

Sistema de monitoramento para silos de armazenamento

João Vitor de Alencar Santos
Marcelo Zatera
Paulo Renato Serpa Ehms Pinto
Sandro Roberto Schmidt Jr

Orientadores: Flávio Adalberto Poloni Rizzato
Dailhane Grabowski Bassinello
flavio.rizzato@ifpr.edu.br
dailhane.bassinelo@ifpr.edu.br

Sistema de monitoramento para silos de armazenamento

Resumo:

O Brasil é um dos maiores expoentes mundiais na produção de grãos. Entretanto, devido à situação do armazenamento no país, ocorrem muitas perdas na safra no período pós colheita, por conta de fatores de ordem física no qual está relacionado principalmente o teor de umidade e temperatura. Diante desse cenário, o presente trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de monitoramento agregado a um protótipo de pequena escala, representando os processos de aeração em silos, partindo da premissa que o mesmo reduzirá perdas existentes na etapa de armazenagem. A principal inovação tecnológica implementada foi a presença de um fuso rotativo (parafuso de Arquimedes) interno ao silo, que fará a agitação do conteúdo armazenado, otimizando sua secagem. Foram utilizados sensores com a finalidade de acionar o fuso sempre que condições de umidade e temperatura saírem dos valores ideais. O monitoramento é feito através da plataforma Arduino para aferição dos parâmetros físicos condicionantes na conservação dos grãos. A programação é em linguagem C++, e que determinam a ativação do sistema. Para o monitoramento, foi criado um aplicativo em Java, que dispõe os dados em interface gráfica e pode ser acessado por um celular.

Valores inadequados, como maiores que 11% para teor de umidade e altas temperaturas, fizeram o acionamento do sistema até sua estabilização, o que resultou na melhora do tempo de armazenamento e consequentemente na diminuição das perdas por deterioração, garantindo que o aproveitamento da safra seja maior.

Palavras chave: silos, armazenamento de grãos, sistema de aeração.

Sumário:

1. Introdução	pág 5
1.1 Justificativas.....	pág 5
1.2 Objetivos.....	pág 9
2. Materiais e métodos	pág 10
2.1 Construção do protótipo.....	pág 13
2.2 Programação.....	pág 16
2.3 Alimentação.....	pág 18
3. Resultados e discussões	pág 21
4. Referências	pág 23
5. Anexos	pág 25

Índice de tabela e figuras:

TABELA 1. Produção de grãos x capacidade de armazenamento.....	pág 6
FIGURA 1. Capacidade estática de armazenagem por mesorregião do Paraná.pág	6
FIGURA 2. Planta de armazenamento tradicional.....	pág 10
FIGURA 3. Gráfico do teor de água vs temperatura.....	pág 11
FIGURA 4. Sistema de aeração em silo.....	pág 12
FIGURA 5. Temperatura das camadas de grãos durante a aeração.....	pág 13
FIGURA 6. Imagem ilustrativa do protótipo.....	pág 14
FIGURA 7. Fuso de Arquimedes.....	pág 15
FIGURA 8. Imagem do mancal superior.....	pág 15
FIGURA 9. Imagem do Motor.....	pág 15
FIGURA 10.Imagem Ilustrativa do Corpo do Silo.....	pág 16
FIGURA 11. Modelagem da base do protótipo.....	pág 16
FIGURA 12. Imagem da Flange utilizada na ventilação.....	pág 17
FIGURA 13. Sensor DHT22.....	pág 17
FIGURA 14. Sensor MQ-135.....	pág 18
FIGURA 15. Imagem do módulo Arduino MEGA.....	pág 18
FIGURA 15. Imagem do módulo ESP8266.....	pág 19
FIGURA 17. Fonte do tipo ATX.....	pág 19
ANEXO 1.....	pág 25
ANEXO 1.2.....	pág 27
ANEXO 2.....	pág 28

1. Introdução

Uma fração importante da agricultura brasileira teve significativas mudanças no decorrer do século XX, mas especificamente a partir dos anos 50.

“A uma agricultura de base local, cujos circuitos espaciais produtivos eram circunscritos regionalmente, se sobrepõe uma agricultura moderna, cada vez mais mundializada, cuja lógica de funcionamento transcende a escala local e até mesmo as fronteiras do território nacional. (Santos, 1986)”

Essa agricultura mundializada, coloca o Brasil como um expoente na produção agrícola em escala mundial. Durante os últimos anos, a produção de grãos, tem crescido bastante no território nacional, alavancando valores exorbitantes para a economia do país. Só em 2023, é esperado um crescimento de 4,7 % em relação ao ano anterior, conforme revelam fontes do Ministério da Agricultura e Agropecuária. Milho e soja são os insumos com os maiores aumentos na produção, com o valor de 8,4% e 16% respectivamente. Consolidando um aumento de 11%, a safra está prevista para 312,5 milhões de toneladas no decorrer do ano.

O Brasil ocupa a primeira posição no ranking mundial de maiores produtores de soja, diante de uma projeção de 151,4 milhões de toneladas, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), ficando os Estados Unidos em segundo lugar no ano de 2022/23.

Apesar de ter ultrapassado os EUA recentemente, dados antigos nos mostram que o Brasil, mesmo produzindo mais soja por hectare, já chegou a ocupar o segundo lugar nesse ranking. Isso era devido a perdas de 15%, por precariedade nas instalações físicas de armazenamento. (Lima Júnior et.)

A etapa de armazenagem, também conhecida como beneficiamento, é crucial para a cadeia produtiva agrícola. Pois é durante este estágio que os insumos produzidos ficam acondicionados por um grande intervalo de tempo, podendo durar meses. Isso é feito com objetivo de manter a qualidade do grão até o período mais propício ao comércio, visando maior lucratividade.

Porém, no Brasil há um déficit entre quantidade produzida e o número de estruturas para armazenar, como se mostra abaixo:

	Produção de grãos	Capacidade de armazenamento	Porcentagem
Brasil	242,138,9	169,591,8	70%

TABELA 1- Produção de grãos x capacidade de armazenamento.

Fonte: CONAB 10/2022

Tomando a parte o Paraná, o segundo maior produtor de soja do país, a situação não é diferente. O mapa mostra um déficit de cerca de 81%, pois a capacidade de armazenamento é inferior à quantidade produzida.

CAPACIDADE ESTÁTICA DE ARMAZENAGEM POR MESORREGIÃO DO PARANÁ

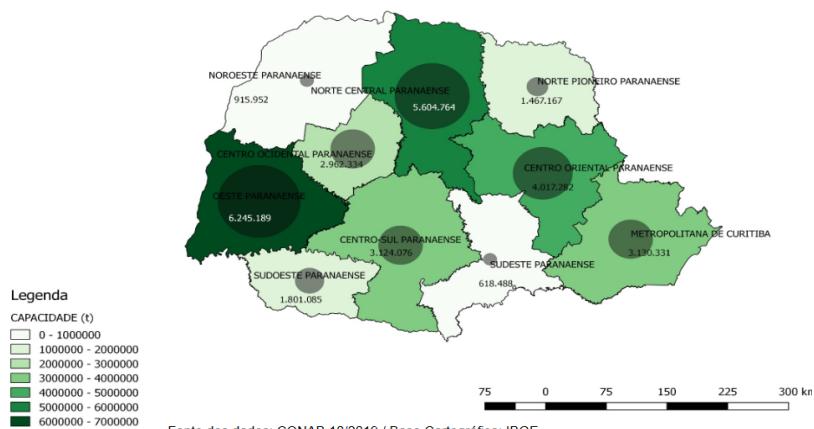


FIGURA 1- Capacidade estática de armazenagem por mesorregião do Paraná.

Fonte: CONAB 10/2019 / Base cartográfica: IBGE

Somados à insuficiência de estruturas armazenadoras, estão os problemas de armazenamento, que implicam em perda na quantidade e qualidade dos grãos. Segundo o SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural):

“As perdas mundiais no pós-colheita podem atingir 30% da produção agrícola. Corrobora com isso os índices apresentados pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento). (SENAR - 2018)”

Conforme Machado Júnior e Neto:

“No Brasil, as perdas entre a colheita e o armazenamento chegam a 20% e os prejuízos de qualidade e quantidade ocorrem, principalmente, pela presença de contaminantes de natureza biológica, física e química na fase de

pós-colheita dos grãos, o que afeta cerca de 10% da produção nacional. (Machado Jr & Neto, 2019)"

As perdas são quantitativas e qualitativas e as médias brasileiras de grãos, estimadas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento(MAPA) e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), indicam valores de, aproximadamente, "10% do total produzido anualmente" (Lorini, 2007). As baixas nos índices da qualidade dos grãos assumem uma importância acentuada, uma vez que comprometem o valor comercial da produção ou ainda podem invalidar a classificação objetivada e mudar para finalidades menos valorizadas financeiramente ou numa estimativa mais pessimista invalidar o produto final.

Entre os grãos que sofrem estas perdas estão o milho e a soja, que são as principais fontes de nutrientes para a população mundial. No Brasil, o consumo anual desses grãos em 2019 foi de 12 milhões de toneladas (Abitrigo, 2019). O consumo desses grãos, independentemente do produto final, só podem ser comercializados de acordo com regulamentos técnicos.

Além de exigências de normativas oficiais, do ponto de vista tecnológico, cada produto derivado desses grãos necessita de parâmetros físico-químicos específicos, para que se obtenha o máximo de rendimento e produto final com características de qualidade desejadas pelo consumidor. (Machado Jr&Neto, 2019)

A deterioração do grão está relacionada principalmente ao teor de umidade, que é fundamental para a armazenagem segura. O tempo de armazenagem em silos aumenta um fator de 1,5 para cada 1% de redução no conteúdo de umidade. Não é possível conservar o grão muito úmido e satisfazer exigências comerciais, como poder germinativo, cor e odor normais. O grão seco não sofre alteração ou deterioração durante o armazenamento, mesmo se a temperatura for relativamente alta, por exemplo, 25 °C" (Poichotte, 1980). Para períodos de armazenagem mais longos, de quatro a 12 meses, o teor de umidade deve ser reduzido para 13%, que é o limite máximo permitido pela legislação brasileira (Tibola et al., 2011). Esclarece-se ainda que grande parte do armazenamento de grãos no Brasil se faz por meio de silos que é um reservatório fechado, de construção acima ou abaixo do solo, próprio para armazenamento de material granuloso.

Diante disso, o presente projeto trata de um sistema de gerenciamento de grãos. Isso porque a partir de pesquisas verificou-se que os silos, instalação de armazenamento de grãos, podem melhorar a qualidade de armazenamento bem como diminuir as perdas a partir de um sistema eletrônico que monitora a umidade e a fermentação dos grãos.

Objetivo geral:

- Demonstrar o funcionamento de um sistema de monitoramento de fatores, como a umidade, temperatura, CO₂ no armazenamento de grãos de feijão, milho e soja em silos tradicionais.

Objetivos específicos:

- Construir um protótipo de silo para verificar o funcionamento do sistema de monitoramento no armazenamento dos grãos;
- Verificar o funcionamento do sistema inteligente na manutenção dos grãos, acionando o sistema de ventilação e movimentação de grãos.

2. Métodos e materiais

O projeto se baseia na pesquisa qualitativa e usou-se o método hipotético dedutivo, pois consistiu na eleição de proposições hipotéticas, que possuem certa viabilidade para responder a um problema.

Nessa direção, a constatação da perda da safra, devido ao armazenamento, nos motivou a desenvolver algo que pudesse atenuar e/ou erradicar as perdas. Para tanto pesquisou-se sobre as características dos grãos e também a estrutura e os tipos de silos. As proposições hipotéticas são que um sistema inovador de monitoramento poderá diminuir a perda dos grãos, tornando o processo mais econômico.

Observou-se que o grão passa por duas fases durante o armazenamento, envolvendo dois tipos de estrutura:

- Primeiramente, o produto é enviado ao silo secador.
- Na segunda etapa é feito uso do silo armazenador.

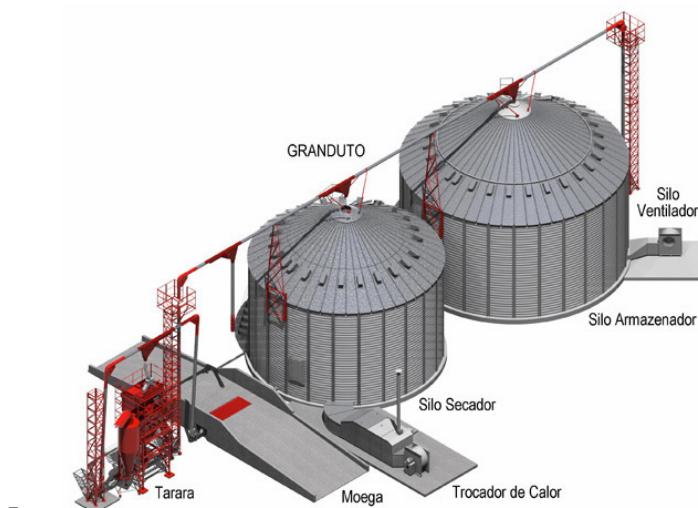


FIGURA 2 : Planta de armazenamento tradicional.

Fonte:

https://caldeirariaindustrial.wordpress.com/2018/05/02/silos_metalicos_para_armazenagem_de_graos_cimento/) Acessado em 19/05/20223

Após a colheita, os grãos apresentam temperatura e percentuais de umidade que geralmente não são ideais para o armazenamento. Então a produção é enviada a um silo secador, onde se fará necessário o artifício de ventilação forçada ou natural para que se efetue uma diminuição na umidade, sendo este processo denominado aeração.

Já o silo armazenador é onde o grão passará mais tempo. Após receber o produto que passou pela etapa de secagem, esta estrutura será responsável pela conservação do material durante um longo intervalo de tempo. Podendo durar até 18 meses, é nessa fase que a produção fica sujeita a diversos fatores, tanto físicos como biológicos, que podem causar deterioração. Portanto é importante que se receba atenção e monitoramento durante todo o período que o material ficará armazenado.

Cada grão tem suas características e propriedades. Devido à importância nacional, foi elegido a soja, que é o grão mais produzido tanto em parâmetro nacional como regional. A soja atinge sua maturação, quando a umidade está entre 45% e 50%. Porém, ela é colhida apenas nas condições, de 14% e 20 % de umidade. Para armazenamento de um ano, recomenda-se que o grão seja seco até apresentar teor úmido de 11%. A temperatura ideal é de no máximo 15° C.

No diagrama abaixo, é possível notar que as condições ideais de conservação de todos os grãos estão entre 20% de teor de água e no máximo em 20°C de temperatura. Após essas faixas, o grão pode sofrer o processo de deterioração ou germinação. Os valores referentes à soja encaixam-se neste quadro, então o sistema de aeração deverá funcionar dentro dos limites de boa conservação. Estados de armazenagem fora desses padrões, são os maiores causadores de perdas.

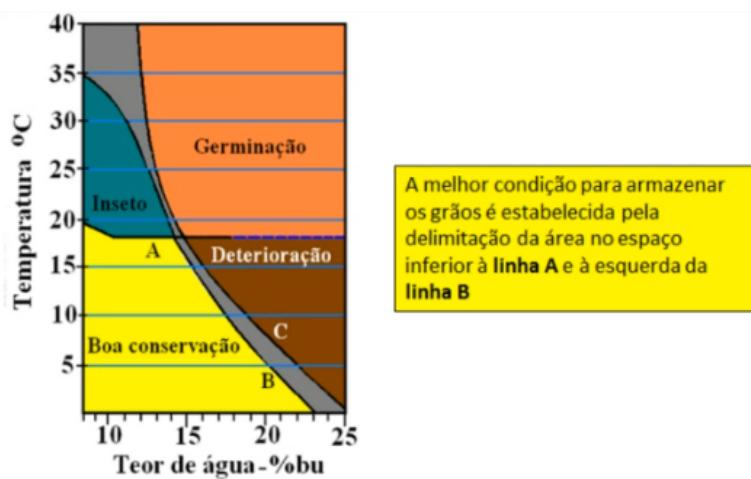


FIGURA 3. Gráfico do teor de água vs temperatura.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NFBXR6v3DMA>

A aeração é o principal recurso utilizado hoje em dia para suprimir os fatores físicos condicionantes na deterioração dos grãos, estando presente tanto no silo

secador como no de armazenagem. O sistema de aeração é constituído de componentes que realizam a secagem do conteúdo interior ao silo. Para tal, é usado ventilação do tipo axial, consistindo de um motor com ventilador, que faz o insuflamento do ar e fica instalado na parte exterior. Utiliza-se um duto com grade, para não haver o contato do motor com os grãos, transferindo o ar até o interior do silo. Isso pode ser visualizado no esquema abaixo:

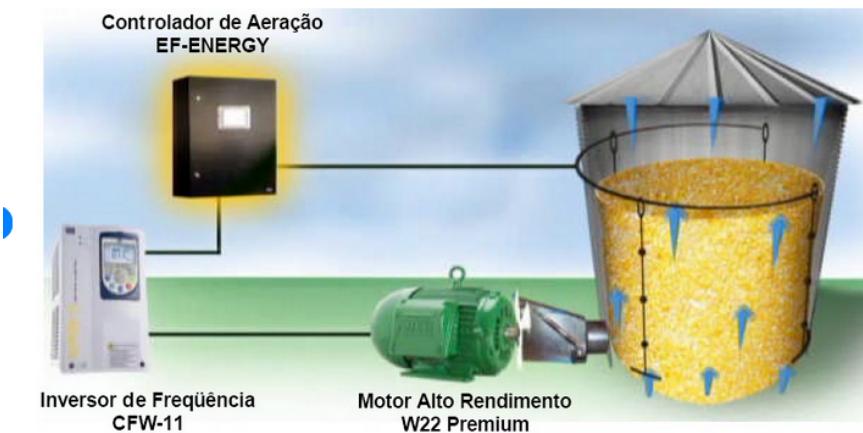


FIGURA 4 : Sistema de aeração em silo.

Fonte: CERON, Luciano Peske. Solução de eficiência energética para aeração de silos com armazenagens de grãos de milho.

<https://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id957.pdf>

A secagem dos grãos funciona da seguinte maneira:

Utiliza-se da passagem de frentes de secagem, da parte inferior, onde encontra-se o ventilador até a superior, em que fica localizada a camada de grãos mais alta. Um dos problemas resultantes desse modo de ventilação é a demora das camadas superiores em serem secas. Quando acionado o sistema, os grãos inferiores são aerados rapidamente. Na contramão, os mais distantes do ventilador demoram um intervalo de tempo maior, configurando uma desvantagem, pois o sistema deve ficar ligado por um tempo prolongado até que o nível de umidade seja estabilizado, elevando os custos de operação.

O esquema abaixo representa as diferentes temperaturas na massa de grãos durante o processo de secagem:

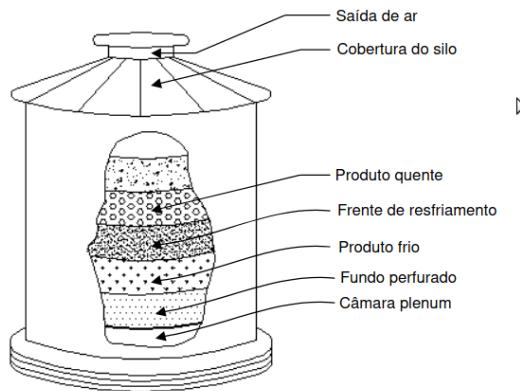


FIGURA 5 : Temperatura das camadas de grãos durante a aeração.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NFBXR6v3DMA>.

O problema no prolongamento do tempo de aeração, em decorrência das camadas com as diferentes temperaturas, poderia ser facilmente solucionado com o emprego de novas tecnologias.

O fuso de Arquimedes representa uma solução frente a essa dificuldade e pode ser considerado como ferramenta útil dentro de um silo de armazenamento.

Sendo uma tecnologia muito antiga, o equipamento consiste de um grande parafuso inserido em um tubo justo, e é utilizado para transporte de líquidos ou grãos de um ponto mais baixo a outro mais elevado. Dentro de um silo funcionaria como um agitador para os grãos, pois ao ser rotacionado faria com que todo o conteúdo interno fosse movimentado, uniformizando o processo de aeração. A eficácia desta solução, seria comprovada com a diminuição do tempo dispensado para secagem nos silos atuais e resultaria em diminuição de custos elétricos.

A ativação da rotação do fuso pode ser feita de modo inteligente, contando com a presença de sensores internos ao silo. Estes equipamentos detectam as variáveis implicantes na deterioração do grão, como temperatura e oxidação (apodrecimento). Tais sensores já existem em silos atuais para o monitoramento da qualidade, porém a integração dos mesmos com o sistema de eixo rotatório é uma inovação nos processos de aeração, pois não está presente em nenhum silo até então. Ela representaria uma grande influência no processo de conservação dos grãos, contribuindo com a redução das perdas por armazenamento, tema do qual trata este trabalho.

Em vista do conteúdo pesquisado, foi dado início a construção de um protótipo em pequena escala, que reproduzisse o sistema de ventilação nos silos. Tal protótipo irá implementar melhorias que serão cruciais para a boa conservação dos grãos, fazendo uso das tecnologias já apontadas.

2.1 Construção do protótipo:

Abaixo apresenta-se a imagem da modelagem 3D do resultado final do protótipo, que foi construído para demonstração do sistema de aeração proposto.



FIGURA 6. Imagem ilustrativa do protótipo

Fonte: Autores

A maior inovação implementada foi o sistema de uniformização de grãos, que realiza a movimentação do conteúdo inserido no interior do silo. O eixo rotativo é constituído por um parafuso de Arquimedes de medidas: 30 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro, feito de filamento PLA em impressora 3D. A escolha do material se deu devido ao fator custo/benefício e a facilidade de imprimir o formato helicoidal, para fins de demonstração em protótipo.



FIGURA 7. Fuso de Arquimedes.

Fonte: Autores

A fixação do fuso é feita por dois mancais, um localizado na parte superior do fuso e outro na parte inferior, constituído de rolamento, bucha de nylon e madeira MDF.



FIGURA 8. Imagem do mancal superior.

Fonte: Autores

O fuso é movimentado por um motor elétrico 12V, da categoria dos utilizados em vidros de automóveis, que possui potência suficiente para a carga demandada e foi fixado na parte superior do protótipo.

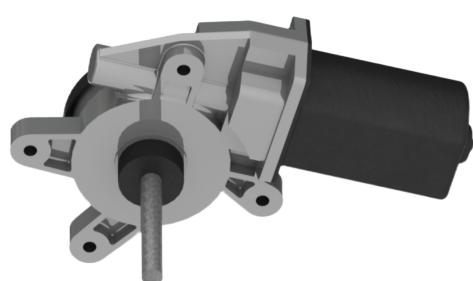


FIGURA 9. Imagem do Motor.

Fonte: Autores

As paredes da estrutura foram feitas com cano PVC de dimensões: 40 cm de altura, 20 cm de diâmetro e a espessura de 0,2 cm, com o objetivo de se parecer com um silo convencional.



FIGURA 10. Imagem Ilustrativa do Corpo do Silo.

Fonte: Autores.

Toda a estrutura está suspensa numa base, no qual se optou utilizar uma tábua de madeira MDF com dimensões: 30x30cm. Foi feita uma cavidade circular de 20 cm de diâmetro e 0,2 cm de espessura para o encaixe do corpo do silo, que é representado pelo cano de PVC. O corpo do silo foi colocado na base de madeira e o encaixe foi vedado com cola quente para evitar a perda de ar durante o processo de aeração. A base também serve de suporte para fonte de alimentação e o circuito elétrico do sistema de grãos.



FIGURA 11. Modelagem da base do protótipo.

Fonte: Autores.

O sistema de ventilação foi feito com duas ventoinhas de 12V, com dimensões 4x4 cm, fixadas na parte inferior (entrada de ar) e superior (exaustão) do

corpo do silo. Foi modelada no software solidworks, uma flange impressa em filamento PLA , com o objetivo de fixação das ventoinhas e direcionamento do fluxo de ar.



FIGURA 12. Imagem da Flange utilizada na ventilação.

Fonte: Autores.

2.2 Sensores e Programação:

A ativação do eixo rotativo e da ventilação é feita de modo automatizado por sensores da plataforma Arduino. Como as variáveis determinantes na conservação do grão são a umidade e a temperatura, recorreu-se ao uso do sensor DHT22. Esse sensor é responsável pela obtenção dos dados desses fatores. Por ser idealizado para projetos experimentais, pode ser facilmente utilizado em uma placa microcontroladora Arduino, realizando amostragem de umidade e temperatura no mesmo componente.

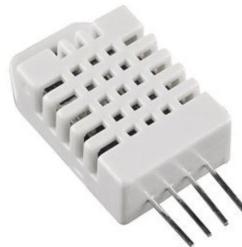


FIGURA 13. Sensor DHT22

Fonte:<https://www.baudaelectronica.com.br/produto/sensor-de-temperatura-e-umidade-dht22.html>

Outro fator responsável pela deterioração dos grãos é a presença de CO₂, que em casos extremos reflete no apodrecimento do grão. Portanto foi utilizado o sensor MQ-135 que faz a medição de diversos tipos de gases, incluindo o CO₂



FIGURA 14. Sensor de gás MQ-135

Fonte:<https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-gas-mq-135-para-gases-toxicos/>

Os sensores estão integrados à placa microcontroladora Arduino, que fará a leitura dos dados do sensor. A plataforma Arduino é uma placa de prototipagem de código aberto muito popular na área acadêmica em todo o mundo, pois permite a construção de projetos eletrônicos, oferecendo diversas vantagens. Dentre elas podemos citar um fácil ambiente de programação com código aberto, feito na linguagem C + +, o que permite uma versatilidade de operações. A outra vantagem é uma interface simples, o que proporciona uma rápida aprendizagem.

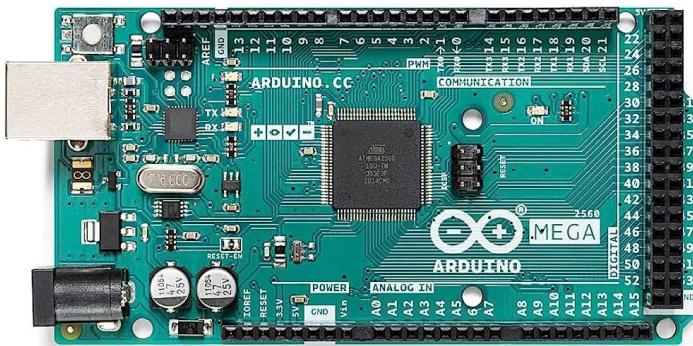


FIGURA 15. Imagem do módulo Arduino MEGA.

Fonte:<https://www.amazon.com.br/ARDUINO-MEGA-2560-REV3-A000067/dp/B0046AMGW0>

Juntamente com a placa Arduino foi utilizado um módulo ESP8266, que possui conexão wireless, pois foi criado um aplicativo com interface gráfica, para monitoramento dos dados obtidos pelos sensores e se o estado do fuso está em ON ou OFF. O ESP funciona como comunicação entre o aplicativo e o Arduino.

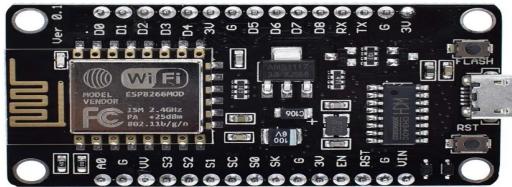


FIGURA 16. Imagem do módulo ESP8266.

Fonte:<https://www.makerhero.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-01/>

A programação de todo o sistema do silo pode ser conferida no anexo 1.

2.3 Alimentação

A alimentação de todo o sistema elétrico do protótipo é feita por uma fonte de computador do padrão ATX, (Advanced Technology eXtended), devido possuir três níveis de tensões elétricas diferentes: 12V, 5V e 3,3V. Utiliza-se a tensão de 12V apenas para alimentar o motor e 5V para o módulo arduino e ESP.

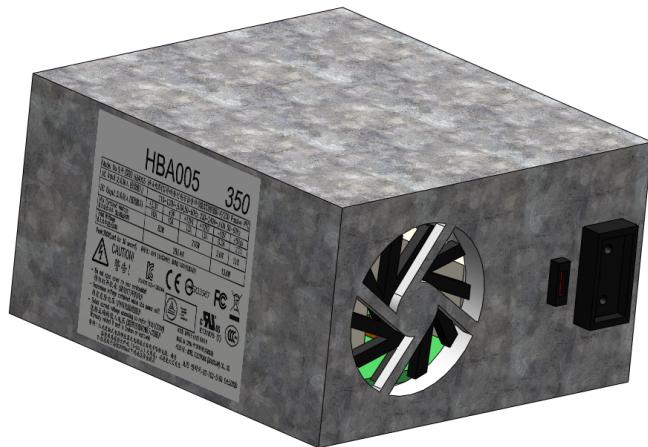


FIGURA 17. Fonte do tipo ATX.

Fonte: Autores.

O esquema elétrico de todo o sistema do silo pode ser conferido no Anexo 2.

Após a construção do protótipo ser finalizada, foram simulados níveis de umidade indesejados para validar a funcionalidade do sistema. Verificou-se o

funcionamento dos sensores MQ-135 e o DHT22 e se o programa atendia aos fins desejados.

3. Resultados e discussões

Nas plantas industriais o consumo de energia representa uma parcela importante nos custos de produção. Os motivos vão desde características inerentes ao projeto, até instalações sem qualidade e aplicações inadequadas. Neste cenário, os motores elétricos têm papel determinante, pois têm um amplo uso na indústria por sua versatilidade e eficácia no armazenamento relacionado especificamente à ventilação.

A partir dos cálculos fornecidos por empresas do setor, entendemos que antes de tudo, é necessário determinar o teor de umidade inicial da carga. O teor de umidade em base úmida (b.u.), ou teor de água inicial dos grãos, é a relação percentual entre a quantidade de água presente no produto (peso da água) e a quantidade de produto (peso total).

Calcula-se o teor de umidade inicial em b.u. por meio de um exemplo:

Vamos supor que temos uma carga de 18.000 kg com umidade de 8%. Isso significa que haverá 1440 Kg de água na carga inicial. Na amostra tirada 30 dias depois o teor de umidade é de 2.430 kg de água na amostra dos mesmos grãos (13% de 18.000 kg). Aumento de 5% em 30 dias.

Assim compreendemos que o sistema de monitoramento diminuirá esse percentual sendo que:

- O funcionamento deverá primeiramente ser acionado por meio do aumento da umidade.
- A partir disso movimentará os grãos até que o nível de umidade diminua.

O monitoramento será de 24 horas, enquanto que a de movimentação ocorrerá a partir da relação temperatura, umidade e CO₂. De acordo com empresas do ramo, a perda total, incluindo outros fatores, é de 28%. Sendo que 13% são exclusivos da umidade. Considerando que a média de perda em 18.000 kg é de 13% em 30 dias, com o monitoramento a possibilidade de perda cairia de 28% para 15% aproximadamente.

Outra questão que deve ser considerada é que atualmente para a diminuição das perdas devido a umidade, se utiliza a troca de silos. Todo esse processo envolve gastos com mão de obra, tempo e energia. Hipoteticamente o sistema de

monitoramento excluiria essa etapa, o que além de diminuir as perdas, seria mais econômico, já que o sistema permite a seleção do tipo de produto (grão) no silo, identifica a temperatura e envia um sinal para o controlador da umidade, temperatura e presença de CO₂. Fornecer exatamente a ventilação que o produto precisa, analisar a temperatura e umidade do ambiente para a movimentação, pode proporcionar uma economia substancial de energia elétrica.

4. Referências:

ALMEIDA, Layanne. DURKS, Juliana. 2017. PERDAS EM GRÃOS DE SOJA ARMAZENADOS. Maceió, Alagoas, Brasil. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172349/1/2017-cpamt-silvia-botelho-perda-graos-soja-armazenado.pdf>

ALENCAR, Ernandes R. FILHO, Adílio. 2009. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

GROCHOSKI, Rodrigo. 2019. Censo de unidades armazenadoras no Paraná. I SEMINÁRIO SOBRE EFICIÊNCIA E REDUÇÃO DE PERDAS NO ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE GRÃOS NO BRASIL. Curitiba, Brasil. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/armazenagem-k2/item/12435-1-seminario-sobre-eficiencia-e-reducao-de-perdas-no-armazenamento-e-transporte-de-graos-no-brasil>

KOCK, Maikol Anderson. 2018. Dimensionamento de um silo metálico com fundo plano para armazenamento de soja. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, Paraná, Brasil.

Companhia Nacional de Abastecimento. [CONAB]. Produção de grãos está estimada em 312,5 milhões de toneladas na safra 2022/23. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4971-producao-de-graos-esta-estimada-em-312-5-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>. Acesso em: 13/05/2023.

Cycloar, exaustão mais iluminação natural. Desconto da quebra de umidade em base úmida (b.u.): como calcular utilizando a tabela? Disponível em: <https://www.cycloar.ind.br/desconto-da-quebra-de-umidade/>. Acesso em 17/05/2023.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2018. 100 p.; il. – (Coleção SENAR 216)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Soja em números (safra 2021/22). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 14/03/2023

Universidade Federal de Santa Maria. [UFSM]. 2021. Armazenamento dos grãos de Soja. Disponível em:
<https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2021/06/29/armazenamento-dos-graos-de-soja>. Acesso em: 02/06/2023

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. Brasília, DF: Conab, 2021. 197 p. Organizadores: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; REIS NETO, Stelito Assis dos.

REVISTA CULTIVAR. 2015. Aeração com qualidade. Disponível em:
<https://revistacultivar.com.br/artigos/aeracao-com-qualidade>

5. Anexos

Anexo 1.

```
1 //Cria uma Função que Verifica a requisição e executa as devidas tarefas
2 void control(String data) {
3     WiFiClient client = server.available();
4     String manager;
5     String ctrl;
6     if (data.startsWith("net")) {
7         ctrl = data.substring(3);
8         net(ctrl);
9         client.stop();
10    }
11    if (data.startsWith("Set base:")) {
12        manager = "Set base:";
13        ctrl = data.substring(manager.length());
14        if (ctrl.startsWith("Milho")) {
15            Serial.println();
16            Serial.println("Milho");
17            comp_humi = 24;
18            comp_temp = 35;
19            client.stop();
20        } else if (ctrl.startsWith("Soja")) {
21            Serial.println();
22            Serial.println("Soja");
23            comp_humi = 18;
24            comp_temp = 35;
25            client.stop();
26        } else if (ctrl.startsWith("Feijao")) {
27            Serial.println();
28            Serial.println("Feijao");
29            comp_humi = 18;
30            comp_temp = 35;
31            client.stop();
32        }
33    }
```

```

136 // Efetua a comparação para controle do fuso e ventilação
137 if (comp_humi <= humi1.toFloat() || comp_humi <= humi2.toFloat() || comp_temp <= temp1.toFloat() || comp_temp <= temp2.toFloat()) {
138     EF = HIGH;
139     Vent = HIGH;
140 } else {
141     EF = LOW;
142     Vent = LOW;
143 }
144 digitalWrite(fuso, EF);
145 digitalWrite(vent, Vent);
146 }
```

```

85 void loop() {
86     WiFiClient client = server.available();
87     String CMD;
88     String ctrl;
89     String data;
90     if (MySerial.available() != 0) {
91         ctrl = MySerial.readStringUntil('\r');
92         MySerial.flush();
93         data = "";
94         processSerialData(ctrl);
95     }
96     // Verifica se há clientes conectados
97     if (Serial.available() != 0) {
98         CMD = Serial.readString();
99         if (CMD.startsWith("MD")) {
100             Serial.print("humi=" + String(humi) + " temp=" + String(temp) + " EF=" + StrEF + " humi1=" + humi1 + " templ=" + templ + " humi2=" + humi2 + " temp2=" + temp2);
101             Serial.println();
102         }
103     }
104     if (client) {
105         Serial.println("Novo cliente conectado");
106
107         // Aguarda a solicitação do cliente
108         while (client.connected()) {
109             String request = client.readStringUntil('\r');
110             if (request.length() != 0) {
111                 Serial.println("data:" + request);
112                 control(request);
113             }
114         }
115     }
116 }
```

```

1 //efetua a chamada de bibliotecas externas
2 #include <ESP8266WiFi.h>
3 #include <WiFiServer.h>
4 #include <WiFiClient.h>
5 #include <SoftwareSerial.h>
6
7 bool EF, Vent;
8 int sys_mng;
9 String humi1, humi2, templ, temp2, StrEF, gas;
10 float comp_humi, comp_temp, temp, humi;
11
```

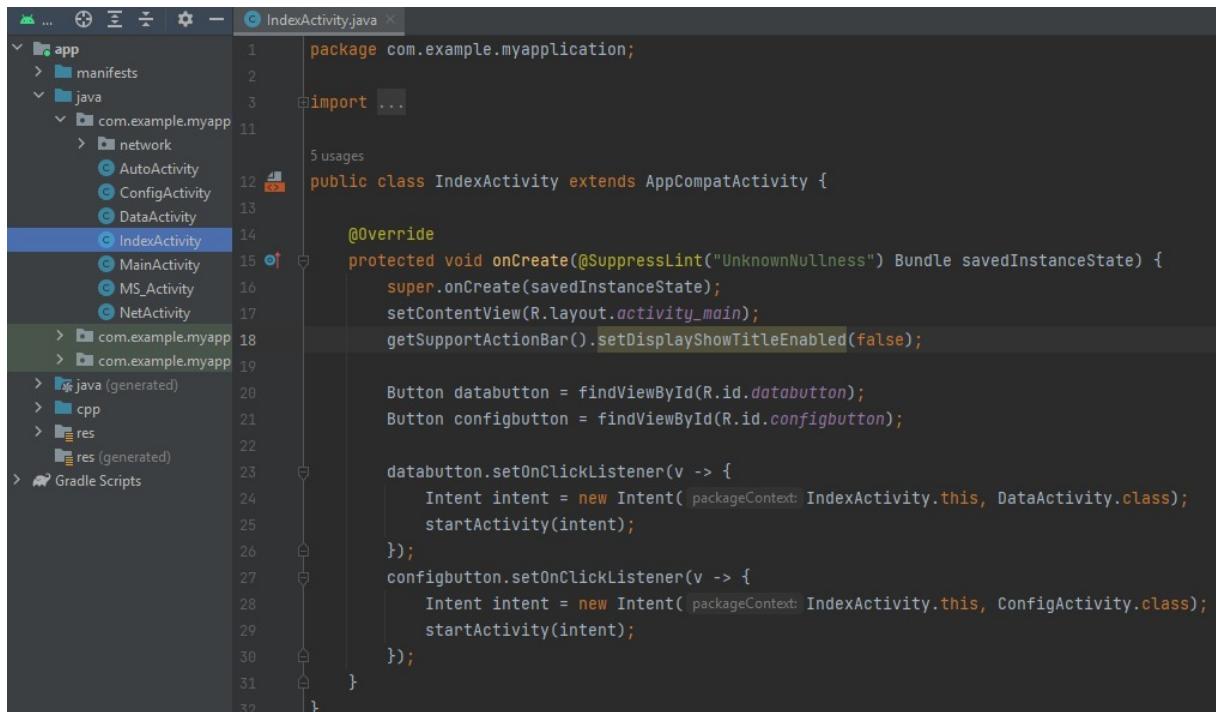
```

59 // Define os pinos de Controle
60 #define fuso D2
61 #define vent D1
62 /*
63     IPAddress AP_IP(192, 168, 4, 1);
64     IPAddress gateway_AP(192, 168, 4, 1);
65     IPAddress subnet_AP(255, 255, 0, 255);*/
66 IPAddress NETWORK_IP(192, 168, 2, 200);
67 IPAddress GATE(192, 168, 2, 1);
68 IPAddress SUB(255, 255, 0, 0);
69
70 WiFiServer server(80); // Define a porta de Conexão do Servidor
71 SoftwareSerial MySerial(D3, D4); //Define pinos Seriais Auxiliares
72
73 void setup() {
74     WiFi.mode(WIFI_AP_STA);
75     pinMode(fuso, OUTPUT); //define a função do pino do fuso como saída
76     pinMode(vent, OUTPUT); //define a função do pino da ventilação como saída
77     Serial.begin(115200); //Inicia a conexão Serial com o Computador(IDE)
78     MySerial.begin(115200); //inicia a conexão Serial com o Arduino Mega
79     delay(1000);
80
81     Point();
82     server.begin(); // Inicializa o servidor
83 }

```

Fonte: Autores

Anexo 1.2.



```

1 package com.example.myapplication;
2
3 import ...
4
5 usages
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

```

```

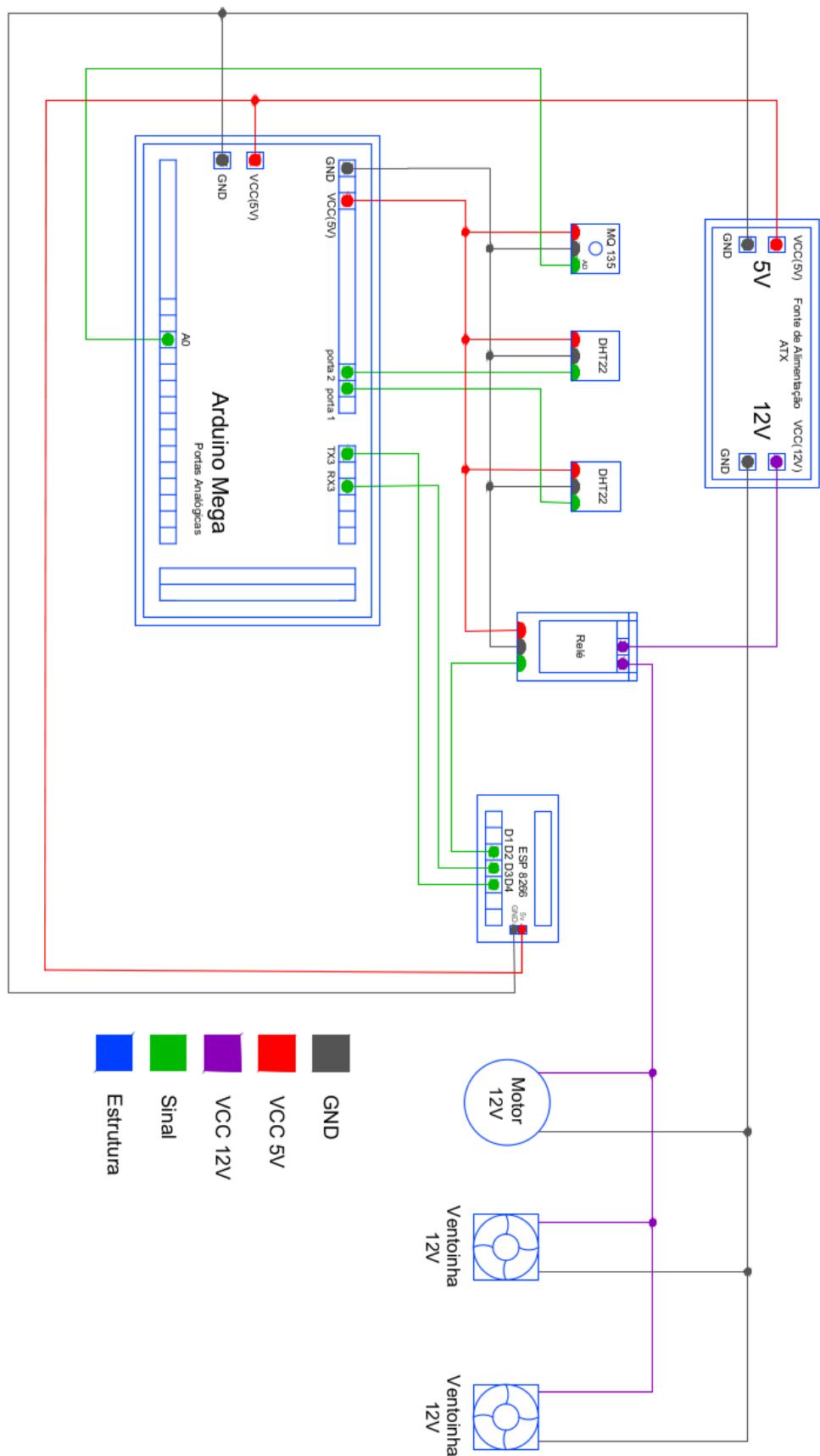
package com.example.myapplication;
import ...
public class IndexActivity extends AppCompatActivity {
    @Override
    protected void onCreate(@SuppressLint("UnknownNullness") Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        getSupportActionBar().setDisplayHomeAsUpEnabled(false);

        databutton.setOnClickListener(v -> {
            Intent intent = new Intent(getApplicationContext(), DataActivity.class);
            startActivity(intent);
        });
        configbutton.setOnClickListener(v -> {
            Intent intent = new Intent(getApplicationContext(), ConfigActivity.class);
            startActivity(intent);
        });
}

```

Fonte: Autores

Anexo 2.



Fonte: Autores