estão alocados e com isso garantir a integridade dos mesmos.

Automação pode ser definido como a utilização da eletroeletrônica e da mecânica para controlar seu próprio funcionamento praticamente sem a intervenção do homem. Os processos de automação dividem-se em cinco elementos, são eles: acionamento, sensoriamento, controle, comparador ou elemento de decisão, e programas (SENAI, 2000).

O processo de aquisição de dados está facilitado pela popularização dos sistemas microcontrolados e com o acesso a sensores eletrônicos que dispensam calibração, além da facilidade do acoplamento desses dispositivos a sistemas de comunicação sem fio. Todas essas condições permitem a criação de sistemas de monitoramento de temperatura interna em silos com custo atraente e com informação das condições de temperatura em tempo real, facilitando e otimizando tanto o trabalho do operador, como permitindo o registro dos dados.



O microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de Circuito Integrado que faz a integração de todas as partes básicas de um microcomputador, como o microprocessador, memórias voláteis e não-voláteis, portas de entrada e saída. É um microprocessador simples, no qual se incorpora uma grande quantidade de dispositivos com o intuito de usá-lo nas mais diversas aplicações de controle. Geralmente, é limitado em termos de quantidade de memória principalmente no que diz respeito à memória de dados, e sendo utilizado em aplicações específicas, isto é, naquelas que não necessitam de armazenar grandes quantidades de dados. Apresenta um custo bastante baixo e possui vários fornecedores (GIMENEZ, 2005; ZELENOVSKY & MENDONÇA, 2017).

O Arduíno é uma plataforma microcontrolada baseada nos microcontroladores da Atmel, com uma ampla disponibilidade de modelos para atender a inúmeras atividades (MARTINAZZA & ORLANDO, 2016). O Arduino pode ser definido como uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, composto por um microcontrolador, com uma estrutura de entradas e saídas acopladas que podem ser conectados a outros circuitos e sensores. São processos digitais interligados a sensores e atuadores, permitindo a construção de sistemas que possam captar valores da realidade e conseqüentemente responder ações físicas programadas.

Os sistemas supervisórios, conhecidos como Interface Homem Máquina (IHM) ou Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA), iniciaram-se com interfaces bem simples e, conseqüentemente, funções dedicadas amadureceram e mudaram em poucas décadas para tornar-se possivelmente a maior influência no meio industrial atualmente (PEIXOTO FILHO, 2017). De acordo com Nunes (2018), sistemas supervisórios permitem que informações de um processo produtivo ou instalação física sejam monitoradas e rastreadas. As informações são coletadas por meio de equipamentos de aquisição de dados, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente apresentadas ao usuário. Um sistema supervisório normalmente recebe o nome de Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados e tem por objetivo facilitar a interação do usuário com o chão de fábrica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Monitorar a temperatura e umidade em um silo piloto 24 horas por dia, com consulta de informações periódicas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Pesquisar melhores sensores de monitoramento de temperatura
- Montar os sensores no silo;
- Programar a placa microcontroladora;
- Monitorar os valores periodicamente e na **IDE arduino**;

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **Tipos de unidades armazenadoras**

A armazenagem dos grãos pode ser feita de duas formas: a granel ou em sacarias. O armazenamento de sacarias é mais utilizado para produtos que tenham um valor agregado maior ou produtos com características diferenciais como açúcar, farinha, entre outros. E o a granel tem se difundido pela rapidez em que o grão pode ser trabalhado além de ser um modo de armazenamento em que se pode ter uma automação maior comparado com o armazenamento em sacarias. (LORINI et al., 2002). Um exemplo de unidade para armazenamento a granel é o silo.

#### **Silos**

Segundo Palma (2005) silos são construções destinadas ao armazenamento de produtos granulares ou pulverulentos em geral. Palma (2005) também define que silos no setor agrícola são comumente construídos utilizando chapas metálicas corrugadas. A importância da utilização de silos se dá principalmente pela necessidade da estocagem de produtos e materiais em espaços reduzidos, no setor agrícola onde os silos são utilizados por cooperativas e produtores a estocagem ganha uma importância do ponto de vista econômico sendo utilizada para o controle do escoamento e abastecimento (PALMA, 2005).

#### **Fungos em grãos armazenados**

Os fungos são a segunda maior causa de deterioração de grãos armazenados no mundo todo, perdendo apenas para insetos. Causam aquecimento dos grãos e levam a perda do poder germinativo, descoloração, redução do valor nutricional, bem como à alterações no odor (mofado, azedo). Todos que armazenam sementes ou grãos, armazenam também fungos e seus esporos, por isso há uma necessidade em conhecer sobre esse grupo de microrganismos, para poder tomar medidas que possam controlar ou reduzir sua ação. (LORINI et al., 2002).

Os principais fatores que favorecem o desenvolvimento dos mesmos são: conteúdo de umidade, umidade relativa, temperatura, linhagem do fungo contaminante e competição microbiana. Mas outros fatores como disposição de

oxigênio (microclima) também podem favorecer a proliferação do mesmo. (LORINI et al., 2002).

## **Temperatura**

Para várias espécies de fungos, a temperatura de 30° C é ideal para o seu crescimento, e esta temperatura é temperatura ambiente de países tropicais. Quando existem diferenças de temperaturas na massa de grãos, ocorre a transferência de umidade (quando os vapores de água translocam-se para as camadas mais frias) e isso favorece a proliferação fúngica. (LORINI et al., 2002).

Pelo aumento de temperatura de forma disforme no armazenamento de grãos é que surge a necessidade de monitorar a temperatura do ambiente interno de armazenagem. (CITOLIN, 2012).

## **Umidade**

O teor de Umidade é, sem dúvida, o fator mais importante a ser observado quando falamos em preservação da qualidade do grão, pois tem atuação direta nos processos de deterioração ocorridos na armazenagem.

Na prática, as condições ideais do ambiente no interior do silo e da massa de grãos são entre 23°C a 35°C, com umidade relativa de 70%.

Inibir o desenvolvimento da microflora: o desenvolvimento de fungos e outros microrganismos é favorecida em ambientes com umidade relativa alta que não deve ultrapassar os 70%.

Digamos que um determinado grão com 13% de umidade está em equilíbrio com o ar com Umidade Relativa de 65% a 25°C. Se colocarmos este grão num ambiente ou em contato com ar com 40% de Umidade Relativa a 25°C, existe um desequilíbrio e haverá a passagem da água do grão para o ar (secagem). No caso inverso, se o ar estiver com 90% de Umidade Relativa a 25°C, a água do ar, em forma de vapor, tenderá a transferir-se para o grão (Umedecimento). (REVISTA CULTIVAR)

## **Sensores**

Como o nome sugere, em um sensor baseado no efeito capacitivo os eletrodos formam um capacitor e o polímero tem a função de dielétrico, ao absorver ou perder água a capacitância é modificada, e com isso obtém-se o valor da umidade relativa do ar. Já os de efeito resistivo, possuem os eletrodos e o polímero montados de tal forma que atuam como um resistor, de forma análoga ao caso anterior, sua resistência é modificada pela absorção ou perda de água (SIVIERO, 2017). O DHT22 é um sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80°C e umidade entre 0 a 100%. É muito fácil de usar com Arduino, Raspberry Pi e outros microcontroladores, pois possui apenas 1 pino com saída digital. Este sensor AM2302 é compatível com os modelos DHT22/AM2303 e sendo formado por um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar ao redor, enviando no pino de dados um sinal digital (AOSONG, 2019).

A temperatura é uma medida que relaciona o nível de agitação das moléculas com a transferência da energia cinética entre os átomos de um material, expressa em unidades de graus Celsius, ou em outra escala. Para a realização de medidas de temperatura, na maioria dos casos, é utilizada a propriedade física do aumento da resistência elétrica com o aumento da temperatura, em que um sistema monitorado é possível ler esta variação. Os sensores que se utilizam dessa propriedade são os chamados RTDs (Resistance Temperature Detectors), termorresistências em português (MARTINAZZA & ORLANDO, 2016). Conforme Siviero (2017), como o próprio nome sugere, estes dispositivos conseguem mudar suas características elétricas a partir de uma mudança de temperatura, os tipos mais comuns são as termo resistências, os termopares e os termistores.

## **Microcontroladores**

O microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de Circuito Integrado que faz a integração de todas as partes básicas de um microcomputador, como o microprocessador, memórias voláteis e não-voláteis, portas de entrada e saída. É um microprocessador simples, no qual se incorpora uma grande quantidade de dispositivos com o intuito de usá-lo nas mais diversas aplicações de controle.

Geralmente, é limitado em termos de quantidade de memória principalmente no que diz respeito à memória de dados, e sendo utilizado em aplicações específicas, isto é, naquelas que não necessitam de armazenar grandes quantidades de dados. Apresenta um custo bastante baixo e possui vários fornecedores (GIMENEZ, 2005; ZELENOVSKY & MENDONÇA, 2017).

Segundo Citolin (2012), o microcontrolador possui elementos lógicos e aritméticos além de possuir integrado internamente uma série de periféricos e permite conexões elétricas na forma de carga em suas portas. Elementos comuns de um microcontrolador são a memória interna para escrita e leitura para armazenamento de dados; memória de programa volátil; memória eeprom para armazenamento de dados permanentes; conversores analógico-digitais; comparadores de tensão; interface de comunicação serial; oscilador (relógio) interno; contadores e temporizadores.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia iniciou-se pela pesquisa dos melhores sensores atualmente utilizados no mercado, escolhendo-se o DHT22 para monitorar a temperatura e a umidade.

### 4.1 MATERIAIS

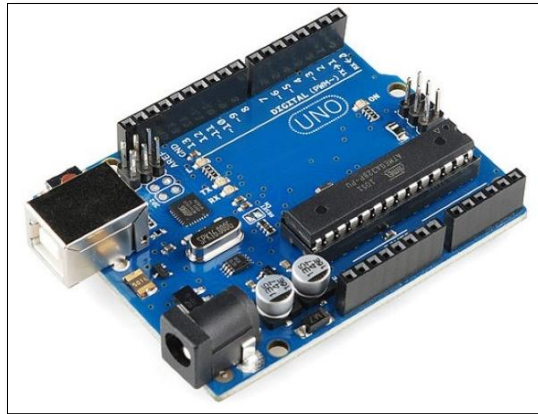


Figura 1 – Arduíno UNO R3

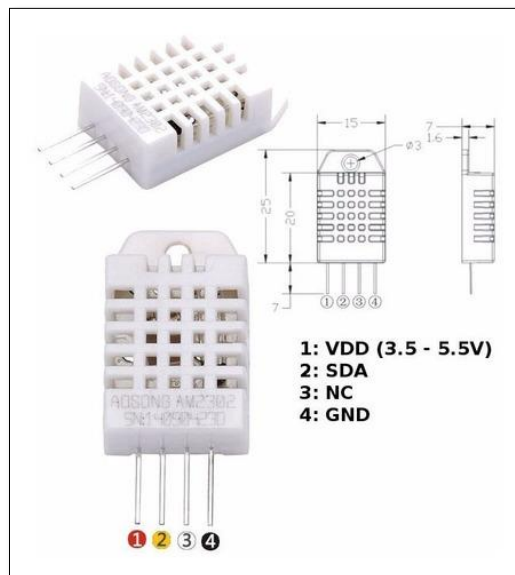


Figura 2 - Sensor de DHT22 mostrando seu encapsulamento e seu cabo de alimentação (VCC), terra (GND) e dados (Data).



Figura 3 - Display OLED 128x64 0.96 I2c

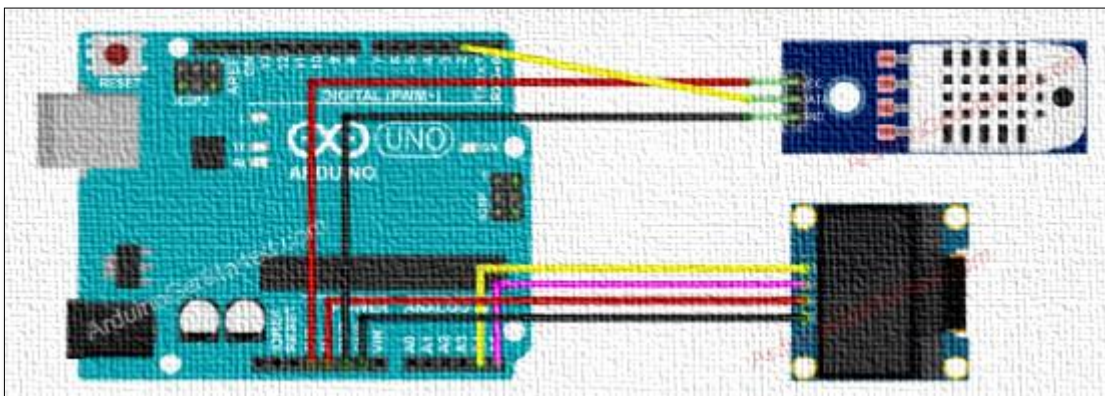


Figura 4 – Esquema de ligações

#### 4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO

O esquema de ligações é dado pela conexão das entradas analógicas do arduino aos pinos do sensor OLED; bem como o sensor DHT22 conecta-se as entradas digitais, de aterramento e tensão da placa arduino UNO R3. O Sensor de Temperatura e Umidade DHT22, também conhecido como Sensor AM2302, é um sensor que faz a medição da temperatura e da umidade com alta precisão, sendo que é permitido fazer leituras de temperaturas entre  $-40^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  Celsius e umidade entre 0 a 100%. O DHT22 funciona através de um sensor capacitivo de umidade e um termistor, todos enviando informações para um microcontrolador de 8 bits que responde com um sinal digital para outro microcontrolador, como Arduino UNO no caso. Ele trabalha com tensão de 3,5 a 5,5V e possui um baixo consumo de corrente, por volta de 1mA a



1,5mA, sendo que em stand by é de 40 $\mu$ A a 50 $\mu$ A. O display OLED é composto por uma camada de material orgânico que é colocado entre dois eletrodos sendo que um deles geralmente é transparente. Esse material orgânico, ao ser estimulado por um campo eletromagnético, emite luz, dispensando assim o uso do backlight. No caso do experimento em questão, o uso do display tem por finalidade expor as leituras realizadas pelo sensor de umidade e temperatura.

### 4.3 LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi realizado no laboratório de propriedades físicas dos materiais e armazenagem agrícola, na Universidade Federal Rural de Pernambuco.



Figura 5 - Silo Piloto do laboratório de armazenagem

O silo utilizado no projeto possui as dimensões: altura útil de 85 cm, diâmetro 50 cm. O mesmo é feito de aço. Apresenta internamente uma estrutura de forma circular com 4 barras, de sustentação. No centro do silo, instalou-se o sensor DHT22, que possui um extenso raio de alcance no interior do silo. No sensor estão conectados os cabos de VCC, DADOS E TERRA, os quais descem para alimentação e comunicação até a parte inferior do silo para se conectar com o micro controlador.



Figura 6 – Estrutura interna do silo com o sensor conectado ao centro

## 5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Foram desenvolvidas pesquisas e atividades práticas, a priori para encontrar os melhores componentes a serem utilizados no projeto, em função disso iniciou-se a programação com um código referente a premissa do projeto e consecutivos testes funcionais. Para o sistema de instalação, utilizou-se um suporte de sustentação do sensor no centro do silo, o mesmo fora conectado a placa de arduíno UNO. Após a coleta dos dados de temperatura e umidade, as leituras foram expostas simultaneamente no display OLED.

## 6. RESULTADOS

O trabalho monitorou a temperatura e umidade do silo por um mês, as leituras eram colhidas gradativamente.

O monitoramento de temperatura e umidade do sensor teve seus dados colhidos e expostos via display por um mês. As leituras são de dois modos como é representado nas figuras abaixo respectivamente.

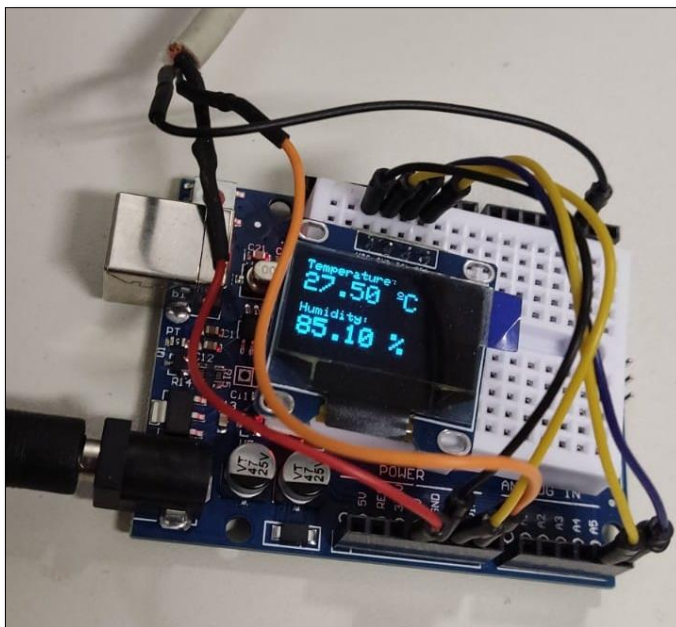


Figura 7 – Representação no display da variação de temperatura e umidade com grãos em ambiente refrigerado. (1ª leitura)

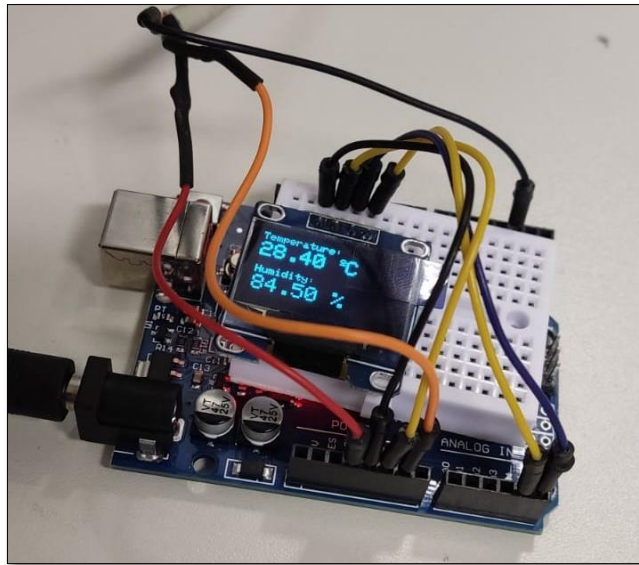


Figura 8 – Representação no display da variação de temperatura e umidade com grãos em ambiente não refrigerado. (1ª leitura)

Leituras gradativas			
<b>Umidade</b>	83,90%	<b>Temperatura</b>	28,20°
<b>Umidade</b>	83,70%	<b>Temperatura</b>	28,10°
<b>Umidade</b>	83,60%	<b>Temperatura</b>	28,00°
<b>Umidade</b>	83,40%	<b>Temperatura</b>	27,90°
<b>Umidade</b>	83,20%	<b>Temperatura</b>	27,70°
<b>Umidade</b>	82,00%	<b>Temperatura</b>	27,60
<b>Umidade</b>	81,70%	<b>Temperatura</b>	27,50
<b>Umidade</b>	80,00%	<b>Temperatura</b>	27,40
<b>Umidade</b>	80,10%	<b>Temperatura</b>	27,55
<b>Umidade</b>	80,05%	<b>Temperatura</b>	27,50

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se a possibilidade de monitoramento automatizado através dos sensores de temperatura, em específico o DHT22, de umidade também DHT22 e que o uso destes apresenta melhor economia no tocante aos custos e também eficiência

nas leituras apresentadas. Percebe-se que as primeiras leituras estão com valores mais elevados pelo motivo de ainda estarem em condições ambientais, à medida que refrigerou o ambiente, houve uma queda gradativa até estabilização, apresentada nas três últimas leituras.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. Armazenagem de Grãos. Instituto Bio Geneziz. Campinas, 2002.

CITOLIN, R. S. **Termometrix sistema de termometria para silos**. 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre, Brasil.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Telecurso 2000 – Módulos especiais mecânica**.

AERAÇÃO COM QUALIDADE. Disponível em:

< <https://revistacultivar.com.br/artigos/aeracao-com-qualidade>> Acesso em 20 Out.2022

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016**. IPEA, 2018.

DAVID, K.A.. et al. PCA – **Programa para construção e ampliação de Armazéns – Uma análise da evolução de acesso das regiões Centro-Oeste e Sul brasileira**.

Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178745/1/CBSoja-2018.pdf>. Acesso em: 05 set 2022.

ELY, Anderson. **Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura**. Disponível em: <http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/859>. Acesso em: 09 set. 2022.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos**. Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2003

GIMENEZ, S. P. Microcontroladores 8051. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2005.

PEIXOTO FILHO, B. C. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio para o kit didático rotary flexible** link. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Controle e Automação de Processos). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2017

ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. **Microcontroladores: Programação e Projeto com a Família 8051**. MZ Editora Ltda. 2017. 448p.

IBGE. Tabela 259: **Número de informantes e Capacidade útil dos armazéns e silos para produtos a granel**. SIDRA, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/259>> Acesso em 01 out 2022.