

AValiação DE DESEMPENHO DE AERAÇÃO EM UM ARMAZÉM DE GRÃOS

Autor: Robson Harca¹

Orientador: Carlos Alberto Breda²

RESUMO

O sistema de aeração tem como base aproveitar o ar natural para manter um equilíbrio higroscópico adequado dos grãos armazenados, mantendo seu peso específico para ter uma boa comercialização livre de insetos e fungos. O sistema é composto de um conjunto de ventiladores e a distribuição de ar é feita por dutos metálicos perfurados. Desta forma, se o sistema de aeração apresentar pontos falhos ou anomalias de montagem o produto que está estocado pode vir a perder a qualidade. Assim, o objetivo desse artigo é a avaliação de desempenho de todo sistema aeração no que demanda de um olhar técnico. Desse modo, coletando dados em campo é possível verificar se o sistema está dentro das recomendações técnicas de armazenagem feita pelo MAPA que varia de 0,05 a 0,1 de metro cúbico de ar por minuto para a cada tonelada de capacidade estática. Por métodos estatísticos é possível se calcular e avaliar o conjunto de ventiladores. A conclusão demonstra os objetivos alcançados e os pontos de melhorias a serem feitas.

Palavras Chave: Aeração de grãos, armazém graneleiro, ventilação.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura está presente em nosso cotidiano e muitas vezes a imaginamos de forma generalizada apenas homens e máquinas plantando, e após um período de tempo realizando a colheita. Não olhamos o que há por trás de todo o processo agrícola, seus avanços tecnológicos desde o início do tratamento dos grãos até sua finalização.

Atualmente, existem equipamentos que vêm substituindo o homem de forma gradativa, chegando a um ponto que ele mesmo precisa aprender a interagir entre os meios tecnológicos para poder dar sequência a uma boa produtividade e ser cada vez mais competitivo. Assim, ao se falar em competitividade, temos que ter em mente processos que devemos conhecer e exercer para melhorar a qualidade final de nossos produtos.

No ramo agrícola é fácil imaginar o que acontece após a colheita. Os grãos saem da lavoura, passam por processos que visam à limpeza e secagem, logo após, uma porcentagem é

¹ Acadêmico de Engenharia mecânica do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: rharca@minha.fag.edu.br

² Mestre em Engenharia Agrícola. Professor do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. Email: carlosbreda@fag.edu.br

destinada diretamente à indústria e boa parte é alocada em armazéns para posteriormente serem remanejados ou negociados.

Desta forma, o que sabemos sobre o armazenamento desses grãos pós-colheita está diretamente ligado à área de ciências agrárias que por sua vez, usam meios e métodos tecnológicos avançados para diminuir perdas e aumentar a qualidade de seus produtos. Segundo o Decreto de número 3.855/2001 que regulamenta a Lei 9.973/2000 para certificação de unidades armazenadoras de produtos agropecuários, existem limites mínimos que variam de 0,05 metros cúbicos a 0,1 metros cúbicos de ar para cada tonelada de produto armazenado.

Desse modo, o estudo será desenvolvido para verificar possíveis desvios de padrões e anomalias no sistema de aeração com objetivo de analisar e demonstrar dados de desempenho desse sistema e consequentemente avaliar sua eficiência. Os objetivos mais específicos tendem a verificar componentes, avaliar o funcionamento e pós-montagem de equipamentos especificando local de medição e instrumentação utilizada.

A justificativa desse estudo, parte do princípio que armazéns graneleiros e silos são estruturas de grande porte. Dessa maneira, essas edificações são utilizadas para alocação de grandes quantidades de produtos como soja, milho, trigo, farelo entre outros. Esses locais têm suas características típicas conforme seu volume de armazenamento, assim seus sistemas de aeração precisam ser instalados e dimensionados para prevenir o aquecimento e consequentemente resfriar e controlar a umidade do produto armazenado.

Em um terminal graneleiro com pouco tempo de atividade, observou-se uma dificuldade relativa no controle de temperatura dentro do armazém. O sistema de aeração entra em ação quando a umidade externa e temperatura são favoráveis para estabelecer a ventilação forçada. Desse modo, observou-se que com a retirada do produto houve porções de pequenas massas fora do padrão. Essas massas são popularmente chamadas de produto queimado. Assim, perante esse cenário houve uma proposta inicial para verificar se o sistema de aeração estava sendo eficiente e suficiente para o armazém.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ARMAZÉM DE GRÃOS HORIZONTAL FUNDO TIPO V

O armazém onde foi realizado o estudo tem a capacidade estática de 120.000 toneladas com o comprimento de 220 metros, 45 metros de largura, 5 metros de altura da parede lateral

e fundo tipo V com 15 metros de profundidade que facilita o escoamento dos grãos alocados em seu interior, assim a retirada dos mesmos são feitas por gravidade. Desta forma, tudo isso é dividido igualmente em 3 células com a capacidade de 40.000 toneladas cada uma, no túnel do armazém encontram-se duas sessões de 120 gavetas, as mesmas ficam dispostas acima de duas correias transportadoras que percorrem todo armazém chegando até dois elevadores, tanto as correias quanto os elevadores tem a capacidade para 750 toneladas/hora.

Não se faz necessários espalhadores de grãos como é comum em silos, o grão vem por meio de duas correias transportadoras e chegam até os *Tripper* de enchimento do armazém, cuja função é de acomodar os grãos ali dentro. Assim, a retirada do produto do armazém tem como base o critério PEPS (primeiro que entra primeiro que sai). Segundo Silva Wilker (2019), os itens em estoque que foram comprados ou produzidos primeiro devem ser vendidos por primeiro, isso se faz necessário para não ter problemas posteriores com a qualidade do produto.

Uma das considerações aceitas no cenário da certificação foi que o armazém graneleiro é considerado um terminal de passagem e eventualmente utilizado como estoque regulador, dependendo do produto armazenado, ele poderá ficar por um período inferior a 1 ano com suas características iniciais, tendo como peça chave o manejo de recebimento, expedição e aeração.

DADOS DO PROJETO DO ARMAZÉM GRANELEIRO

Grãos armazenados: Milho e soja 1% de impureza e no máximo 14% de umidade

Média do peso específico dos grãos armazenados: 0,75 t/m³

Temperatura média considerada: 20°C

Altitude: 780m

Capacidade estática: 120.000 toneladas

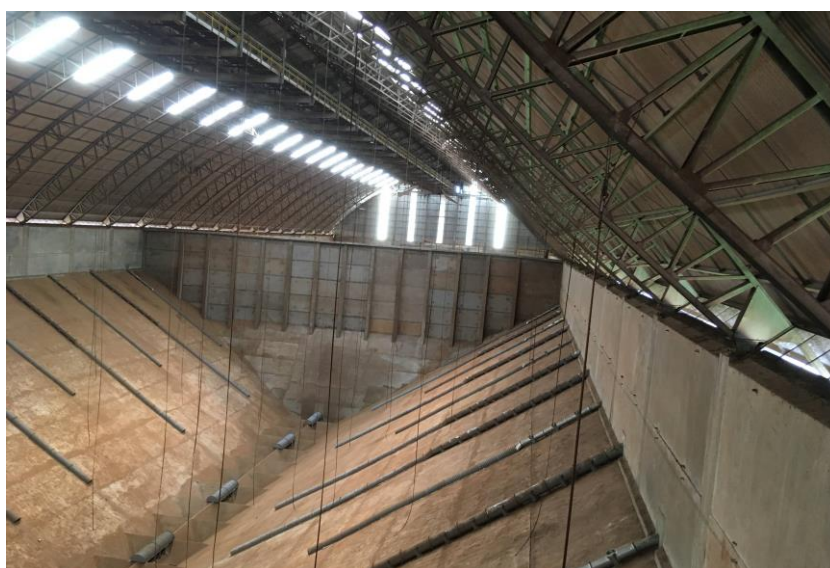
Vazão de ar específica: 0,07 m³/min/m³

Figura 1 – Armazém Graneleiro (parte externa)



Fonte: Cooperativa Central

Figura 2 – Armazém Graneleiro (parte interna)



Fonte: o autor (2021).

2.2. SISTEMA DE TERMOMETRIA DO ARMAZÉM DE GRÃOS

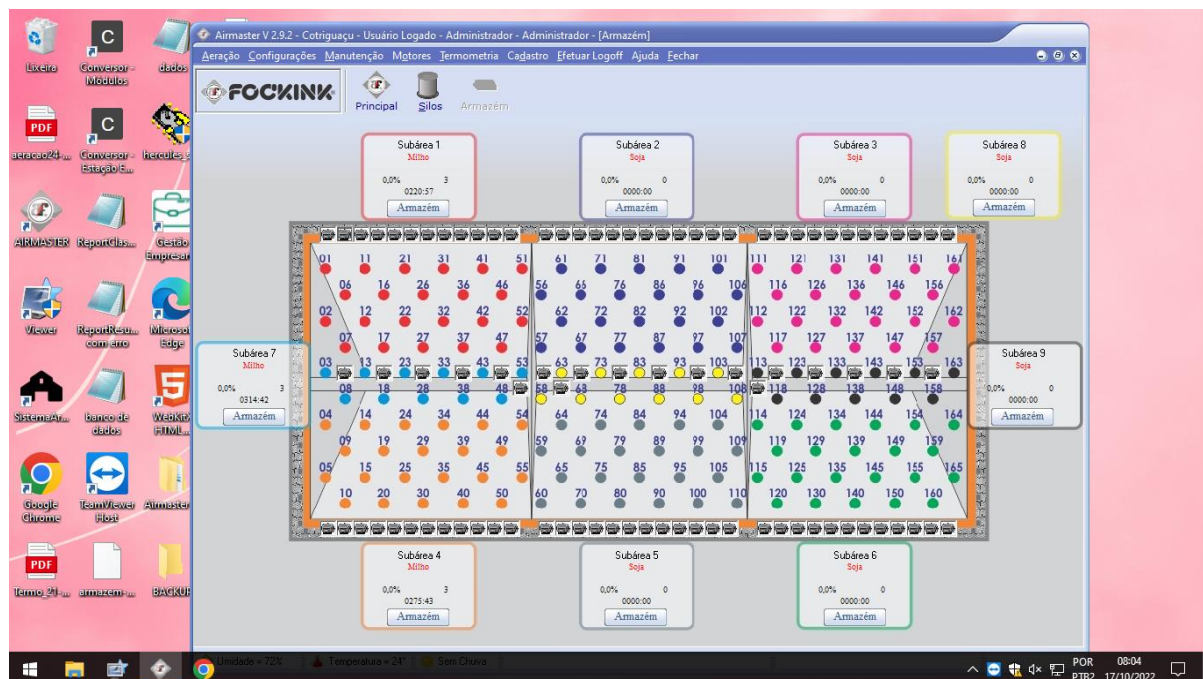
Segundo Silva (2008), a instalação de um sistema de termometria atende um espaçamento que varia 6.0 metros de distância entre cada cabo e de 2,0 metros a 2,5 metros entre pontos de medição no mesmo cabo, isso significa que um cabo pode ter vários pontos de

medições. O sistema de termometria apresentado é da marca Fockink, anos atrás para conseguir ter medições de temperatura e qualidade do produto era necessário um trabalhador entrar no armazém e ir coletando amostras em vários pontos para fazer análises e posteriormente ligar de forma manual os ventiladores.

Deste modo, com a integração da termometria tudo é feito de forma automática, assim tornando o armazém moderno e tecnológico. Para ter-se um sistema completamente automático são instalados pontos de medições na parte interna do armazém, esses pontos são compostos por vários sensores térmicos tipo termopar dispostos em um cabo e instalados na parte superior, traçando assim, uma linha vertical até o piso em pontos específicos. Além dos sensores, uma estação de recebimento de dados fica situada na CCM (Centro de Controle de Motores) da unidade, pelo qual contém uma central de processamento de dados, composta por módulos de leituras, painéis de acionamentos, placas eletrônicas e estação meteorológica externa.

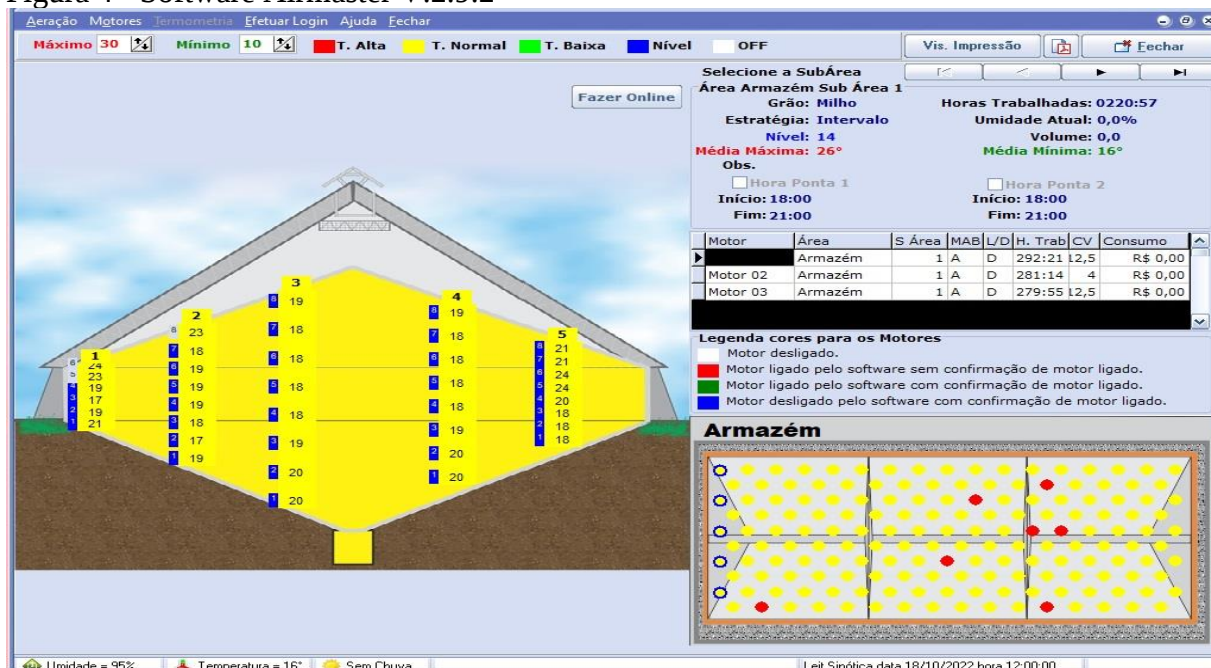
O controle do sistema de termometria é feito através do Software Airmaster V.2.9.2. que é controlado e disposto pela própria fabricante fockink.

Figura 3 - Software Airmaster V.2.9.2



Fonte: autor (2022).

Figura 4 - Software Airmaster V.2.9.2



Fonte: autor (2022).

2.3. SISTEMA DE AERAÇÃO DO ARMAZÉM DE GRÃOS

Segundo Navarro e Noyes (2001), o sistema de aeração é responsável por uma das qualidades finais do produto estocado. Atualmente, temos sistemas de desempenho extraordinários, pelos quais se têm obtido não apenas funções de troca de calor, como também de controle de umidade, circulação de ar e expurgo de gases indesejáveis. Basicamente a aeração é realizada dentro dos armazéns desde o recebimento do produto até sua expedição. O produto quando vem diretamente da lavoura tem a particularidade de que em parâmetros normais, seja maduro e chegue com uma temperatura um pouco acima do desejável. Desta forma, sabe-se que em grandes massas de produtos o aumento da temperatura é indesejado podendo ocasionar impurezas e ao final perda significativa.

Quando falamos em vibração, imaginamos sistemas complexos e nos questionamos sobre o que poderia estar causando essas vibrações. Segundo Kardek e Nascif (2009) o conceito de vibração usualmente é expresso em termos referentes à velocidade, aceleração e deslocamento. Assim, ao falar desses conceitos é inevitável não falar sobre problemas de manutenção que são rapidamente identificados.

De acordo com Gil (2010), levantamento é algo extraído de um seletor grupo de pessoas. No que se refere aos equipamentos, o levantamento ocorre sobre cada um e algumas técnicas são empregadas, como: funcionamento e manutenção.

2.3.1. Ventiladores

Dentro do sistema de aeração uma das peças chaves são os ventiladores existentes, segundo Filho (2014), o sistema de ventiladores são amplamente utilizados em industriais e meios rurais fornecendo a quantidade de ar necessária para o resfriamento do produto. Esses ventiladores, são turbo máquinas que trabalham na forma radial ou axial, basicamente, são ventiladores aplicados em praticamente todos os tipos de trocadores de calor, obtendo inclusive a possibilidade de trocar calor com o ambiente.

Desta forma, o sistema conta com trinta e seis (36) ventiladores centrífugos, modelo ILS-315, com motor elétrico 4 CV/IIP e com 3526 rpm, instalados nas laterais do armazém intercalados com outros trinta e seis (36) ventiladores centrífugos ILS-400 com motor elétrico 12,5 CV/IIP, o acionamento é feito pelo método de partida direta. Além dos ventiladores instalados nas laterais encontram-se instalados no túnel do armazém outros dezenove (19) ventiladores centrífugos, modelo CLS-355 com motor elétrico de 10 CV/IIP o acionamento é feito por inversores de frequência. Todos os ventiladores são da marca Projelmec.

Os ventiladores fabricados têm suas limitações técnicas expostas pelo fabricante, como: vazão, pressão estática e rotação. A maioria desses dados são descritos em placas de identificações que ficam na parte externa do conjunto. Os ventiladores também são dispostos na parte externa do armazém, ligados diretamente em mangotes e fixados nos dutos de descarga.

Figura 5 – Ventilador ILS – 400



Fonte: o autor (2021)

2.3.2. Dutos perfurados e cones dispersores de ar

Segundo Silva (2008), para se ter um dimensionamento de um sistema de aeração, é preciso calcular a vazão de ar, pressão estática do ventilador, a potência do motor, a área de perfuração, o número de dutos, o espaçamento entre os dutos e o tempo para se ter o resfriamento da massa de grão. Os aerodutos e os cones dispersores de ar permitem a insuflação de ar através da massa de grãos. Cada ventilador alocado para resfriamento dessa massa será ligado em um duto perfurado ou em um cone dispersor de ar. Os ventiladores de porte menor da lateral de 4 CV, encontram-se acoplados a dutos perfurados de 200 milímetros de diâmetro e 12 metros de comprimento, com área total perfurada de 5,67 m² com início a 3,5 metros da parede lateral, já os ventiladores com 12,5 CV instalados na lateral se encontram acoplados a dutos perfurados com 300 milímetros de diâmetro e 12 metros de comprimento com área total perfurada de 11,3 m², com início a 9,5 metros da parede lateral.

Os cones dispersores são compostos por um cone vertical construído em chapa perfurada, com diâmetro da base de 640 milímetros por 4 metros de altura totalizando uma área perfurada de 5,6 m² a fixação é feita diretamente no piso do armazém, por meio de chumbadores tipo *parabolt* com diâmetro de 3/8" e comprimento de 3".

Figura 6 – Cone Dispersor de ar



Fonte: autor (2021).

3. METODOLOGIA CIENTÍFICA

- Analisar dados de projeto e componentes;
- Determinar métodos de cálculos e equações;
- Especificar instrumentação utilizada;
- Preparar local de medição;
- Coletar e realizar levantamento de dados;
- Avaliar funcionamento e pós-montagem de equipamentos, assim propondo melhoria;

As primeiras etapas do estudo foram constituídas em analisar dados do projeto do armazém e componentes de seu sistema de aeração, dados técnicos dos ventiladores como pressão estática, velocidade do ar e corrente elétrica serão coletados para serem realizados os cálculos. Sobre a metodologia adotada para vazão de ar, optou-se pelo método que tem por base a pressão estática medida na descarga dos ventiladores. Na sequência, utilizam-se critérios estatísticos para determinar pressão estática média de cada modelo de ventilador descartando os *outliers*, (pontos que se encontram muito abaixo ou muito acima do normal). Na prática, para o cálculo descartam-se os ventiladores com sentido de rotação invertida, pelo qual se encontra pouco grão e onde foi constatada qualquer anomalia (como vazamento de ar). Desta forma, presume-se que com a correção das anomalias e com o armazém completamente cheio, a vazão total de ar aproximada será a soma das médias obtidas, estando todos os ventiladores ligados. Para determinar a vazão de cada modelo de ventilador a partir da pressão estática medida na descarga, utilizam-se as curvas características dos ventiladores fornecidos pelo fabricante Projelmec e pelo Software seleção de ventiladores.

Somente para comparação dos resultados apresentam-se também o método da velocidade média no bocal de aspiração. Esse método tem a característica de ser dificultosa a obtenção da velocidade média, em função das diversas variáveis que interferem no resultado da medição. Assim, constituem obstáculos à passagem do ar, desde a aproximação para colocar o medidor, a mão, braço até o corpo do operador, provocando um aumento de velocidade em volta do instrumento de leitura. Além disso, o fluxo de ar próximo à aspiração do ventilador sempre vai ser turbulenta e desuniforme.

Instrumentação utilizada

A instrumentação utilizada para obtenção da pressão estática e velocidade do ar foi manômetro tipo U e anemômetro, trenas, paquímetro e tabela de fabricante.

Preparação do local

Durante a coleta de dados em campo foi necessário preparar os locais de medições, nos ventiladores, foram feitos nos dutos de descarga um furo com uma broca de 4 milímetros para serem medidos a pressão estática e posteriormente vedado com silicone.

Coleta de dados dos ventiladores

VENTILADORES MODELO ILS-315 4CV/IIP DIÂMETRO 320MM 3475 rpm

Nº	PE (mmca)	VA (m/s)	C (A)	OBS.	Nº	PE (mmca)	VA (m/s)	C (A)	OBS.
02	43	22,5	6,1	(-)grão	38	65	23,7	5,9	
04	92	23,8	6,4		40	60	21,7	5,2	Vibrando
06	73	22,0	5,2		42	70	22,6	5,8	
08	82	23,6	6,1		44	68	22,5	5,7	
10	60	23,8	4,5		46	73	22,6	6,4	
12	70	23,5	4,5	Vibrando	48	71	23,3	6,0	
13	64	23,9	5,0		49	72	23,1	5,8	
15	74	21,3	5,6		51	80	23,1	5,5	
17	75	21,0	6,3		53	67	24,3	4,0	
20	74	22,7	6,1		56	81	22,0	6,5	
22	76	23,1	5,7		58	65	23,6	4,5	
24	66	22,1	5,9		60	65	24,4	4,1	
25	74	23,4	4,8		61	66	24,2	4,3	
27	76	21,3	5,3	Vibrando	63	75	24,0	6,4	
29	78	21,3	6,1		65	74	23,2	4,5	
31	78	22,9	6,4		67	72	20,6	5,5	
33	61	21,7	5,9	Roncando	69	55	22,6	6,2	
35	60	25,1	6,5		71	50	22,5	6,8	

PE – Pressão Estática

VA – Velocidade do Ar C – Corrente elétrica

VENTILADORES MODELO ILS-400 12,5CV/IIP DIÂMETRO 400MM 3526 RPM

Nº	PE (mmca)	VA (m/s)	C (A)	OBS.	Nº	PE (mmca)	VA (m/s)	C (A)	OBS.
01	108	33,5	16,8	(-)grão	37	096	33,6	15,7	(-)grão
03	143	31,5	17,4		39	157	31,2	16,7	
05	160	31,5	17,2		41	144	29,1	16,9	
07	145	33,0	17,5		43	156	34,4	17,7	
09	135	29,7	16,8		45	132	23,2	12,2	
11	120	32,7	16,7		47	113	32,6	16,7	
14	163	33,5	18,4		50	134	30,9	10,9	
16	160	34,7	13,5		52	124	32,7	11,7	
18	150	28,8	17,6		54	140	29,5	17,0	
19	152	31,2	16,2		55	160	31,2	17,3	
21	151	29,3	16,8		57	129	30,5	16,7	
23	123	32,4	14,5		59	120	31,6	10,6	
26	152	30,7	12,8		62	104	33,4	17,3	(-)braç
28	147	31,1	17,3		64	119	27,6	16,6	
30	014	28,6	12,5	Invertido	66	145	28,1	12,5	
32	140	34,6	16,8		68	113	32,5	14,3	
34	124	32,8	14,7		70	142	27,8	17,5	
36	101	38,8	18,7	Invertido	72	097	33,4	10,8	Invertido

PE – Pressão Estática

VA – Velocidade do Ar

C – Corrente elétrica

VENTILADORES MODELO CLS-355 10CV/IIP DIÂMETRO 400MM 3530 rpm

Nº	PE (mmca)	VA (m/s)	C (A)	OBS.
01	69	27,8	9,6	
02	39	10,0	9,2	Invertido
03	87	26,8	9,7	
04	80	25,4	8,7	
05	83	27,3	9,2	
06	70	23,0	8,6	
07	70	27,1	9,9	
08	97	23,8	10,6	Batendo
09	86	27,8	10,7	
10	96	28,3	10,2	
11	80	28,6	10,7	Batendo
12	70	27,3	9,1	
13	75	32,7	10,9	
14	78	24,5	8,4	Travado
15	74	25,3	9,2	
16	78	27,6	10,5	
17	68	23,3	8,4	
18	87	28,2	9,2	
19	56	25,2	9,0	

PE – Pressão Estática

VA – Velocidade do Ar

C – Corrente elétrica

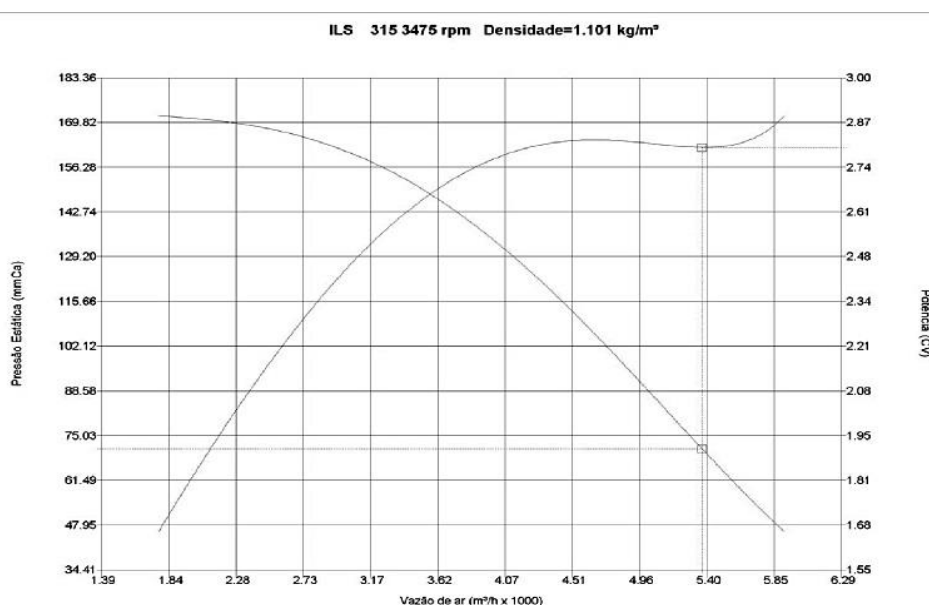
4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Análise pela pressão estática

MODELO ILS-315 4CV/IIP DIÂMETRO 320MM 3475 RPM

Descartando os ventiladores 02, 69 e 71 fazendo a média dos outros, a pressão estática encontrada em milímetros por coluna de água é de 71 mmca. Respeitando as curvas características do ventilador conforme tabela na pressão de 71 mmca é possível encontrar a vazão em metros cúbicos por hora que fica em torno de 5370m³/h, assim, multiplicando pela quantidade de 36 ventiladores o valor ficará em torno de 193.320 m³/h.

Gráfico 1 – Curva característica ILS -315

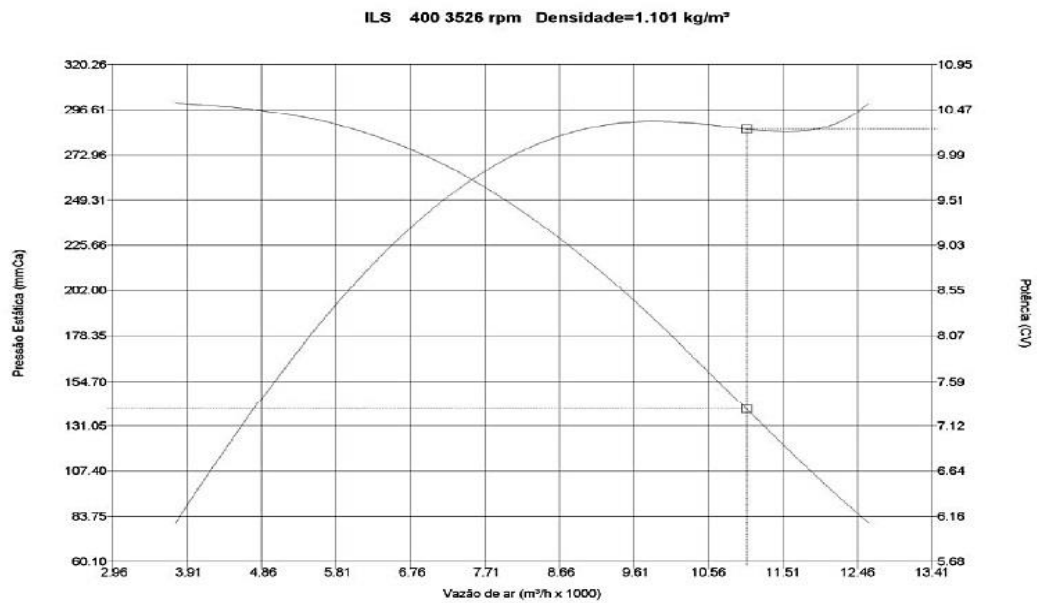


Fonte: Projelmec.

MODELO ILS-400 12,5CV/IIP DIÂMETRO 400MM 3526 RPM

Descartando os ventiladores 01, 30, 36 37, 62 e 72 fazendo a média dos outros a pressão estática encontrada em milímetros por coluna de água é de 140 mmca. Respeitando as curvas características do ventilador conforme tabela na pressão de 140 mmca é possível encontrar a vazão em metros cúbicos por hora que fica em torno de 11050m³/h, assim, multiplicando pela quantidade de 36 ventiladores o valor ficará em torno de 397.800 m³/h.

Gráfico 2 – Curva característica ILS - 400

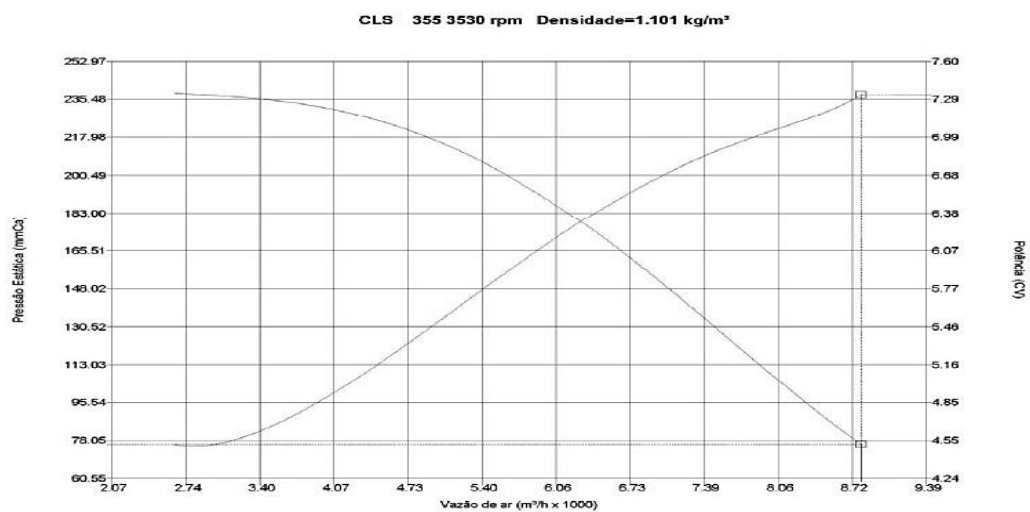


Fonte: Projelmec.

MODELO CLS-355 10CV/IIP DIÂMETRO 400 MM 3530 RPM

Descartando os ventiladores 01, 02, 17 e 56 fazendo a média dos outros a pressão estática encontrada em milímetros por coluna de água é de 76 mmca. Respeitando as curvas características do ventilador conforme tabela na pressão de 76 mmca é possível encontrar a vazão em metros cúbicos por hora que fica em torno de 8.800m³/h, assim, multiplicando pela quantidade de 19 ventiladores o valor ficará em torno de 167.200 m³/h.

Gráfico 3 – Curva característica ILS -400



Fonte: Projelmec.

4.1.2 Análise de método comparativo pela velocidade do ar

MODELO ILS-315 4CV/IIP DIÂMETRO 320 MM 3475 RPM

Descartando os ventiladores 35, 53, 60 e 61 e fazendo a média dos outros ventiladores, a velocidade média do ar fica em 22,98 m/s. Respeitando as curvas características do ventilador, assim a relação entre a velocidade média de descarga que é 18,8 m/s e a vazão média encontrada em 5370m³/h, fica em 0,08 multiplicando a velocidade média do ar de 22,98 m/s a vazão média por ventilador fica em 6618 m³/h num total de 238.248 m³/h.

MODELO ILS-400 12,5CV/IIP DIÂMETRO 400 MM 3526 RPM

Descartando os ventiladores 01, 14,16, 32, 36, 37, 43, 47, 62 e 72 e fazendo a média dos outros ventiladores a velocidade média do ar fica em 30,54 m/s. Respeitando as curvas características do ventilador, assim a relação entre a velocidade média de descarga que é 24 m/s e a vazão média encontrada em 11.050m³/h, fica em 0,126 multiplicando a velocidade média do ar de 30,54 m/s a vazão média por ventilador fica em 13.853 m³/h num total de 498.708 m³/h.

MODELO CLS-355 10CV/IIP DIÂMETRO 400 MM 3530 RPM

Descartando os ventiladores 02, 10, 11, 13 e 18 e fazendo a média dos outros ventiladores a velocidade média do ar fica em 25,87 m/s. Respeitando as curvas características do ventilador, assim a relação entre a velocidade média de descarga que é 19,4 m/s e a vazão média encontrada em 8.800m³/h, fica em 0,126 multiplicando a velocidade média do ar de 25,87 m/s a vazão média por ventilador fica em 11.735 m³/h multiplicado por 19 ventiladores tudo fica num total de 222.965 m³/h.

4.1.3 Cálculo da vazão específica pelo método pressão estática.

Somando os valores encontrados no conjunto de ventiladores temos 193.320m³/h + 397.800m³/h + 167.200m³/h que é igual 758.320m³/h dividindo por 60 minutos temos 12.638,66 m³/min dividindo por 160.000m³ temos um total de 0,078m³/min/m³. O valor referente a 160.000 m³ é a relação da capacidade estática do armazém com a média do peso específico do produto, isso significa que para você ter uma capacidade estática de 120.000 toneladas você necessita de 160.000 m³ de espaço livre, lembrando que a média do peso específico do produto é de 0,75 t/m³.

4.1.4 Cálculo comparativo da vazão específica pelo método velocidade do ar.

O valor médio encontrado no conjunto de ventiladores é a soma da vazão específica de cada tipo de modelo, sendo assim $238.248 \text{ m}^3/\text{h} + 498.708 \text{ m}^3/\text{h} + 222.965 \text{ m}^3/\text{h}$ que é igual a $959.921 \text{ m}^3/\text{h}$ dividindo por 60 minutos temos $12.852,06 \text{ m}^3/\text{min}$ dividindo por 160.000 m^3 temos um total de $0,08 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^3$.

4.1.5 Análise de funcionamento do sistema de ventilação

No período em que foi feito a coleta de dados nos ventiladores, em paralelo realizou-se uma avaliação do sistema de ventilação e o que se encontrou foram equipamentos com funcionamento dentro dos padrões desejados e equipamentos que necessitavam de manutenção, como por exemplo, com vazamento de ar nos mangotes que ligam os ventiladores aos dutos. Havia ventiladores que estavam com o disjuntor desligado com o sentido de giro oposto ao sentido de trabalho e até mesmo ventiladores que estavam desbalanceados e roncando.

A análise de funcionamento realizada tem como objetivo alertar a equipe de manutenção para possíveis intervenções imediatas ou preventivas. Outro ponto importante a ser mencionado é o fato de que para os ventiladores que ficam do lado externo do armazém entrar em funcionamento o tempo não pode estar chuvoso, pois não há cobertura na lateral.

Figura 7 – Ventilador Travado



Fonte: o autor (2021).

4.1.6 Avaliação de pós-montagem dutos perfurados e cones dispersores de ar

Para efetuar essa avaliação houve a necessidade de adentrar no armazém para verificar se todos os procedimentos de segurança e treinamento estavam em dia. Sem produto, o que se viu foi impactante, devido ao peso do produto os dutos perfurados nos formatos circulares foram literalmente amassados, assim dificultando a passagem de ar. A fixação feita por braçadeira e chumbadores apresentava indício de desgaste, já os cones dispersores de ar com o arraste do produto foram se deslocando lateralmente fazendo com que o produto adentrasse no canal de ventilação, muitas vezes vindo a travar os ventiladores ou até mesmo danificar o rotor.

Figura 8 – Dutos de aeração amassados



Fonte: o autor (2021).

4.2 Resumo das Análises

A análise de desempenho teve como objetivo a realização de testes, medições, cálculos e apontamentos de possíveis anomalias no sistema de aeração. Desta forma, tendo em vista a realização do cálculo de vazão por pressão estática temos uma vazão total de $0,078 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^3$, assim sendo satisfatórios e dentro dos limites padrões estipulados pelo MAPA no cenário da

certificação que para unidades armazenadoras horizontais varia de $0,05\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$ a $0,1\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$, em específico para esse armazém é de $0,07\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^3$. Sobre o conjunto de ventiladores, fica expressa a necessidade de manutenção em algumas unidades, para melhorar a efetividade da aeração. Referente aos dutos perfurados e os cones dispersores de ar, será necessário intervenção imediata acreditando ser um dos pontos mais prejudicados no sistema, com peças danificadas, soltas tendo grande chance de cair na parte interna do armazém.

4.3 Proposta de ajuste e melhoria dos ventiladores, dutos perfurados e cones dispersores

Sendo um dos pontos mais observados na elaboração do trabalho o conjunto de ventiladores da lateral do armazém tem a característica de ficar no tempo, assim impossibilitando o funcionamento em dias chuvosos, um projeto de cobertura desses ventiladores poderia ser elaborado com a função de aumentar o índice de aeração e consequentemente proteger da chuva e de poeiras, a proposta foi aceita pela empresa. Outro ponto a ser abordado é referente a vazamentos de ar, qualquer vazamento de ar por menor que seja, deverá ser vedado logo que aparecer. Em relação aos rotores para evitar desbalanceamento e vibração é aconselhado a se limpar com escova de aço a cada seis meses.

Desta maneira, referente aos dutos perfurados que se danificaram com a massa de grão a solução foi buscar auxílio com a Fockink empresa responsável pelo projeto e montagem, a mesma apresentou uma proposta de revisão, nessa proposta aconselhou a substituição dos dutos circulares por aerodutos semicirculares instalados diretamente sobre o piso. A proposta feita pela empresa Fockink foi aceita e a manutenção está sendo realizada em 5 etapas. Sobre os cones dispersores de ar a Fockink aconselhou a substituição por “casa mata”. Essas casas matas têm as características de serem semicirculares. Assim, a substituição dos cones dispersores de ar está sendo feita juntamente com os dutos.

Figura 9 – Dutos Circulares



Fonte: o autor (2020).

Figura 10 – Aerodutos semicirculares



Fonte: o autor (2021).

Figura 11 – Armazém graneleiro



Fonte: o autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Sistema de aeração se faz necessário em unidades armazenadoras, para manter a qualidade do produto e evitar prejuízos, juntamente com o sistema de aeração o manejo do produto é de grande importância, pois é onde se encontra pontos com maior concentração de impureza. Dessa maneira, consequentemente, teremos temperaturas mais altas e dificuldades de controle. Contudo, não basta uma unidade armazenadora ter somente o sistema de aeração, o controle de funcionamento dos ventiladores é de primordial importância, pois um dia com o sistema de aeração parada em condições favoráveis são praticamente irrecuperáveis, assim, as condições dependem do clima e tempo do local.

O objetivo buscou analisar pontos falhos do sistema de aeração, esses pontos interferem diretamente no desempenho do sistema. O que foi visto através de dados coletados em campo, foi um sistema praticamente dentro do limite estipulado pela certificação, digamos que se houver necessidade de alterar as características do armazém graneleiro, deixará de ser um terminal de passagem, passando a ser um terminal armazenador, por um período maior teremos dificuldades em efetuar o controle de aeração no cenário previsto.

Avaliando a pós-montagem dos equipamentos, por mais que seja em um período considerado longo, após a abertura da unidade armazenadora, foi visto nos ventiladores pontos pelos quais interferem diretamente na aeração, como por exemplo, sentido de giro oposto. Nos dutos e cones dispersores de ar verificou-se que a integridade física dos mesmos estava abaixo do esperado, assim havia possibilidade grande de interferência na eficiência do sistema de aeração. Desta forma, algumas propostas de ajustes e melhorias foram citadas, e muitas delas foram iniciadas ou tem data para começar.

Os resultados da análise de desempenho reiteram a necessidade de acompanhamento contínuo do sistema, por mais que a vazão de ar específica esteja dentro do estipulado, pondo os equipamentos defeituosos para rodarem adequadamente se faz necessário outra coleta de dados e cálculo de vazão, estudo sobre eficiência energética e alteração no RPM (Rotação por minuto) dos motores e dos ventiladores do túnel podem ser feitos posteriormente. A conclusão reitera que a avaliação do sistema de aeração é primordial para uma qualidade adequada do produto a ser expedido, sendo assim, prevenindo possíveis percas de qualidade o que interfere diretamente na comercialização de produtos armazenados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 29, de 8 de junho de 2011, que aprova os Requisitos Técnicos Obrigatórios ou Recomendados para Certificação de Unidades Armazenadoras em Ambiente Natural e o Regulamento de Avaliação da Conformidade das Unidades Armazenadoras. Brasília, Sistema Integrado de Legislação, 31 de janeiro de 2017. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/infraestrutura-e-logistica/documentos-infraestrutura/29-2011.pdf>. Acesso em 09 de abril de 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Casa Civil**. Subchefia para assuntos jurídicos. Decreto nº 3.855, de 3 de julho de 2001, que regulamenta a Lei nº 9.973, de 29 de maio de 2000, que dispõe sobre o sistema de armazenagem dos produtos agropecuários, e dá outras providências. Portal da Legislação, Brasília, 03 de julho de 2001. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3855.htm. Acesso em 22 de março de 2021.

BONILA, S. H.; GONÇALVES, R. F.; SACOMANO, J. B.; SATYRO, W. C.; SILVA, M. T. da; (org). **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/armazenagem/serie-historica-da-armazenagem>. Acesso em 12 de Abril de 2022.

COTRIGUAÇU – Cooperativa central. **Histórico**. Disponível em <https://www.cotriguacu.com.br/unidades/terminal-ferrovi%C3%A1rio-armaz%C3%A9m-cascavel-pr/hist%C3%B3rico-armaz%C3%A9m-cascavel.html>. Acesso em 01 de março de 2021.

FILHO, G. E. F. F. **Bombas, ventiladores e compressores: fundamentos**. São Paulo: ética, 2014. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=a4diDwAAQBAJ&pg=SA8-PA43&lpg=SA8-PA43&dq=referencias+Guilherme+Filippo+Filho+-+Bombas,+ventiladores+e+compressores&source=bl&ots=58ppkxKi5G&sig=ACfU3U08DtIa1upPhdVsxRygWQYUIMnAg&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwigm73CnuHwAhWbHrkGHUKNCWIQ6AEwCHoECAUQAww#v=onepage&q=referencias%20Guilherme%20Filippo%20Filho%20-%20Bombas%2C%20ventiladores%20e%20compressores&f=false>. Acesso em 03 de maio de 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KARDEC, A.; Nascif, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.

MARCONI, M de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATOS, A. T. de; TEIXEIRA, D. L.; RIBEIRO I. C.; PAIVA E. C. R.; FILHO A. F. L. **Demanda de potência do ventilador para aeração de material em compostagem.** Eng. Agric., Jaboticabal, v.32, n.3, p.542-551, maio/jun. 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v32n3/13.pdf>>, Acesso em 1 de maio de 2021.

NAVARRO, S.; NOYES, R.; **The mechanics and physics of modern grain aeration management.** Includes bibliographical references and index, 2001

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva.** 4. reimpressão. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

SILVA, B. W. **Gestão de Estoques:** Planejamento, Execução e Controle. 2 ed. João Monlevade: BWS Consultoria, 2020.

SILVA, J. de S. e. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. Disponível em <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201811/23093833-secagem-e-armazenagem-cap5.pdf>> Acesso em 09 de abril de 2021.

TOMKIEWICZ, D. **Application Of The Method Of Dynamic Model Identification For Grain Water Content Estimation;** 4 Th International Scientific Conference Tae, Volume: Trends In Agricultural Engineering.