

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO
DE ALEGRETE - RS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Angelo Acosta Casarotto

Alegrete, 2020

**AVALIAÇÃO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO
DE ALEGRETE – RS**

Angelo Acosta Casarotto

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientadora: Prof^a. Eracilda Fontanela

Alegrete, RS, 10 de dezembro de 2020



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

Universidade Federal do Pampa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha

Curso de Engenharia Agrícola

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso II**

**AVALIAÇÃO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE
ALEGRETE - RS**

Elaborado por

Angelo Acosta Casarotto

Como requisito parcial para a obtenção de grau de

Bacharel em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Eracilda Fontanela

(Orientadora - Unipampa - Campus Alegrete)

Prof. Dr. Ádamo de Sousa Araújo

(UFPEL)

Prof. Dr. José Gabriel Vieira Neto

(Unipampa – Campus Alegrete)

Alegrete, 11 de dezembro de 2020



Assinado eletronicamente por **ERACILDA FONTANELA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2020, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE GABRIEL VIEIRA NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2020, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Ádamo de Sousa Araújo, Usuário Externo**, em 16/12/2020, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0426206** e o código CRC **3026C8B5**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550

Telefone: (55) 3422-8400

RESUMO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

AVALIAÇÃO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE - RS

AUTOR: ANGELO ACOSTA CASAROTTO

ORIENTADORA: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, 10 de Dezembro de 2020.

O armazenamento de grãos é uma etapa muito importante na produção, pois durante o armazenamento ocorre diversas reações químicas que degradam o material armazenado. Os procedimentos que visam atualizar as atividades de armazenamento e conservação de produtos agropecuários tem sido uma das principais reivindicações dos setores relacionados. Este trabalho consistiu na avaliação de 12 unidades armazenadoras do município de Alegrete–RS. O estudo foi realizado através de inspeção visual dos silos de armazenagem e para os sistemas de ventilação a avaliação foi realizada por medição da velocidade do vento e da vazão. Das unidades armazenadoras avaliadas, todas possuem silos verticais e grande parte delas possuem sistema de termometria. As vazões demonstram que mais da metade das unidades possuem valores de vazão de massa de ar dentro dos valores estabelecidos e todas possuem medidor de umidade por resistência elétrica. Portanto, boa parte das unidades atendem os padrões mínimos estabelecidos para a armazenagem de grãos. Para as unidades que obtiveram algum valor abaixo do tabelado, será comunicada para realizar os devidos procedimentos para a correção do problema.

Palavra-chave: armazenamento de arroz, produção agrícola, avaliação de silos, ventilação, unidades armazenadoras.

ABSTRACT

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Agricultural Engineering Course

QUANTITATIVE LOSSES AND SAMPLE SIZE ON SOYBEAN HARVEST, ON THE FUNCTION OF THE SHIFTING SPEED AND WIND INDEX

AUTHOR: ANGELO ACOSTA CASAROTTO

ADVISOR: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, December 10th, 2020.

Grain storage is a very important step in production, because during storage there are several chemical reactions that degrade the stored material. The procedures that aim to update the activities of storage and conservation of agricultural products have been one of the main demands of the related sectors. This work consisted of the evaluation of 12 storage units in the municipality of Alegrete – RS. The study was carried out through visual inspection of the storage silos and for ventilation systems the evaluation was carried out by measuring wind speed and flow. Of the evaluated storage units, all have vertical silos and most of them have a thermometry system. The flow rates show that more than half of the units have air mass flow values within the established values and all have an electrical resistance humidity meter. Therefore, most of the units meet the minimum standards established for grain storage. For units that have obtained any value below the table, it will be communicated to carry out the appropriate procedures to correct the problem.

Keyword: rice storage, agricultural production, silos assessment, ventilation, storage units.

LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Sistema de armazenagem em sacarias	17
Figura 2 - Classificação dos tipos de silos.....	18
Figura 3 - Silo metálico de fundo plano.	19
Figura 4 - Silo elevado	19
Figura 5 - Silos subterrâneos.	20
Figura 6 - Silo Horizontal.....	21
Figura 7 - Silo vertical de concreto	22
Figura 8 – Composição da massa de grãos em um silo.....	23
Figura 9 – Componentes básicos de um sistema de aeração.....	25
Figura 10 - Ventilador Axial.	27
Figura 11 - Ventilador centrifugo.	27
Figura 12 - Gráfico de Shedd.	28
Figura 13 - Componentes básicos para termometria em uma unidade de armazenamento.	30
Figura 14 – Exemplo de disposição dos termopares no silo.	31
Figura 15 - Homogeneizador de amostra.....	32
Figura 16 - Calador para retirada de amostra de produtos em sacarias.	33
Figura 17- Calador para retirada de amostras, a granel, em caminhões e vagões de trem.....	33
Figura 18 - Estufa utilizada para determinação de umidade dos produtos.....	34
Figura 19 - Medidor de umidade por resistência elétrica.....	35
Figura 20 - Medidor de umidade por placas dielétricas.....	35
Figura 21 - Anemômetro, Fonte: (Casarotto,2020).....	36
Figura 22 – Percentual de parâmetros encontrados nas unidades de armazenamento em estudo.....	39
Figura 23 – Ventilador centrifugo radial.....	40
Figura 24 – Silo Vertical Metálico.	40
Figura 25 – Medidor de umidade por resistência elétrica.....	41
Figura 26 – Medidor de umidade por resistência elétrica.....	43
Figura 27 – Sistema de termometria do tipo termopar no interior do silo.	43

Figura 28 – Vazão do ar calculada em metro cubico por minuto para cada tonelada de grão armazenada ($m^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot t^{-1}$).45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de armazenamento no país.....	15
Tabela 2 - Capacidade de armazenamento no RS.....	16
Tabela 3 - Fluxo de ar para cada tipo de silo.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral.....	11
1.2 Objetivo Específico.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Armazenamento de Grãos.....	13
2.2 Capacidade de Armazenamento	14
2.3 Estruturas de Armazenamento	16
2.3.1 Armazenamento Convencional	16
2.3.2 Silos.....	17
2.4 Aeração	22
2.4.1 Tipos de Aeração	23
2.4.2 Sistemas de Aeração	25
2.5 Termometria	29
2.6 Determinações Necessárias Nas Unidades de Armazenamento	31
2.6.1 Amostragem de Produtos.....	31
2.6.2 Determinação da umidade do produto	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Amostragem do produto agrícola.....	37
3.2 Determinação de umidade	37
3.3 Tipos de ventiladores	37
3.4 Termometria	38
3.5 Tipo de silo	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE.....	51

1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais importantes no mundo, sendo consumido pela metade da população mundial, como principal alimento. Em todos os continentes, principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, é a principal fonte de carboidratos na alimentação da população, além do papel estratégico em níveis econômicos e social (FAO, 2004)).

Segundo SOSBAI (2016), o arroz é o cereal mais consumido no mundo. O Brasil é o sexto maior produtor mundial e suas principais áreas de produção estão nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso, sendo que a região sul do Brasil é responsável por cerca de 70% da produção total nacional.

No Rio Grande do Sul houve um aumento de área cultivada até a safra 2004/05. A partir daí, houve uma estabilização, com cerca de um milhão de hectares cultivados, sendo destaque no país como o maior produtor nacional, responsável por mais de 60% do total produzido no Brasil. O arroz é cultivado em 131 municípios da metade sul do Estado onde, cerca de 232 mil pessoas vivem, de forma direta ou indiretamente, da exploração dessa cultura (SOSBAI, 2016).

Dentre as cidades produtoras, destaca-se o município de Alegrete-RS, que possui uma área de produção agrícola orizícola de, aproximadamente, 57 mil hectares na safra 2017/2018, sendo o quarto maior produtor em área cultivada e com uma média de produção de 8200 kg/ha (ARROZ, 2017).

A produção de arroz acontece em épocas específicas do ano, por isso, precisam ser armazenadas por diferentes períodos para atender as demandas da indústria de processamento. Outros, sim, é estratégia de mercado, esperar o momento mais oportuno para serem comercializados. Para isso, deve ser garantida a manutenção das características que os grãos possuem imediatamente após a colheita, em que apresentam maior qualidade no grão (ZIEGLER et al., 2016). Entretanto, independentemente da espécie, do depositante ou das características do local, as perdas poderão ocorrer durante a permanência do produto no armazém (FARONI et al., 2005).

Durante o armazenamento dos grãos ocorrem diversas reações bioquímicas, onde as reservas energéticas dos grãos, como amido, proteínas e lipídios são consumidas pelo grão, gerando degradação desses constituintes dos grãos. A velocidade com que essas reações são desdobradas é diretamente influenciada pelo

sistema de armazenamento, pelo teor de água dos grãos, pela qualidade inicial, pela temperatura e pela umidade relativa do ar ambiente do armazenamento (VANIÉR e LEVIEN, 2004).

Segundo o IBGE (2017), a distribuição da capacidade instalada de armazenamento no país, de acordo com tipos de armazenagem, revela que os silos possuem maior capacidade de armazenagem instalada, com 168 milhões de toneladas, seguidos pelos graneleiros com aproximadamente 80 milhões de toneladas. A capacidade de armazenamento vem crescendo, entretanto, esse é abaixo do crescimento da produção agrícola. Neste contexto, as estruturas de armazenamento se tornam uma área estratégica na logística, no abastecimento e na conservação do arroz (CONAB, 2010)

Para a Embrapa (2014), haverá um aumento na produção nos próximos 10 anos, se tornando alarmante a necessidade da construção de novas estruturas para suprir a crescente demanda por armazenamento. Estima-se que a produção que não terá onde ser armazenada chegará em torno de 67 milhões de toneladas. (CONAB, 2010).

O estabelecimento de procedimentos visando atualizar as atividades de armazenagem e conservação de produtos agropecuários tem sido uma das principais reivindicações dos setores relacionados com o armazenamento. O estabelecimento de regras para a construção, a instalação e o funcionamento de estruturas de armazenamento, juntamente com a criação de normas para licenciamento de tais estruturas ou mesmo a idealização de um sistema de certificação são alguns dos procedimentos que podem contribuir para a modernização do setor de armazenamento no país. (ELIAS, 2017)

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve por objetivo avaliar estruturas de armazenamento de arroz do município de Alegrete, Rio Grande do Sul.

1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as unidades de armazenamento, realizando a verificação dos equipamentos que ela possui;
- Comunicar às unidades armazenadoras quanto aos procedimentos de correção de problemas detectados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesse item serão abordados assuntos relacionados ao armazenamento de arroz. Além disso, serão descritos os tipos de unidades armazenadoras e equipamentos necessários para o controle e a eficácia do sistema de armazenagem.

2.1 Armazenamento de Grãos

O arroz é produzido em curto espaço de tempo e consumido durante o ano todo. Nesse sentido, o armazenamento se torna indispensável e, para isso, são utilizados silos e armazéns, que devem ser corretamente manejados para que ocorra boa conservação da qualidade dos grãos (OLIVEIRA e CARVALHO, 2013). O armazenamento visa a conservação da qualidade dos grãos, utilizando o controle das condições ambientais para a manutenção da viabilidade do produto armazenado (BEZERRA, 2014).

Segundo SOSBAI (2016), o armazenamento pode ser feito por dois grandes sistemas: i) em condições ambientais sem alteração do ar e ii) com o ar resfriado, nos conformes da Lei 9.973 de 29 de maio de 2000, Decreto 3.885 de 03 de julho de 2001 e Instrução Normativa 29 de 08 de junho de 2011- Certificação de Unidades Armazenadoras. Para o primeiro sistema, é preferível que o arroz seja armazenado seco (em teor de umidade entre 12 e 13%), enquanto no segundo pode haver o armazenamento de grãos parcialmente seco (em teor de umidade máxima de 16%) e resfriado enquanto estiver armazenado.

Em grãos armazenados o organismo mais importante é o próprio grão. Embora esteja em estágio 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 (ARCE, 2004).

A armazenagem é uma das atividades mais antigas e importantes da humanidade. Somente há algumas décadas esta função passou a ter papel preponderante nas empresas, que juntamente com o desenvolvimento da logística é

usada como estratégia para atingir uma vantagem competitiva no mercado (GIOVINE; CHRIST, 2010).

Inicialmente, as estruturas da classe de armazenamento encontravam disponíveis sob a forma de grãos soltos: os silos e os armazéns graneleiros, o armazenamento graneleiro se apresentava diretamente como concorrente dos armazéns convencionais. Com a implantação das lavouras extensivas, como uma solução econômica. Inicialmente não apresentava controle de temperatura e aeração, armazenando somente grãos limpos e secos novos ou oriundos de outros silos.

A armazenagem de grãos pode ser realizada das seguintes formas:

- A granel – os grãos são guardados sem embalagem em silos de concreto, metais ou alvenaria, sob forma, geralmente, estrutural cilíndrica. Os silos mais modernizados possuem sistemas de aeração.
- Convencional – nesta forma de armazenamento os grãos são acondicionados em sacos, depositados em galpões ou armazéns, que não possuem esta finalidade, mas foram adaptados para abrigar os grãos, não possuindo as condições ideais para esta função.

2.2 Capacidade de Armazenamento

Toda a produção de grãos, seja de cereais ou de leguminosas, precisa ter algum destino após a colheita. Uma parte poderá ser transportada para outras regiões para comercialização; enquanto outra parte poderá ir diretamente para as refinarias ou para as fabricas de ração; uma outra parcela ainda, poderá ser mantida pelo produtor para o consumo próprio. Como nem sempre o destino dos grãos é definido com antecedência, é muito importante que exista um local apropriado, onde eles possam permanecer armazenados. A tabela 1 mostra a realidade da capacidade de armazenamento de produtos agrícolas no país.

Existe um órgão nacional que faz o controle dos postos de armazenamento, cadastrando a sua situação e capacidade. A CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento, é responsável por estas informações que são fornecidas abertamente (CITOLIN, 2012).

Tabela 1 - Capacidade de armazenamento de produtos agrícolas no país.

Região	UF	Capacidade (Toneladas)	Capacidade Total (Toneladas)
Sul	PR	29.921,20	64.795,20
	RS	29.275,60	
	SC	5.598,40	
Centro – Oeste	MT	36.206,40	58.692,60
	GO	13.274,80	
	MS	8.821,10	
	DF	390,3	
Nordeste	BA	4.932,00	10.535,90
	MA	2.772,70	
	PE	668,9	
	PI	1.080,90	
	AL	550,7	
	CE	363,4	
	PB	90,3	
	RN	63,5	
	SE	13,5	
Norte	TO	1.989,70	4.415,50
	RO	728,1	
	PA	1.166,60	
	AM	349	
	RR	147,5	
	AC	28,3	
	AP	6,3	
Total			138.439,20

Fonte: CONAB (2010).

O Rio Grande do Sul é um dos estados mais influentes na totalização da produção nacional de grãos. Conforme a tabela 2, em 2017 o estado foi responsável por 21% da capacidade de armazenamento da produção total do país. (SOSBAI, 2016)

Tabela 2 - Capacidade de armazenamento da produção agrícola no RS.

Capacidade de Armazenamento no Rio Grande do Sul (em mil/toneladas)					
Período					
2012	2013	2014	2015	2016	2017
26.500,0	27.391,6	28.659,8	28.535,0	28.798,6	29.275,6

Fonte: CONAB (2010).

2.3 Estruturas de Armazenamento

2.3.1 Armazenamento Convencional

Apesar dos avanços tecnológicos nos últimos anos, ainda é utilizada a armazenagem na forma de sacarias conforme destacado por (SILVA, NOQUEIRA e ROBERTO, 2005), pois possui vantagens em relação ao sistema a granel. Dentre as vantagens do armazenamento em sacarias, pode-se destacar:

- Oferece condições para manusear quantidades e tipos diferentes de variedades;
- Permite individualizar produtos dentro de um mesmo lote;
- Em caso de deterioração localizada, existe a possibilidade de removê-la pontualmente;
- Menor gasto inicial com a instalação.

Entretanto, o sistema de armazenamento apresenta desvantagens, como:

- Elevado custo da sacaria que, inevitavelmente, é substituída por não ser um material permanente;
- Elevado custo de movimentação, por demandar muita mão de obra;
- E necessidade de muito espaço por tonelada estocada.



Figura1 - Sistema de armazenagem em sacarias.

Fonte: Silva et al. (2005).

Para a escolha de um sistema ou outro, o agricultor deve comparar as vantagens econômicas de cada um e se o sistema irá suprir suas necessidades de armazenamento (SILVA, NOQUEIRA e ROBERTO, 2005).

2.3.2 Silos

Os silos são construções destinadas ao armazenamento e conservação de grãos secos, sementes, cereais (ELIAS, 2017; CARNEIRO, 1948). É uma benfeitoria agrícola projetada para o armazenamento de produtos agrícolas depositados no seu interior, sem estarem ensacados. As dimensões e as características técnicas de um silo dependem muito da finalidade a que se destina (DEBOMGURSKI, 2012).

Os silos são unidades armazenadoras caracterizadas por compartimentos estanques ou herméticos, ou ainda semi-herméticos. Em virtude da compartimentação disponível, permitem o controle das características físico-biológicas dos grãos (PATURCA, 2014).

Os silos, que têm como único objetivo o armazenamento de grãos, são conhecidos como silos graneleiros e tem a principal função de manter os grãos secos. Também existe os silos destinados ao armazenamento de silagem (alimentação animal), que possuem como principal característica manter o grão em um ambiente anaeróbio (Figura 2).

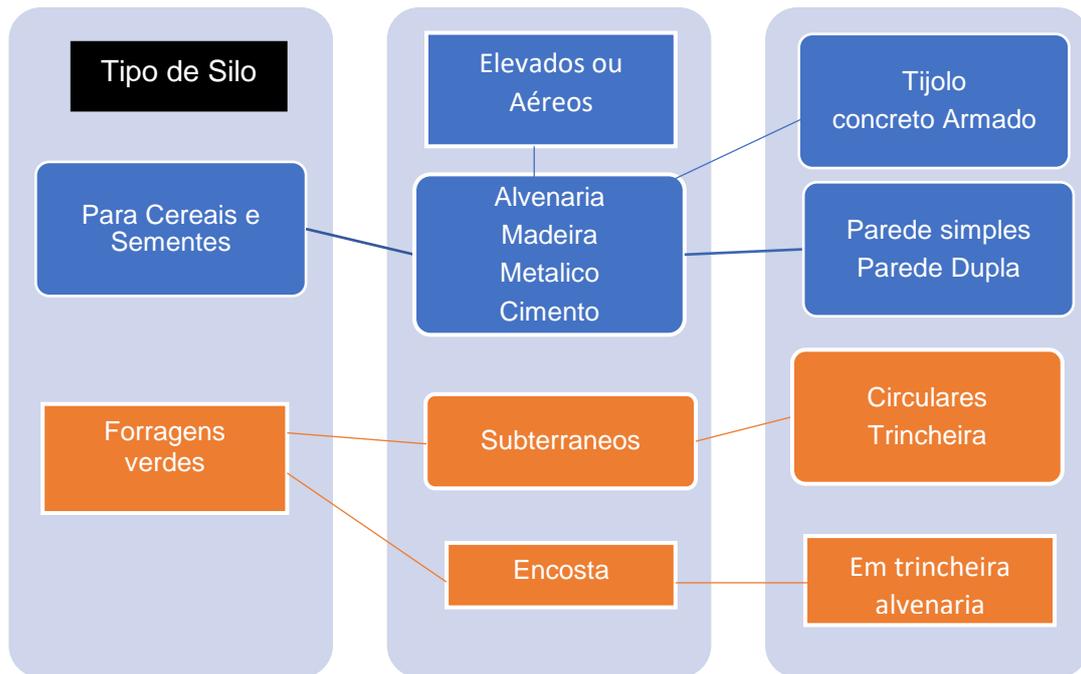


Figura 2 - Classificação dos tipos de silos.

Fonte: Adaptado de Carneiro (1948).

Os silos graneleiros podem estar localizados em fazendas, portos, cooperativas, empresas cerealistas, etc. Geralmente são localizados em pontos de fácil acesso, junto a cidades, rodovias e ferrovias (DEBOMGURSKI, 2012).

Os silos são células individualizadas geralmente cilíndricos, construídos com chapas metálicas lisas ou corrugadas. Os silos são divididos quanto a construção em relação ao solo, em silos aéreos ou elevados, silos subterrâneos e silos semi-subterrâneos; quanto à geometria, podem ser: silos esbeltos, silos baixos e silos horizontais; quanto a entrada de ar, podem ser: silos herméticos e silos não herméticos; quando ao material empregado, há maior predominância de silos metálicos em chapa ondulada de aço (BIANCHINI, 2013).

2.3.2.1 Tipos de Silos

2.3.2.1.1 Silos Metálicos

Existem vários tipos de silos metálicos no mercado, mas atualmente os mais utilizados são os seguintes:

- **Silos planos:** possuem como característica principal o baixo custo por tonelada armazenada, sendo a melhor opção para armazenamento de

cereais em longo prazo (Figura 3). Além disso, permite aumentar sua capacidade de armazenamento, sem ocupar mais espaço físico. (LACOVIC, 2014).



Figura 3 - Silo metálico de fundo plano.

Fonte: Horbach (2018).

- **Silos elevados:** os silos elevados são próprios para utilização nos chamados silos pulmão, para separação de produtos e armazenagem de resíduos (Figura 4). Todos são fabricados com escadas externas e internas tipo marinheira. Sua montagem não é fácil em relação a mão de obra, atendem pequenas e médias capacidades de estocagem (LACOVIC, 2014)



Figura 4 - Silo elevado

Fonte: Kepler Weber (2011).

2.3.2.1.2 Silos Subterrâneos

Os silos subterrâneos, conforme são nomeados, são construídos abaixo do solo. São construções simples e econômicas e, se tiverem um bom revestimento e bem impermeabilizados, podem durar muito, com bons resultados (Figura 5). O carregamento é mais cômodo, mas a descarga é mais trabalhosa. Devem ser bem protegidos contra as águas de chuva, de preferência por meio de telhados, a fim de evitar infiltrações e comprometer o produto armazenado (CARNEIRO, 1948).

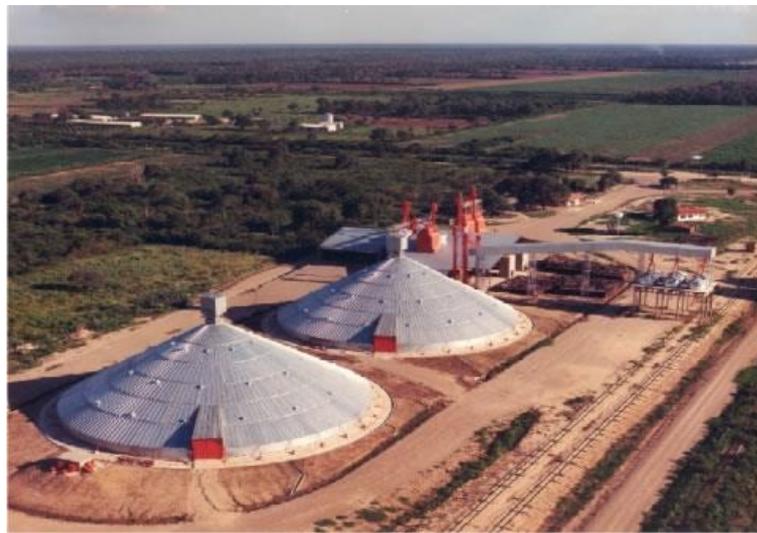


Figura 5 - Silos subterrâneos.

Fonte: Puzzi (2010).

2.3.2.1.3 Silos Semi-Subterrâneos

Nesse tipo de silo, a seção transversal dos silos é formada, na parte inferior, por um semicírculo, com cerca de 12 metros de diâmetro, apoiada sobre terreno escavado e compactado e coberta por uma abóboda contínua, situada acima do nível do solo.

São subdivididos em células, separadamente por paredes de concreto armado, impermeabilizadas, a fim que seja mantida a hermeticidade de cada célula, quando as vizinhas estão abertas (PUZZI, 2010).

2.3.2.1.4 Silos Horizontais

São unidades armazenadoras horizontais de grande capacidade, formados por um ou vários septos, que apresentam predominância do comprimento sobre a largura (Figura 6). Por suas características e simplicidade de construção, na maioria dos casos, representa menos investimento que o silo, para a mesma capacidade de estocagem. Como os silos horizontais, os graneleiros apresentam o fundo plano, em v ou septado. Essas unidades armazenadoras são instaladas ao nível do solo ou semi-enterradas (SILVA, 2000).



Figura 6 - Silo horizontal.

Fonte: Zanella (2018).

2.3.2.1.5 Silos de Concreto Elevados

São depósitos de concreto, de média e grande capacidade, constituídos de duas partes fundamentais: torre e o conjunto de células e entrecélulas (Figura 7). Na torre, são instalados os elevadores, secadores, exaustores, máquinas de limpeza, secagem e distribuição, nas células armazenadoras. (LACOVIC, 2014)



Figura 7 - Silos verticais de concreto.

Fonte: Zanella (2018).

2.4 Aeração

Os grãos armazenados (a granel) necessitam, periodicamente, de um arejamento, para manter suas qualidades. Esse arejamento pode ser realizado passando o produto pelo ar, através da transilagem, ou fazendo o ar passar através da massa de grãos, chamada de aeração (PUZZI, 2010).

A transilagem consiste na transferência da massa de grãos, de uma célula para outra célula. A temperatura pode ser reduzida, com a movimentação dos grãos, e possibilita eliminar possíveis “bolsas de calor”, que tenham se formado no meio da massa (PUZZI, 2010).

A aeração é a movimentação de ar ambiente adequado, através da massa de grãos, para melhorar as condições de armazenamento. Desse modo, emprega-se pequeno fluxo de ar, geralmente, na faixa de 3 a 12 m³ por hora e para cada tonelada de grãos (ELIAS et al, 2017).

A aeração pode ter diferentes efeitos sobre a massa de grãos, dependendo das condições do ambiente e do próprio produto. Antes de colocar o sistema de aeração em funcionamento, é essencial fazer uma previsão sobre os possíveis resultados da operação. A utilização da técnica (Figura 8) pode atender aos seguintes objetivos:

- Estabelecer condições que permitem o resfriamento de pontos aquecidos na massa de grãos;
- Uniformizar a temperatura na massa de grãos;
- Promover resfriamento de toda a massa de grãos;
- Promover secagem, dentro de certos limites (SILVA, FILHO e DEVILLA).

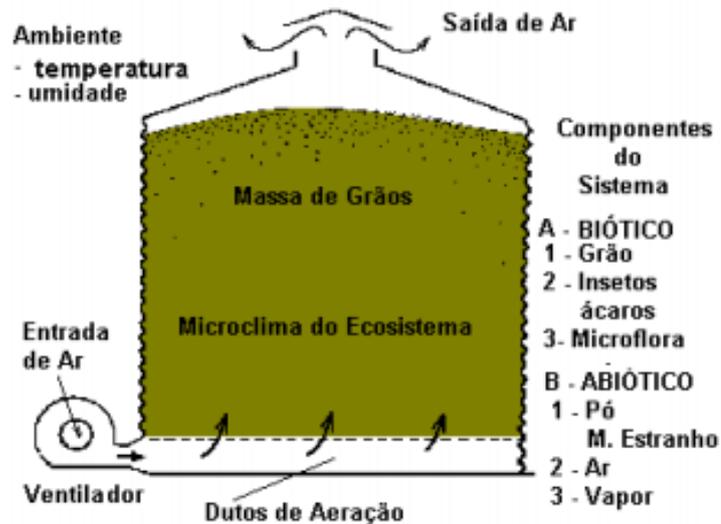


Figura 8 – Composição da massa de grãos em um silo.

Fonte: Silva (2008).

2.4.1 Tipos de Aeração

Em geral, ao se promover a aeração de grãos, num silo ou num armazém, busca-se manter baixa a temperatura; reduzir os riscos de perda e evitar a migração da umidade, que ocorre pela formação de correntes convectivas (ELIAS et al., 2017).

2.4.1.1 Aeração Provisória

Utilizada em grãos recém colhidos que chegam na unidade com umidade acima da recomendada para uma boa conservação. Neste caso, a aeração é utilizada como meio de conservação temporária, enquanto os grãos aguardam a

secagem, para controlar não apenas danos imediatos, mas como danos latentes, que se manifestam durante o armazenamento (ELIAS et al., 2017).

2.4.1.2 Aeração de Resfriamento ou Manutenção

Para grãos armazenados em condições de conservação, limpos e com umidade entre 8 e 14%, a ventilação é aplicada para corrigir um início de aquecimento ou para resfriá-los, em ciclo único ou então progressivamente, em etapas sucessivas, até a temperatura exterior. A finalidade maior, no entanto, é uniformizar a temperatura em toda a massa de grãos, para evitar a formação de correntes convectivas e reduzir os seus efeitos (ELIAS et al., 2017).

2.4.1.3 Aeração Corretiva

É utilizada, normalmente, em situações em que os produtos armazenados adquiriram odores estranhos, quando os grãos foram armazenados com umidade menor do que a de comercialização. A aeração com ar úmido pode corrigir essa diferença sem afetar a qualidade do grão (ELIAS et al., 2017).

2.4.1.4 Aeração Secante

Tem por objetivo manter os grãos a uma temperatura suficientemente baixa, ocasionando uma lenta dessecação, no próprio silo. Nesse caso, diferentemente da aeração de manutenção de grãos armazenados secos, ao invés do uso de silo-aerador, com dutos de aeração ou canais, cobertos por chapas perfurada, na aeração secante é recomendável o uso de silo-secador, com fundo falso perfurado.

No caso de aeração secante, em que é insuflado o ar ambiente quando a umidade relativa for baixa, menor do que a umidade de equilíbrio, o fluxo de ar deve ser superdimensionamento, maior do que usado para secagem também em silo-secador quando o ar for aquecido. O fluxo de ar também deve ser maior do que o usado na aeração para conservação de grãos armazenados secos (ELIAS et al., 2017).

2.4.2 Sistemas de Aeração

Consiste em um conjunto de equipamentos necessários à perfeita realização da aeração (Figura 9). Basicamente é composto por:

- Ventilador com motor – deve fornecer a quantidade de ar necessária ao resfriamento da massa de grãos.
- Dutos – permitem a insuflação ou a sucção de ar através da massa de grãos (ELIAS, 2017).

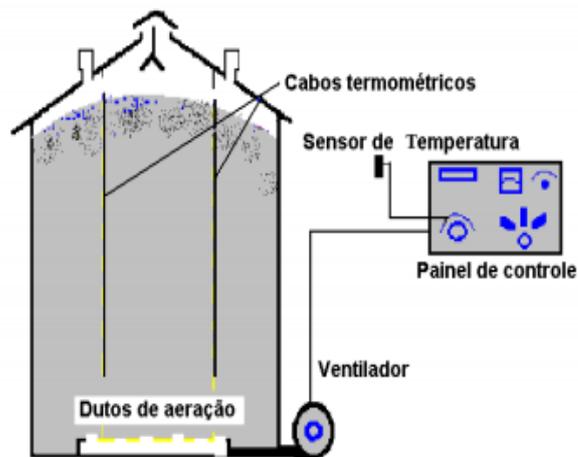


Figura 9 – Componentes básicos de um sistema de aeração.

Fonte: Silva (2008).

2.4.2.1 Ventiladores

O ventilador é, sem dúvida, um elemento muito importante do sistema de aeração. Sua identificação e o conhecimento de suas características permitirão o melhor manejo. Cada ventilador tem sua curva característica que correlaciona a vazão de ar, potência requerida, a pressão estática e a rotação do eixo do ventilador, que pode ser obtida do fabricante (HARA, 2003).

Não é incomum a existência de ventiladores subdimensionados, que não conseguem vencer a pressão estática e, mesmo estando o ventilador ligado, não está movimentando o ar através da massa granular. Como na maioria dos casos, o ventilador insufla o ar no silo, diferente daqueles em que promove a sucção, o atrito das pás dos ventiladores e em alguns casos complementando a geração de calor

dos motores, o ar de aeração insuflada é ligeiramente aquecido em torno de 6°C, ou mais, acima da temperatura ambiente. Na escolha do ventilador para a aeração, além do aspecto de engenharia, hoje, é de suma importância fazer a seleção sob o aspecto meio ambiental principalmente relativo ao nível de ruído (HARA, 2003).

A ventilação positiva facilita a avaliação da temperatura da massa de grão. Em caso da inexistência do sistema de termometria, o calor gerado pela radiação solar no teto da unidade armazenadora não é incorporado à massa de grãos, e sim, eliminado imediatamente. O ar ambiente pode ter sua umidade relativa reduzida pela elevação da temperatura em sua passagem, pelo sistema de aeração antes de entrar na massa de grãos, sem perigo de aumentar o teor de umidade do produto (SILVA, 2008). Por outro lado, a ventilação negativa existe em menor probabilidade de que ocorra condensação na superfície da massa de grãos e no teto da unidade armazenadora. Os odores característicos que indicam a deterioração podem ser facilmente detectados na saída do ventilador. O calor proveniente do ventilador e do sistema de distribuição de ar não é transferido para a massa de grãos e, neste caso, não afeta de maneira pronunciada a umidade do produto, quando a umidade relativa do ambiente estiver próxima à de equilíbrio com a umidade da massa de grãos. No caso do ventilador axiais acionados por motores trifásicos, basta usar uma chave de reversão para mudar o sentido do ar (SILVA et al., 2003).

2.4.2.1.1 Tipos de Ventiladores

2.4.2.1.1.1 Ventiladores Axiais

Os ventiladores axiais são montados internamente a uma carcaça em forma de tubo, cujo rotor axial, em forma de hélice, encontra-se montado diretamente no eixo do motor, de forma que o fluxo de ar se desloca paralelamente a esse eixo (Figura 10). São indicados para situações de altas vazões e baixas pressões (JUNIOR, 2004).



Figura 10 - Ventilador Axial.

Fonte: Otam (2004).

2.4.2.1.1.2 Ventiladores Centrífugos

Os ventiladores centrífugos possuem uma carcaça externa e o ar entra na caixa paralelamente ao eixo do motor, sendo descarregado perpendicularmente à direção de entrada (Figura 11). O rotor pode ser fabricado com as pás curvadas para trás, curvadas para frente, radiais ou com pás retas (JUNIOR, 2004).



Figura 11 - Ventilador centrífugo.

Fonte: Otam (2004).

2.4.2.1.2 Pressão Estática

O ventilador deve vencer a resistência à passagem do fluxo de ar, isto é, ter pressão superior à pressão estática do sistema, medida em força por unidade de área, e equivale à resistência que os grãos e o sistema de distribuição oferecem à passagem do ar. A pressão estática é um valor importante para o dimensionamento da potência do motor e o cálculo do ventilador. Normalmente este valor é dado em milímetros de coluna de água (mmca) ou pascal (Pa). A pressão estática varia diretamente com a altura da camada de grãos e com a velocidade com que o ar atravessa esta camada (SILVA, 2008). A figura 12 apresenta o gráfico de Sheed, em que possibilita obter a resistência em que os grãos oferecem ao fluxo de ar ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) para as culturas da soja, do milho, do trigo e do arroz.

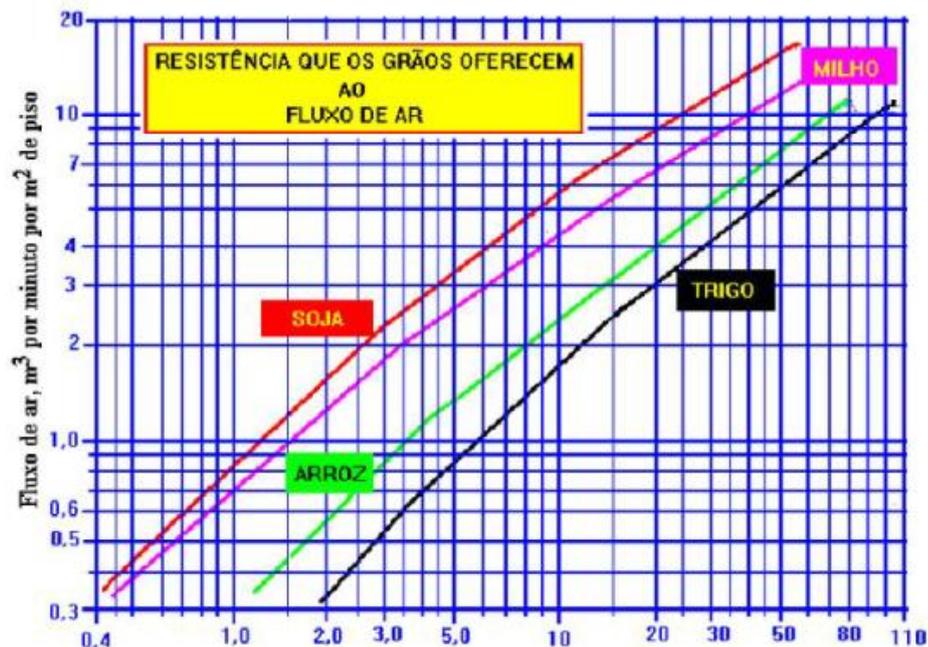


Figura 12 - Gráfico de *Shedd*.

Fonte: Silva (2008).

A tabela 3 refere-se à relação de fluxo de ar para regiões frias e quentes, em diferentes tipos de unidades e formas disponíveis no mercado. Esta relação demonstra que quanto mais quente a região maior a necessidade de fluxo de ar por tonelada de massa de grãos.

Tabela 3 - Fluxo de ar para cada tipo de silo em regiões frias e quentes.

Tipo de Unidade/Finalidade	Fluxo de ar (m ³ min ⁻¹ .t ⁻¹ de grãos)	
	Região Fria	Região Quente
Horizontal/grão seco	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20
Vertical/grão seco	0,02 a 0,05	0,03 a 0,10
Pulmão/grãos úmidos	0,30 a 0,60	0,30 a 0,60
Seca-aeração	0,50 a 1,00	0,50 a 1,00

Fonte: Silva (2008).

2.5 Termometria

A perda de qualidade dos grãos armazenadores encontra-se sempre em perigo e o produto deve ser periodicamente examinado. O método mais seguro é examinar com frequência amostras obtidas em diversos pontos da massa de grãos. Entretanto torna-se difícil obter, periodicamente, amostras representativas de uma grande quantidade de grãos armazenada em uma célula de um silo ou armazém graneleiro (CITOLIN, 2012).

A temperatura dos grãos armazenados é um bom indício 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 de aeração ou transilagem (CITOLIN, 2012).

Os silos e outros depósitos que recebem o produto a granel devem ser equipados com dispositivos sensores à base de pares termoelétricos, através dos quais é possível obter a temperatura em diferentes alturas e regiões do interior da massa com bastante exatidão e rapidez. Também podem ser empregados tubos perfurados, dispostos no meio da massa, por onde é introduzido o termômetro. Apesar de não ser um processo tão perfeito, serve para uma indicação das condições térmicas em diferentes regiões onde são colocados os tubos perfurados, com termômetro em seu interior (ARCE, 2004).

Os sistemas de par termoelétrico, mais comuns, são suspensos no centro da célula, desde o topo até a base do silo elevado. Os sensores e os fios condutores são dispostos na parte central de um cabo, de grande resistência, recoberto de plástico duro, resistente à abrasão (Figura 13). O conjunto deverá ter capacidade

para resistir a esforços de tração consideráveis, durante a descarga dos grãos (ARCE, 2004).

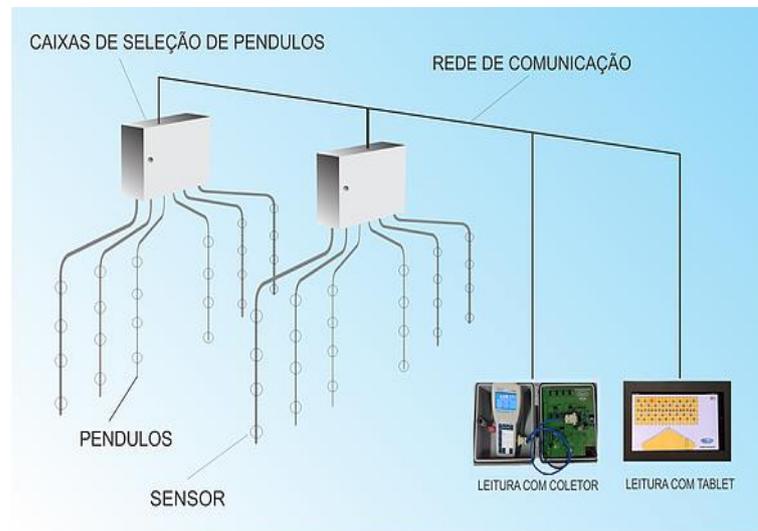


Figura 13 - Componentes básicos para termometria em uma unidade de armazenamento.

Fonte: AGROS (2008).

Em silos horizontais ou graneleiros, podem ser usadas sondas termoelétricas portáteis, colocadas durante a estocagem. Havendo pouca altura da massa de grãos, emprega-se um termômetro, colocado em um tubo perfurado, que é introduzido na massa de grãos (PUZZI, 2010).

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 (ELIAS et al., 2003).

O termopar gera uma diferença de potencial (ddp) quando existe uma diferença de temperatura entre duas junções enquanto o termistor varia a resistência. 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. Devido a isto, geralmente há necessidade de uma compensação da perda ôhmica na ligação entre o sensor e o painel de medição distinta para cada sensor, que é de difícil execução (ELIAS et al., 2003).

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. 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 (Figura 14). 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 et al., 2003).

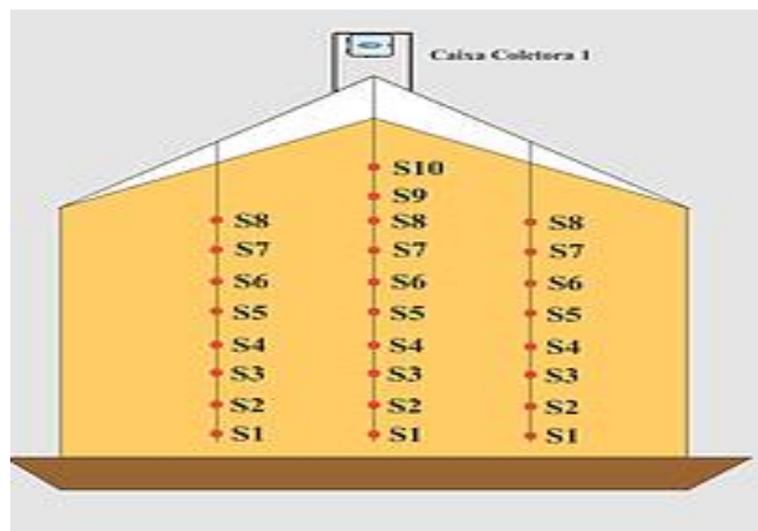


Figura 14 – Exemplo de disposição dos termopares no silo.

Fonte: AGROS (2008).

2.6 Determinações Necessárias Nas Unidades de Armazenamento

2.6.1 Amostragem de Produtos

Trata-se da amostragem do lote de grãos que é recebido ou está armazenado. O objetivo da amostragem é obter uma porção representativa do lote de grãos, com o intuito de indicar a sua natureza, qualidade e tipo. A coleta de

dados é feita tanto no recebimento do produto, quanto durante as etapas de pré-processamento e armazéns (ELIAS, 2017).

O recomendado é dispor de um aparelho homogeneizador de amostras (Figura 15). O equipamento possui um local de abastecimento no topo e o seu corpo é composto por cones de divisão, com uma série de canais, que se interconectam e terminam em dois lotes com massas uniformes, qualquer uma delas representa a amostra original (VANIER; SANTOS, 2004).



Figura 15 - Homogeneizador de amostra.

Fonte: Oliveira (2008).

2.6.1.1 Equipamentos Utilizados para Amostragens

O equipamento utilizado para a amostragem deve ser escolhido em função da maneira em que o produto se encontra armazenamento, a granel ou ensacado, observando ainda as condições da amostragem e a embalagem do produto. Caladores ou amostradores para produtos ensacados são utilizados para a obtenção de amostras de produtos e consiste em um tubo metálico oco, com 20-60 cm de comprimento (Figura 16) (PARRILLA, 2014).



Figura 16 - Calador para retirada de amostra de produtos em sacarias.

Fonte: Agroindustrial (2018).

Há também amostradores para caminhões e vagões graneleiros, também chamados de sondas manuais: O amostrador possui dupla tubulação e aberturas ao longo do coletor (Figura 17). Existe no mercado amostradores de até três metros de comprimento, com diâmetro próximo de 4 cm. Outra característica importante é a adaptação em forma de um T na extremidade superior e um helicóide na ponta facilitando a introdução na massa de grãos (VANIÉR; SANTOS, 2004).



Figura 17 - Calador para retirada de amostras, a granel, em caminhões e vagões de trem.

Fonte: Oliveira (2008).

2.6.2 Determinação da umidade do produto

A determinação do grau de umidade é um procedimento fundamental na armazenagem de grãos. Valores de umidade seguros para um adequado

armazenamento do produto são conhecidos e devem ser respeitados para que a qualidade dos grãos se mantenha durante a estocagem (BEZERRA, 2014).

2.6.2.1 Métodos de Determinação de Umidade

São muitos os métodos da umidade dos grãos, os quais são classificados basicamente, em dois grupos: diretos e indiretos. Os métodos diretos têm boa exatidão, mas sua execução exige tempo prolongado e trabalho meticuloso, e usualmente são utilizados para calibração dos métodos indiretos. A determinação da umidade consiste na perda de peso sofrida pelos grãos de uma amostra de peso conhecido, devido a retirada de água. (VANIÉR e LEVIEN, 2004)

Os equipamentos mais utilizados no método direto são: estufa (Figura 19) – é feita com base na secagem de uma amostra de grãos de massa conhecida por um determinado tempo e temperatura, calculando-se a umidade pela perda de peso medida inicialmente e após a secagem (VANIÉR; SANTOS, 2004).



Figura 18 - Estufa utilizada para determinação de umidade dos produtos.

Fonte: PRLABOR (2018).

Nos métodos indiretos podem ser destacados os equipamentos elétricos e os dielétricos. Ambos têm ampla utilização e apresentam fácil manuseio e rapidez na sua utilização. Os mais utilizados são por resistência elétrica (Figura 20), em que a condutividade elétrica de um material varia em função do seu teor de água, ou seja,

este método indica o grau de umidade pela maior ou menor facilidade com que a corrente elétrica atravessa a massa de grãos (VANIER; SANTOS, 2004).



Figura 19 - Medidor de umidade por resistência elétrica.

Fonte: Oliveira (2008).

Nos equipamentos dielétricos, os grãos são colocados entre duas placas de um condensador, constituindo o dielétrico. É aplicada uma voltagem de alta frequência, sendo as variações na capacitância do condensador (Figura 21). Os equipamentos baseados neste princípio são rápidos e de fácil operação, além de não danificarem as amostras de grãos (VANIER; SANTOS, 2004).



Figura 20 - Medidor de umidade por placas dielétricas.

Fonte: Oliveira (2008).

2.6.3 Anemômetros

Os anemômetros são instrumentos utilizados para a medição da velocidade do ar em deslocamento. Como o vento representa as variações espaciais de

pressão, ele possui características como velocidade direção e sentido que são coletados pelo anemômetro (OLIVEIRA et al., 2004).

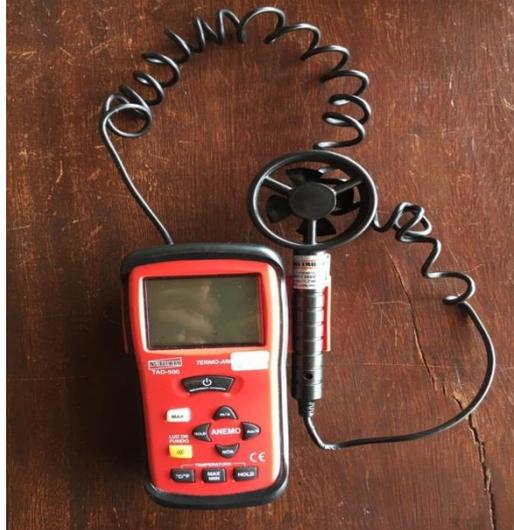


Figura 21 – Aparelho anemômetro.

Fonte:(Casarotto,2020)

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Alegrete-RS, onde a pesquisa exploratória (a campo) foi desenvolvida em 12 propriedades que possuem silos de armazenamento de arroz. A avaliação foi realizada por intermédio de avaliação quantitativa visual in loco e, por meio de um checklist (Apêndice A), para as coletas das informações, conforme estão descritas, na sequência.

Com os dados adquiridos, foram plotados gráficos e planilhas em plataforma Excel. A partir disso, foram analisados os quesitos em cada propriedade.

3.1 Amostragem do produto agrícola

Com o preenchimento do checklist, foi verificado se a unidade possui ou não possui equipamentos para amostragem do produto agrícola, como calador para produtos armazenados a granel ou em sacaria para a retirada de amostras. Além disso, foi verificado se a unidade possui homogeneizador, para melhorar a amostragem do produto, se possuía calador mecânico ou de sucção para produtos a granel, utilizados durante o recebimento do produto na unidade de armazenamento.

3.2 Determinação de umidade

Por meio do checklist também foi verificado se a unidade possuía o medidor de umidade e qual o tipo que possuía, se a obtenção da umidade ocorre de forma direta ou indireta e como é feita a sua calibração.

3.3 Tipos de ventiladores

Foi realizada a verificação, de modo visual, do tipo de ventilador que a unidade armazenadora possuía, se era ventilador de pressão positiva ou de sucção. Também foi determinado, com o auxílio de um anemômetro, a sua velocidade. A partir disso, e com o auxílio do gráfico de *Shedd* e fluxo de ar para cada tipo de silo conforme tabela 3, foi feita a verificação se o ventilador atende ou não aos requisitos mínimos para a massa de grãos que ele está armazenando.

Para avaliação dos ventiladores, foram verificados os seguintes itens: tipo de ventilador (radial ou axial); sentido de fluxo (insuflação ou sucção); rotação do ventilador; pressão estática; vazão de ar. As variáveis: tipo de ventilador, sentido do fluxo, rotação e pressão estática foram verificadas analisando os dados impressos no motor de acionamento e no ventilador.

Para obtenção da vazão do ar foi utilizada a velocidade do ar de secagem e a área da tubulação, de acordo com equação:

$$Q = \frac{V.A}{t}.60s$$

Em que:

Q: vazão do ar ($m^3 \cdot min^{-1} \cdot t^{-1}$) = metro cúbico minuto por tonelada armazenada

V: Velocidade do ar ($m \cdot s^{-1}$)

A: Área da tubulação (m^2)

60s= conversão para minuto.

t¹= tonelada armazenada

Para a mensuração da velocidade do ar de secagem utilizou-se um anemômetro, Modelo TAD 500, e a área da tubulação de vento foi medida utilizando uma fita métrica.

3.4 Termometria

Foi realizada avaliação se a unidade possui ou não conjunto de termometria nos silos, em caso de possuir, foi verificado quantos pontos possuía e o modelo.

3.5 Tipo de silo

Foi verificado qual o tipo de silo que a unidade possui, pois o formato influencia na velocidade e na pressão estática da massa de grãos, alterando a necessidade de vento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade de armazenamento nas 12 propriedades avaliadas foi de 456.240 sacos de arroz. Ao analisar o perfil das unidades de armazenamento (Figura 22), nota-se, como era de se esperar, que a grande maioria atende aos requisitos mínimos para uma armazenagem correta dos grãos.

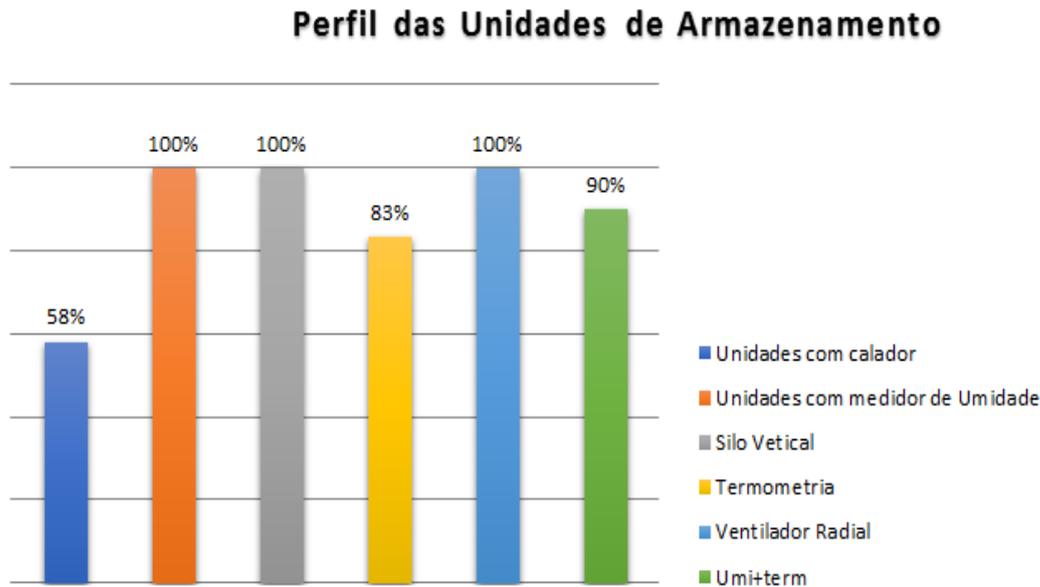


Figura 22 – Percentual de parâmetros encontrados nas unidades de armazenamento em estudo.

Fonte: Casarotto (2020).

Todas as propriedades estudadas possuem ventiladores radiais (Figura 23). Estes, por trabalhar com baixas vazões de ar e altas pressões estáticas de armazenamento, tem seu uso muito difundido. A pressão estática é um valor importante para o dimensionamento da potência do motor e o cálculo do ventilador. Normalmente este valor é dado em milímetros de coluna de água (mm.c.a.) ou pascal (Pa). A pressão estática varia diretamente com a altura da camada de grãos e com a velocidade com que o ar atravessa esta camada (SILVA, 2008).



Figura 23 – Ventilador centrífugo radial.

Fonte: Casarotto (2020).

Além disso, em todas as propriedades em estudo, observou-se silos verticais, conforme (Figura 24).



Figura 24 – Silo vertical metálico.

Fonte Casarotto (2020).

Silos metálicos são estruturas que podem influenciar no custo de armazenagem de modo que, por apresentarem melhor sistema de aeração do que as outras estruturas, exigem menores gastos de energia do local, diminuindo os custos de armazenagem dos grãos. Sua capacidade estática, de média a alta, faz com que seja viável às pequenas empresas que apresentam produções não tão elevadas, mas, ainda assim, maiores que produções de fazendas, que normalmente não empregam esta estrutura. Além disso, os silos verticais são passíveis de armazenar diversas variedades, fator essencial às cooperativas com produções não tão pequenas (PATURCA, 2014).

Em todas as propriedades foram encontradas o medidor de umidade do tipo por resistência elétrica (Figura 25). Esses têm ampla utilização e apresentam fácil manuseio e rapidez na sua utilização, em que a condutividade elétrica de um material varia em função do seu teor de água, ou seja, este método indica o grau de umidade pela maior ou menor facilidade com que a corrente elétrica atravessa a massa de grãos (VANIER; SANTOS, 2004).



Figura 25 – Medidor de umidade por resistência elétrica.

Fonte: Casarotto (2020).

Uma pequena parcela das propriedades, aproximadamente 17%, ainda não possuem sistema de termometria para a leitura da massa de grãos no silo,

dificultando a análise da situação de como está se comportando a massa de grãos armazenada no momento da aeração. Segundo Teuto (2003), aeração é um instrumento muito útil, se não indispensável em muitos casos, na conservação de grãos armazenados quando bem operada. Por outro lado, quando operada inadequadamente, sem o devido conhecimento tecnológico, será uma fonte de perda quanti-qualitativa de grãos armazenados como também será uma fonte de despesas intoleráveis para a unidade armazenadora.

Das propriedades que não possuíam caladores (42%) para a retirada de amostra de grãos para a determinação da umidade, quase a totalidade possuía sistemas de termometria, ou seja, não havendo a necessidade deste equipamento por possuir sistemas de leitura de umidade direto no silo. Em contrapartida, uma propriedade não possuía nem calador para retirada de amostras e nem sistema de termometria. De acordo com relatos dos colaboradores da unidade, essa já havia perdido algumas safras armazenadas no silo por ações de aeração incorretas, como o uso dos ventiladores para a aeração em dias com umidade elevada e também períodos de uso pré-determinados por eles, sem ao menos saber se havia ou não a necessidade de ligar o sistema de aeração.

Analisando mais detalhadamente as unidades que possuem sistemas de termometria, verificou-se que a grande maioria (85%) possuem sistemas de medição do tipo termopar (Figura 26). O grande uso do sistema de termometria do tipo termopar pelas unidades de armazenamento avaliadas deve-se, pela sua robustez e pela fácil instalação. Entretanto, vale enfatizar que este tipo de sensor deve ser instalado em pontos estratégicos, pois este sistema funciona somente quando o sensor capta variações de temperatura que estejam em contato com o equipamento (Figura 27).

Sistema de termometria no Silo

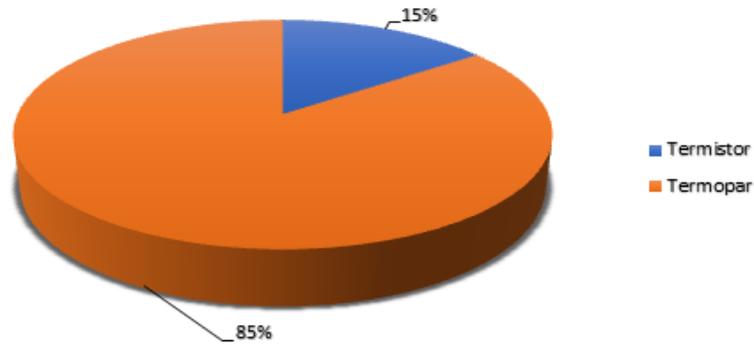


Figura 26 – Sistema de termometria no silo.

Fonte Casarotto (2020).



Figura 27 – Sistema de termometria (do tipo termopar) no interior do silo.

Fonte Casarotto (2020).

A utilização de sistemas de termometria é de suma importância, pois a perda da qualidade dos grãos armazenados é sempre um fator de risco, devido a sua grande variabilidade de temperatura que pode ocorrer durante os dias armazenados, tendo a necessidade do seu monitoramento diário (CITOLIN, 2012).

O sistema de termometria com o termistor, sendo ele utilizado por aproximadamente 15% das unidades de armazenamento avaliadas, é um sistema de maior precisão em relação ao termopar, mas tem uma instalação mais complexa,

visto que ele trabalha com variação de resistência ôhmica, mostrando-se mais utilizável nas unidades avaliadas que possuem maior capacidade de armazenamento e poder aquisitivo.

Ao analisarmos as vazões obtidas com as medições e subsequente com os cálculos (Figura 28), nota-se que 58% das unidades de armazenamento avaliadas estão dentro dos padrões de vazões para silos de formato vertical para a região do Alegrete-RS, conforme estabelecido pela CONAB (Tabela 3).

A condição climática de Alegrete-RS é de média de precipitação pluviométrica de, aproximadamente, 1500 mm anuais, sendo que a menor média de precipitação acontece em agosto e a maior em outubro. A temperatura média anual é de 19,1 C. A formação de geadas ocorre eventualmente entre maio e setembro. A umidade média do ar é de, aproximadamente, 75% (METEOROLOGIA, 2019). Desse modo, os sistemas são dimensionados levando em consideração essas variações de temperatura, sempre sendo dimensionados para os fatores de maior temperatura e de umidade, pois é nesta faixa que se encontra o maior risco para o grão armazenado.

Tabela 3 - Fluxo de ar para cada tipo de silo em regiões frias e quentes.

Tipo de Unidade/Finalidade	Fluxo de ar (m ³ .min ⁻¹ .t ⁻¹ de grãos)	
	Região Fria	Região Quente
Horizontal/grão seco	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20
Vertical/grão seco	0,02 a 0,05	0,03 a 0,10
Pulmão/grãos úmidos	0,30 a 0,60	0,30 a 0,60
Seca-aeração	0,50 a 1,00	0,50 a 1,00

Fonte: Silva (2008).

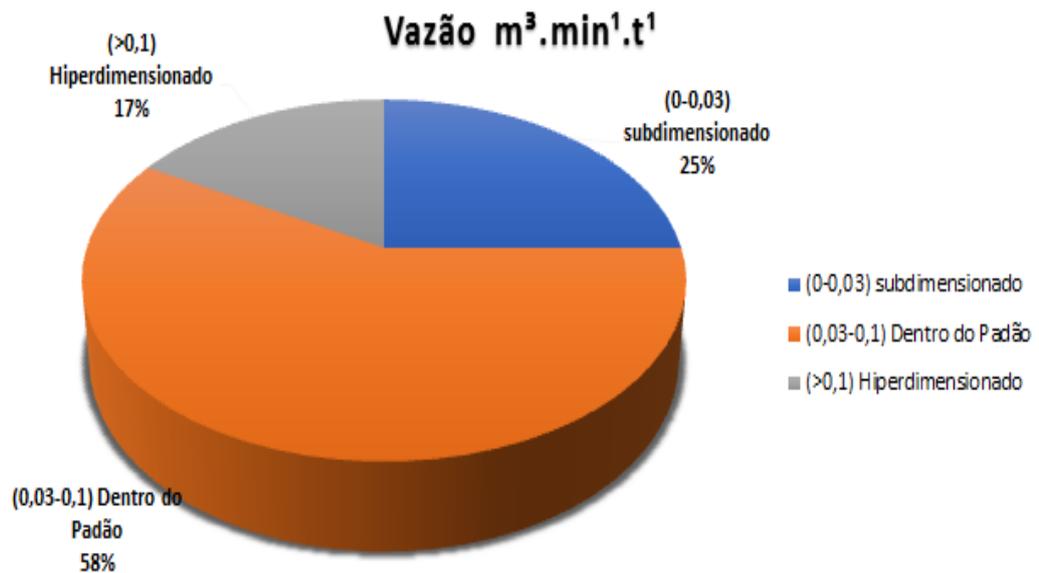


Figura28 – Vazão do ar calculada em metro cubico por minuto para cada tonelada de grão armazenada ($m^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot t^{-1}$).

Fonte: Casarotto (2020).

Por outro lado, as unidades que apresentaram medições de vazão acima do tabelado (17%), tem como vantagem a eliminação mais rápida dos focos de aquecimento na massa de grãos, além de reduzir o tempo necessário de funcionamento do sistema de aeração, o que reduz os custos de operação.

As unidades com vazões abaixo do mínimo recomendado ficaram em 25%, estas propriedades correm um grande risco de desenvolver problemas na armazenagem, como por exemplo, desenvolvimento de fungos, proliferação de insetos, em virtude da alta temperatura e sistemas ineficientes para a aeração. As possíveis causas para o dimensionamento incorreto podem ser justificadas pela falta de manutenção dos sistemas de tubulação obstruídos ou com fuga de ar pela tubulação, substituição do conjunto motor e turbina ou algum dos dois e, a não realização da verificação do atendimento dos requisitos do equipamento, conforme estabelecido no projeto.

Ao analisar as unidades de armazenamento com a tecnologia para monitoramento da massa de grãos, como por exemplo: possuir calador, medidor de umidade e sistema de termometria, observa-se que unidades de armazenamento com capacidade inferior a 10 mil sacos de arroz não possuem a mesma quantidade

de equipamentos para a avaliação da massa de grãos, como termometria nos silos, para uma tomada de decisão. Enquanto em propriedades com capacidade superior a 10 mil sacos de arroz, possuem diversos equipamentos para o monitoramento da massa de grãos. Desse modo, acredita-se que há uma relação da quantidade de equipamentos encontrados nas propriedades com o maior poder aquisitivo, tendo assim, as unidades, um melhor entendimento do comportamento no armazenamento e assim realizando uma melhor tomada de decisão.

Por fim, cabe destacar que, naquelas propriedades onde foram observados resultados negativos, será feito contato para orientação sobre o seu sistema de aeração dos silos.

5 CONCLUSÕES

Grande parte das unidades avaliadas atendem aos requisitos mínimos para uma boa armazenagem dos grãos como: possuem calador, termometria e sistema de aeração bem dimensionado, necessários para uma boa tomada de decisão no uso da aeração ou para alguma ação preventiva ou corretiva.

Todas as unidades possuem silos verticais, por ser muito versátil em sua utilização, podendo ser construídos com menor custo de instalação e consumo de energia na sua operação em relação aos outros formatos, fazendo com que seja viável a pequenas empresas.

Nos sistemas de termometria os sensores do tipo termopar foi o mais encontrado nas propriedades, isso deve-se ao fato de sua funcionalidade e implementação ser mais fácil e barata em relação ao termistor, sendo esse encontrado em propriedades com maior poder aquisitivo e capacidade de armazenamento.

Para as vazões, pouco mais da metade das unidades armazenadoras avaliadas possuem sistemas dimensionados de acordo com os valores tabelados atendendo à demanda da massa de grãos armazenada. A outra metade das unidades armazenadoras estão acima ou abaixo do valor tabelado para vazões, possivelmente, pela falta de manutenção do sistema ou pela substituição do conjunto motor e turbina, ou ainda algum dos dois, sem respeitar os requisitos de projeto como, por exemplo: rotação de motor, vazão de turbina. Para as unidades que foi constatado valores de vazão abaixo do tabelado, serão informadas para a tomada de ações de correção deste problema.

REFERÊNCIAS

- AGROINDUSTRIAL, M. E. **Calador Especial para Sementes**. [S.l.]: [s.n.], 2018.
- AGROS. **Tecnologia em Armazenamento**. [S.l.]: [s.n.], 2008.
- ARCE, M. A. B. R. D. **Pós Colheita e Armazenamento de Graos**. Depto. Agroindustrial, Alimento e Nutrição ESALQ/USP. [S.l.]. 2004.
- ARROZ, I. R. G. D. **Dados de Produtividade e Area Plantada**. Irga. Porto Alegre. 2017.
- BEZERRA, P. H. S. **Efeito do Armazenamento na Qualidade dos Grãos e do Oleo de Crambe para Produção de Biodiesel**. Universidade do Estado de São Paulo. Botucatu. 2014.
- BIANCHINI, D. **Fundação para Bases de Silos Metalicos de Fundo Plano**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2013.
- CARNEIRO, O. Silos e sua construção, 1948.
- CITOLIN, R. S. **Sistema De Termometria Para Silos**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre. 2012.
- CONAB. **Agricultura e Abastecimento em Boa Qualidade**. [S.l.]. 2010.
- DEBOMGURSKI, M. **Projeto conceitual de um sistema de descarga de silos expedição**. Faculdade de Horizontina. horizontina. 2012.
- ELIAS, M. C. Certificação de Umidade Armazenadoras de Grãos e Fibras no Brasil. 2. ed. Pelotas: Grafica Universitaria, 2017. p. 379.
- ELIAS, M. C. **Eficiencia na Aeração de Grãos Durante a Armazenagem**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2017.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. D.; VANIER, N. L. **Tecnologias de Pré-Armazenamento, Amazenamento e Conservação de Grãos**. Universidade de Pelotas. Pelotas-RS. 2017.
- FAO. **Arroz Híbrido para Contribuir a la Seguridad Alimentaria**. [S.l.]. 2004.
- FARONI, L. D. A. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Energia na Agricultura**, 13, n. 3, 2005. 191,201,2005.
- GIOVINE, H.; CHRIST, D. Estudo sobre processos de armazens de grãos, Francisco Beltrão, v. 10, p. p.139 a 152, 2010. ISSN 18.
- HARA, T. Aeração com Qualidade. **Cultivar**, Viçosa, p. 26 a 32, junho 2003.
- IBGE. **Pesquisa de Estoque**. [S.l.]. 2017.

- JUNIOR, A. N. D. S. **Eficiência Energética em Sistemas de Aeração de Silos de Armazenagem de Grãos, Utilizando Inversores de Frequência.** Universidade Estadual Paulista. Botucatu- SP. 2004.
- KEPLER WEBER S.A, E. **Manual do Proprietário.** Rio Grande do Sul. 2011.
- LACOVIC, A. D. C. **Estudo do Processo De Montagem De Um Silo Metálico De Fundo Plano.** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Campo Mourão. 2014.
- LOPES, D. D. C. **Aeração de Grãos.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2004.
- MALLER, A. **Importância de Cuidar os Silos Verticais e Armazens de Grãos,** 2010.
- METEREOLOGIA, I. N. D. [S.I.]. 2019.
- NUNES, J. D. S. **Características do arroz.** Agrolink. [S.I.]. 2016.
- OLIVEIRA, L. C. M. D.; GOULART, Z. **Efeitos da Incidência de Grãos Descascados no Armazenamento de Arroz em Casca.** [S.I.]. 2013.
- OLIVEIRA, M. D. **Dimensionamento e Verificação de Sistemas de Aeração de Grãos.** [S.I.], p. 278,379. 2008.
- OLIVEIRA, M. D.; PERES, W. B.; GUIMARAES, D. S. **Dimensionamento e Verificação de Sistemas de Aeração de Grãos.** Conab. [S.I.]. 2004.
- OTAM. **Ventiladores Industriais.** [S.I.]: [s.n.], 2004.
- PARRILLA, A. C. **Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Maringá. 2014.
- PATURCA, E. Y. **Caracterização Das Estruturas de Armazenagem de Grãos: Um Estudo de Caso no Mato Grosso.** Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.
- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de Grãos.** Campinas: Instituto Campineiro De Ensino Agrícola, 2010. Cap. 21, p. 493;523;586;587.
- SILVA, J. D. S. **Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas.** 2. ed. Visoça: [s.n.], 2008. Cap. 11, p. 282;283.
- SILVA, J. D. S. E. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas.** Visoça: Aprenda Fácil, 2000.
- SILVA, J. D. S. E.; FILHO, A. F. D. L.; DEVILLA, I. A. **Aeração de Grãos Armazenados.** Universidade Federal de Visoça. [S.I.].
- SILVA, J. D. S.; NOQUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologia de Secagem e Armazenamento para a Agricultura Familiar.** 631.568. ed. Viçosa: ISBN, 2005.
- SILVA, L. C. D. **Aeração de Grãos Armazenados.** Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES. 2011.

SOSBAI. **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves - RS: [s.n.], 2016.

TEUTO, H. Aeração de Qualidade. **Cultivar Maquinas**, p. 10 a 12, junho 2003.

VANIER, N. L.; SANTOS, J. P. D. **Normas Analíticas e Legais da Avaliação da Qualidade de Grãos e Fibras**. CONAB. [S.l.]. 2004.

WEBER, É. A. **Excelência em Beneficiamento e Armazenagem de Grãos**. Canoas: [s.n.], 2005.

CASAROTTO, A. A. Arquivo Pessoal de Imagens.2020.

APÊNDICE

Apêndice A: Checklist para coletar informações quanto as unidades de armazenamento.

 <p>INSTITUTO FEDERAL Farroupilha Campus Alegrete</p>	<p>Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete</p> <p>Instituto Federal Farroupilha - Campus Alegrete</p>		 <p>unipampa Universidade Federal do Pampa</p>
	<p>Checklist para Silos de Armazenamento de Grãos no Município de Alegrete - RS</p>		
Local da Unidade Armazenadora:			
Itens a serem avaliados da Unidade			
A Unidade possui equipamentos para amostragem dos grãos?	Sim	Não	
A unidade possui medidor de Umidade?	Sim	Não	
Em caso de sim, qual o modelo?			
Itens a ser Avaliado do Silo de Armazenamento			
Qual o tipo de silo?	Vertical	Horizontal	
Qual a capacidade de armazenamento do silo?	Carga Atual:		ton
Qual a pressão estática no silo?			
O silo possui sistema de termometria?	Sim	Não	
Em caso de sim, quantos pontos o silo possui?			
Tipo de ventilador que o silo possui?	Radial	Axial	
Velocidade do vento no ventilador:	m/s		
Vazão de ar pela tubulação:	m ³ /s		

Fonte: Casarotto (2020).