

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**THIAGO PEREIRA DE MIRANDA**

**AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE  
ARMAZENADORA COLETORA**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2021**

**THIAGO PEREIRA DE MIRANDA**

**AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE  
ARMAZENADORA COLETORA**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luís César da Silva

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2021**

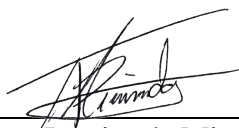
**THIAGO PEREIRA DE MIRANDA**

**AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE  
ARMAZENADORA COLETORA**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências, para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

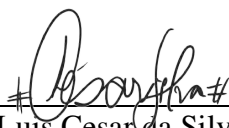
APROVADO: 21 de outubro de 2021.

Assentimento:



---

Thiago Pereira de Miranda  
Autor



---

Luis Cesar da Silva  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Maria do Amparo e Camilo por todo apoio, incentivo e que não pouparam esforços para que eu pudesse me dedicar exclusivamente aos estudos.

À Débora Lopes, companheira de tantos momentos, pelo apoio e estímulo de sempre.

Ao meu professor e orientador Luís César da Silva, por toda paciência, dedicação e atenção, essenciais para que este trabalho fosse concluído.

À empresa agrícola, em nome de seu coordenador agroindustrial, por todo apoio, prestatividade, fomento de dados e informações.

A Universidade e a todos os professores por todos os ensinamentos.

A amiga e Engenheira Agrícola e Ambiental Talissa Ireno por todo apoio para esse trabalho, com orientação informal e disposição.

Aos amigos e colegas de curso pelo convívio e parceria durante todos esses anos.

Aos colegas da área de armazenamento, funcionários Adão, Flávio, Luciana, Pedro, Sandrevânio, Simeí.

A todos aqueles que direta ou indiretamente participaram deste trabalho, o meu “obrigado”.

***“Sou muito grato às adversidades que apareceram na minha vida, pois elas me ensinaram a tolerância, a simpatia, o autocontrole, a perseverança e outras qualidades que, sem essas adversidades, eu jamais conheceria”. (Napoleon Hill)***

## **RESUMO**

Este trabalho foi conduzido em uma unidade armazenadora de grãos a granel nível coletora localizada no estado de Mato Grosso do Sul. A unidade possui 65 mil toneladas de capacidade estática. Foi estabelecido como objetivo uma pesquisa descritiva com o intuito de avaliar o fluxograma operacional, certificar os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e verificar o risco de ocorrência de gargalos operacionais. Unidades armazenadoras a granel adequadamente projetadas e gerenciadas trazem benefícios à cadeia produtiva em razão da maior eficiência e segurança na conservação dos grãos e racionalização de custos operacionais. Por meio de levantamentos das características dos equipamentos, das lógicas operacionais e do layout da unidade foi empregado o programa Microsoft Excel® para elaboração dos fluxogramas operacionais associados aos procedimentos operacionais padrão adotado pela unidade e foi verificado se a atual configuração da unidade apresenta corretamente dimensionada. Desse modo, foi possível concluir que a unidade se apresenta adequadamente dimensionada e os procedimentos operacionais padrão adotados asseguram o funcionamento adequado.

Palavras-chave: Dimensionamento, Fluxograma, Armazenagem.

## **ABSTRACT**

This work was carried out in a bulk grain storage unit at the collector level located in the state of Mato Grosso do Sul. The unit has 65 thousand tons of static capacity. A descriptive research was established with the aim of evaluating the operational flowchart, certifying the Standard Operating Procedures (SOP) and verifying the risk of occurrence of operational bottlenecks. Properly designed and managed bulk storage units bring benefits to the production chain due to the greater efficiency and safety in grain conservation and rationalization of operating costs. Through surveys of the characteristics of the equipment, operating logics and the layout of the unit, the Microsoft Excel® program was used to prepare the operational flowcharts associated with the standard operating procedures adopted by the unit and it was verified whether the current configuration of the unit is correctly sized. Thus, it was possible to conclude that the unit is properly dimensioned and the standard operating procedures adopted ensure proper functioning.

**Key words:** Dimensioning, Flowchart, Storage.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |                                                                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cc      | Carga útil do caminhão, t.                                                                            |
| Cee     | Capacidade estática na expedição, t                                                                   |
| Cemo    | Capacidade estática das moegas, t                                                                     |
| Cesp    | Capacidade estática do silo pulmão, t                                                                 |
| Cnml    | Capacidade nominal de máquinas de limpeza comercializadas, t/h                                        |
| Cnmpl   | Capacidade nominal de máquinas de pré-limpeza comercializadas, t/h                                    |
| Cns     | Capacidade nominal dos secadores segundo os fabricantes, t/h.                                         |
| Conab   | Companhia Nacional de Abastecimento                                                                   |
| Copu    | Capacidade operacional diária da unidade, t                                                           |
| Csd     | Capacidade horaria de secagem demandada, t/h                                                          |
| CT      | Correia transportadora                                                                                |
| CTR     | Correia transportadora reversível                                                                     |
| Cuca    | Carga útil do caminhão transportador, t                                                               |
| Cuca    | Carga útil do caminhão transportador, t                                                               |
| De      | Número de dias dedicados à expedição por mês, dia.                                                    |
| Dr      | Número de dias trabalhados por mês, dia                                                               |
| Ei      | Quantidade expedida no mês atual, t                                                                   |
| EL      | Elevador de Canecas                                                                                   |
| Fe      | Fluxo de grãos na expedição, t/h                                                                      |
| Fmax    | Fluxo operacional máximo, t/h                                                                         |
| Fmaxsec | Fluxo operacional máximo do secador, t/h                                                              |
| Fmin    | Fluxo operacional mínimo, t/h                                                                         |
| He      | Horas de dedicadas a expedição por dia, h/dia                                                         |
| Hp      | Horas de processamento por dia, h/dia                                                                 |
| Hr      | Horas de recebimento por dia, h/dia                                                                   |
| Ics     | Índice de correção do rendimento de secadores (decimal).                                              |
| Icsmax  | Índice de correção do rendimento de secadores para o menor teor de água das cargas recebida, decimal  |
| Icsmin  | Índice de correção do rendimento de secadores para o maior teor de água das cargas recebida, decimal. |
| If      | Teor de impureza final, %                                                                             |

|         |                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------|
| Li      | Teor de impureza inicial, %                                 |
| ML      | Máquina de limpeza                                          |
| MPL     | Máquina de pré-limpeza                                      |
| Nm      | Número de máquinas de pré-limpeza e/ou limpeza              |
| Nmo     | Número de moegas                                            |
| Npe     | Número de pontos de expedição                               |
| Nsec    | Número de secadores                                         |
| P.O.P   | Procedimento operacional padrão                             |
| P.O.P 1 | Procedimento Operacional Padrão para grãos limpos e secos   |
| P.O.P 2 | Procedimento Operacional Padrão para grãos úmidos e sujos   |
| Qa(i-1) | Quantidade de produto armazenada no mês anterior, t         |
| Qai     | Quantidade de produto armazenada no mês atual, t            |
| Qme     | Quantidade de produto do mês de maior expedição, t          |
| Qpls    | Quantidade de produto limpo e seco, t                       |
| Qplu    | Quantidade de produto limpo e úmido, t                      |
| Qprod   | Quantidade de produto úmido, t                              |
| Qpsu    | Quantidade de produto sujo e úmido, t                       |
| RDML    | Rosca distribuidora das máquinas de limpeza                 |
| RDMPL   | Rosca distribuidora das máquinas de pré-limpeza             |
| Ri      | Quantidade de produto recebida no mês atual, t              |
| Rml     | Rendimento operacional de máquinas de limpeza, decimal.     |
| Rmpl    | Rendimento operacional de máquinas de pré-limpeza, decimal. |
| RT      | Rosca transportadora.                                       |
| SA      | Silo de armazenamento.                                      |
| SC      | Secador.                                                    |
| SE      | Silo de expedição.                                          |
| SP      | Silo pulmão.                                                |
| Ta      | Tempo de autonomia do depósito da expedição, h              |
| Tc      | Tempo para carregamento do caminhão transportador, min.     |
| Tcm     | Tempo de carga da moega, h.                                 |
| Td      | Tempo de descarga do caminhão, min.                         |
| Uf      | Teor de água final, %.                                      |
| Ui      | Teor de água inicial, %                                     |

## SUMÁRIO

|              |                                                                      |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b>    | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                              | <b>11</b> |
| <b>2.</b>    | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                   | <b>12</b> |
| <b>2.1.</b>  | <b>Empresas Rurais .....</b>                                         | <b>12</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>Panorama da Armazenagem no Brasil .....</b>                       | <b>12</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>Unidades armazenadoras de grãos.....</b>                          | <b>13</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Moegas .....</b>                                                  | <b>14</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>Secadores .....</b>                                               | <b>15</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>Silo-pulmão.....</b>                                              | <b>16</b> |
| <b>2.6</b>   | <b>Setor de Armazenamento .....</b>                                  | <b>16</b> |
| <b>2.7</b>   | <b>Setor de Expedição.....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>2.8</b>   | <b>Sistema de Transporte de Grãos .....</b>                          | <b>17</b> |
| <b>3</b>     | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Dimensionamento do Setor de Secagem .....</b>                     | <b>18</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Dimensionamento do Setor de Moegas e Silo-Pulmão .....</b>        | <b>20</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Dimensionamento do Setor de Pré-Limpeza e Limpeza .....</b>       | <b>22</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Dimensionamento do Setor de Armazenagem .....</b>                 | <b>23</b> |
| <b>3.5</b>   | <b>Dimensionamento do Setor de Expedição .....</b>                   | <b>24</b> |
| <b>3.6</b>   | <b>Dimensionamento do Sistema de Transporte de Grãos .....</b>       | <b>24</b> |
| <b>3.7</b>   | <b>Dados da safra 2019/2020.....</b>                                 | <b>25</b> |
| <b>4</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                   | <b>28</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Descrição e inspeção .....</b>                                    | <b>28</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Elaboração de procedimentos operacionais e de Fluxograma.....</b> | <b>32</b> |
| <b>4.3</b>   | <b>Dimensionamento e verificação de gargalos.....</b>                | <b>37</b> |
| <b>4.3.1</b> | <b>Dimensionamento do setor de secagem.....</b>                      | <b>37</b> |

|       |                                                         |    |
|-------|---------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 | Dimensionamento do setor de moegas e silos-pulmão.....  | 37 |
| 4.3.3 | Dimensionamento do setor de pré-limpeza e limpeza ..... | 38 |
| 4.3.4 | Dimensionamento do setor de armazenagem.....            | 39 |
| 4.3.5 | Dimensionamento do setor de expedição .....             | 39 |
| 4.3.6 | Dimensionamento dos transportadores .....               | 39 |
| 4.3.7 | Verificação e confirmação.....                          | 39 |
| 5     | CONCLUSÃO .....                                         | 41 |
|       | REFERÊNCIAS.....                                        | 42 |

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é destaque pela importância na alimentação mundial, bem como, se apresenta como vetor crucial do crescimento econômico nacional. No entanto, esse contexto está altamente associada às condições climáticas durante os períodos de cultivo. Por exemplo, a produção da safra brasileira no ano safra 2020/2021 foi impactada por condições climáticas adversas em grande parte do território nacional, o que segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021a), levou ao atraso da colheita das culturas de primeira safra, especialmente a soja, impactou a semeadura do milho de sucessão, fazendo com que muitas áreas de cultivo fossem implantadas fora da janela ideal.

Contudo, a primeira projeção para a safra de 2021/2022 o setor agropecuário brasileiro apresentou crescimento de 3,3%, acima do estimado para 2021. A produção vegetal terá um desempenho mais positivo, de alta de 3,9%, impulsionada, como em 2021, pelo crescimento da produção de soja, recorde pelo terceiro ano consecutivo. As previsões apontam para uma produção total de 289,6 milhões de toneladas de grãos para a safra 2021/22 (CONAB, 2021b). No estado de Mato Grosso do Sul, a Aprosoja MS apontou para a mesma safra a produção total de 12,7 milhões de toneladas. Uma das razões para esse crescimento foi o aumento da área cultivada 7% (SILVA, 2021).

A produção de grãos tende a aumentar, conforme projeções do para os próximos anos (CONAB, 2021b), o que reflete em maior demanda por estruturas para recepção, armazenagem e expedição das commodities agrícolas. O armazenamento é uma etapa essencial na cadeia de produção de grãos. Uma unidade armazenadora, adequadamente projetada, gerenciada e estrategicamente localizada constitui uma das alternativas para aumentar o retorno econômico dos sistemas produtivos de grãos. Segundo Silva (2000), a escassez de unidades armazenadoras adequadamente dimensionadas prejudica a disponibilidade de produto ao longo dos meses, aumenta as flutuações de preços e torna a produtividade brasileira menos competitiva nos mercados interno e externo. Além disso, as operações realizadas em estruturas defasadas aumenta a tendência de perdas qualitativas e quantitativas.

A caracterização do fluxograma do fluxograma operacional e a adoção de procedimentos operacionais padronizados são fundamentais para preservação da qualidade dos produtos ao longo do período de armazenagem (VIEIRA, 2020). Posto este cenário, objetivou-se com o presente trabalho a condução de uma pesquisa descritiva das atividades de processamento em uma unidade armazenadora com intuito de aprimorar as rotinas operacionais.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Empresas Rurais**

Atualmente as propriedades rurais vêm sendo classificadas como empresas rurais, uma vez que as exigências do modelo de negócio são próximas dos preceitos e métodos das indústrias e demais empresas. As práticas de gestão vêm se voltando para a alocação correta da utilização de recursos envolvendo planejamento, controle e estratégias com o intuito de tornar a atividade agropecuária lucrativa (MARION, 2014).

Segundo Marion (2014), o empreendimento rural é aquele que explora a capacidade produtiva do solo por meio do cultivo da terra, da criação de animais e da transformação de determinados produtos agrícolas. As atividades desses empreendimentos rurais podem ser divididas em três grupos: produção vegetal, produção animal e agroindústrias. E essas atividades rurais possuem particularidades relacionadas aos fatores climáticos, mercados internacionais e ativos biológicos.

### **2.2 Panorama da Armazenagem no Brasil**

Ao longo dos anos a produção agrícola brasileira tem alcançado patamares cada vez mais altos, com o Brasil figurando entre os maiores produtores mundiais de grãos como soja, milho e trigo. De acordo com a Conab (2021b), há expectativa de que o país produza até 288,6 milhões de toneladas na safra 2021/2022, um incremento de aproximadamente 14,2% em relação à safra anterior.

As expectativas são crescentes para a produção nacional, em razão da alta dos preços das commodities agrícolas para esse momento de recuperação econômica (CONAB, 2021b). Dessa forma, a cada ano, são demandas tecnologias que levem à otimização dos processos, redução dos custos e aumento na produtividade. Tão importante quanto à quantidade do produto produzido faz-se demandar estruturas de armazenagem que garantam as preservações da quantidade e da qualidade dos produtos (SANTOS e CENTENARO, 2014).

Segundo a Conab, o ideal é que a capacidade estática de um país seja 1,2 vez a produção de grãos. Segundo a consultoria COGO – Inteligência em Agronegócio (CANAL RURAL, 2020),

o Brasil em 2020 apresentava capacidade estática de armazenagem de 170,1 milhões de toneladas, sendo que destes, 16% localizavam em propriedades rurais.

Além de possuir uma capacidade estática útil inferior a produção agrícola, parte da rede de apresenta inadequações estruturais e operacionais que comprometem a conservação dos grãos segundo os preceitos técnicos (MACHADO, 2008).

### **2.3 Unidades armazenadoras de grãos**

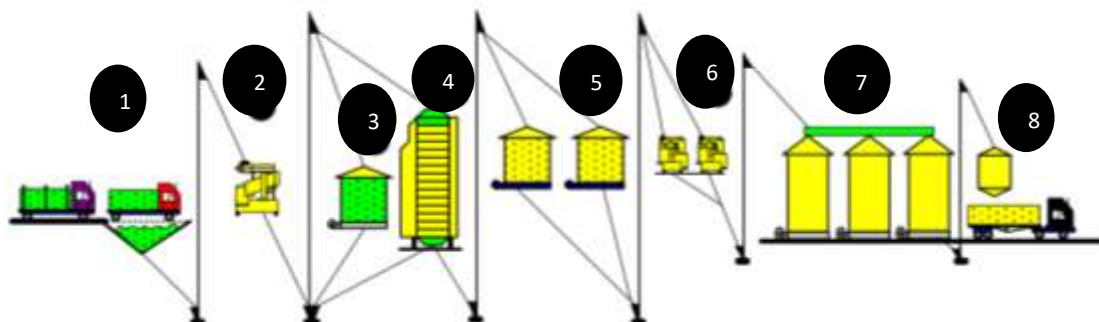
Unidades armazenadoras são sistemas projetados, gerenciados e operados para receber, limpar, secar, armazenar e expedir grãos, sendo caracterizados na cadeia produtiva do agronegócio como serviços de apoio a outros setores e assegurando que o produto chegue ao consumidor final com a qualidade desejada (KONOPATZKI et al., 2006).

No Brasil, as unidades armazenadoras a granel podem ser classificadas em: (i) nível de fazenda, localizada em propriedades rurais e com estrutura e capacidade estática para atender o próprio produtor; (ii) coletoras, localizada em zona rural ou urbana, com capacidade de processamento de limpeza, secagem e armazenagem para geralmente prestar serviços para vários produtores; (iii) intermediárias, localizada em ponto estratégico para facilitar o escoamento e recepção de produtos, possuindo grandes estoques locais; e (iv) terminais, localizadas próximo ao centros consumidores e com condições para alta rotatividade de produtos (BRASIL, 2011).

Geralmente os processos em unidades armazenadoras de grãos inicia-se com o recebimento do produto em moegas, seguido pela operação de limpeza para remoção das impurezas de forma mecânica e o encaminhamento da massa de grãos ao setor de secagem para redução do teor de água. Na sequência, o produto é armazenado por um determinado período até o momento da expedição.

Para operar adequadamente, uma unidade armazenadora deve contar com maquinários, transportadores, estruturas e sistema de expedição adequadamente dimensionados. A Figura 1 traz o fluxograma básico de uma unidade armazenadora a granel, constituída pelos seguintes elementos: moega (1), máquina de pré-limpeza (2), silo-pulmão (3), secador (4), silo para seca-aeração (5), máquina de limpeza (6), setor de armazenagem (7) e expedição (8).

Figura 1 - Fluxograma sinótico básico de uma unidade armazenadora de grãos a granel



Fonte: Adaptado de Silva (2010).

## 2.4 Moegas

As moegas são estruturas destinadas ao recebimento dos grãos que chegam das lavouras ou provenientes de outras unidades armazenadoras. O formato usual é de um troco de pirâmide invertido, sendo uma estrutura escavada e com paredes laterais com ângulo de inclinação superior a  $40^\circ$  para facilitar o escoamento de grãos úmidos ou com elevado percentual de impurezas.

Para Silva (2010), o dimensionamento de moegas refere-se a determinar o número de estruturas e a capacidade estática requerida, considerando: os tipos de produtos a serem recebidos na unidade e se essas operações ocorrerão simultaneamente; o horário de recebimento e o período de funcionamento do setor de recepção; o fluxo de caminhões e a extensão de filas; e o limite de tempo de retenção do produto nessas estruturas

## 2.5 Máquinas de pré-limpeza e limpeza

A presença de material estranho e impurezas da cultura base, mesmo que partes constituintes da planta, são materiais indesejados. O procedimento para remoção desses materiais se por meio da operação de limpeza feita de forma mecânica através de um sistema de ar e peneiras. A padronização do material recebido é de extrema importância para o armazenamento e manutenção da qualidade dos grãos.

De acordo com Weber (1995), as máquinas de limpeza e pré-limpeza funcionam através do sistema ventilador-peneira, separando os grãos das impurezas em função das propriedades físicas velocidade terminal, formato e dimensões dos grãos. O teor de água do produto impacta

a performasse dessas máquinas, de modo que quanto maior o teor de água dos grãos menor será o rendimento do equipamento.

Segundo Weber (1995), quando posicionadas antes do secador segundo a lógica do fluxograma operacional, o equipamento é denominado máquina de pré-limpeza, e se após máquina de limpeza. Silva (2000) explica que em unidades que usam secadores de fluxos mistos tipo cavaletes é imprescindível as máquinas de pré-limpeza para evitar incêndios.

## **2.4 Secadores**

A remoção do excesso de água dos grãos até padrão de armazenamento e, ou comercialização, ocorre mediante a operação de secagem. Esse processo é dinâmico e envolve simultaneamente os fenômenos de transporte e troca de calor e de massa. Essa operação é de suma importância por minimizar as perdas devido a auto degradação do produto e principalmente por bloquear a ação de fungos (SILVA, 2000).

No mercado nacional, existem diferentes configurações de secadores. Silva (2005) menciona que ao se optar pela secagem artificial esta pode ocorrer como secagem a baixa e alta temperatura. Os secadores dessa modalidade alta temperatura são classificados como secadores deleito fixo, fluxos cruzados, fluxos concorrentes, fluxos contracorrentes e de fluxos misto.

O aquecimento do ar de secagem pode ocorrer por meio de fornalhas, resistores elétricos, ou pela radiação solar. Ao receber calor, a entalpia do ar aumentada, a temperatura eleva e a umidade relativa reduz. Desse modo, quanto maior o aporte de calor do ar, maior será o potencial de secagem. Na secagem artificial a alta temperatura, o ar é aquecido a uma temperatura superior à 10 °C em relação ao ar ambiente e forçado por meio de ventiladores a passar pela massa de grãos, onde irá ceder calor e receberá água em estado de vapor proveniente do produto (SILVA, 2000).

Os secadores mais comuns no mercado nacional são os de fluxos mistos dos tipos cavalete e colunado e os secadores de fluxos cruzados. E esses secadores apresentam capacidade horária secagem variando de 15 a 250 t/h. Os secadores de fluxos misto tipo cavaletes são constituídos por camadas de calhas em formato de “V” invertido, dispostas em linhas paralelas, por onde os grãos se movem em sentido descendente pela ação da gravidade (PORTELLA e EICHELBERGER, 2001). Nos secadores de fluxos mistos tipo coluna, de acordo com SILVA, (2000), a torre possui colunas com chicanes por onde os grãos se deslocam no sentido da gravidade. Paralelo a essas colunas, em faces opostas há duas câmaras plenum, em que por uma

delas se aplica o ar de secagem e pela outra se procede a remoção do ar de exaustão, respectivamente. Nesse caso a movimentação do ar é feita por ventiladores axiais instalados na parte superior dos secadores.

## **2.5 Silo-pulmão**

Os silos-pulmão destinam ao armazenamento temporária de produto úmido e limpo que aguardam secagem. O uso dessas estruturas é de suma importância para desafogar o setor de recepção minimizando ocorrência de filas de caminhões, além de preservar a qualidade dos grãos que estariam propensos a ação de fungos, ao permanecerem por longos períodos nas moegas ou nas carrocerias dos veículos.

De acordo com Silva, (2010), a capacidade dos silos-pulmão deve ser definida de acordo com a quantidade e tipo de produto a ser recebido, a capacidade horária do setor de recepção e o tempo de retenção no silo que, neste caso, não deve ultrapassar a 12 horas. Além disso, a estrutura deve possuir fundo inclinado para facilitar a descarga do produto, contando com sistema de ventilação que aplique fluxos de ar de 0,30 a 0,60 m<sup>3</sup> de ar/min. t. a fim de reduzir a temperatura dos grãos e evitar a proliferação de fungos.

## **2.6 Setor de Armazenamento**

O armazenamento de grãos a granel ocorre normalmente em estruturas como graneleiros ou silos. Os graneleiros, com capacidade estática variando de 30 mil a 150 mil t, são estruturas horizontais constituídas por um ou mais compartimentos (células), apresentando simplicidade construtiva e baixo custo em relação aos silos. Segundo Weber (1995), os graneleiros podem ter fundos plano, semi -“V” e “V”, sendo dotados com sistemas de termometria e aeração, visando boas condições por longos períodos.

Os silos são estruturas individualizadas, normalmente de formato cilíndrico, construídas em chapas metálicas, alvenaria ou concreto com menores capacidade estática ao se comparar com os graneleiros (SILVA, 2000).

## **2.7 Setor de Expedição**

Segundo Silva (2010), o setor de expedição pode ter a configuração de silo metálico ou um depósito em concreto ou metálico elevados de tal forma permitir o carregamento por gravidade de caminhões ou vagões ferroviários.

Ainda segundo Silva (2010), essas estruturas devem possuir fundo inclinado para facilitar o escoamento do produto. O ideal é que o setor seja equipado de balanças rodoviárias ou ferroviárias para maior controle e agilidade da operação.

## **2.8 Sistema de Transporte de Grãos**

Segundo Weber (1995), os transportadores são responsáveis pela condução dos grãos ao longo das operações de armazenagem, movimentando o produto nas direções vertical, horizontal ou vertical, e normalmente são selecionados de acordo com a demanda da capacidade horária dos setores de recepção, secagem e de expedição da unidade.

Dentre os tipos de transportadores de grãos em unidades armazenadoras no Brasil, os mais encontrados são: (i) elevadores de caçambas, usados para transportar materiais granulares na direção vertical, conduzindo os grãos a partir de um cota inferior para uma superior; (ii) correias transportadoras, utilizadas para transportes no sentido horizontal em altas velocidades por longas distâncias; (iii) transportadores de correntes ou *Redler*, movimentam os grãos no plano horizontal por meio do arraste dos elos das correntes, podendo trabalhar também na posição inclinada; e (iv) transportadores helicoidais, eixo rosca sem-fim, operam movimentando produto nas direções horizontal, vertical ou de forma inclinada (SILVA, 2000; WEBER 1995).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado para uma unidade armazenadora de grãos localizada no estado de Mato Grosso do Sul, com capacidade estática instalada de 65 mil toneladas, onde é realizada a produção, recebimento, limpeza, secagem, armazenagem e expedição de grãos. A partir da unidade, os grãos são expedidos conforme contratos de venda.

Foi estabelecido como objetivo a condução de uma pesquisa descritiva da unidade armazenadora. Nesse estudo demandou-se a identificação e caracterização das estruturas, maquinários e transportadores que constituem em elementos do sistema unidades armazenadoras de grãos a granel. Por meio da visita in loco, anotou-se as características dos equipamentos e seu posicionamento no leiaute.

Após o levantamento do fluxograma operacional, foi elaborada a transcrição dos procedimentos operacionais padrão dos serviços e atividades da unidade armazenadora, e seus respectivos fluxogramas foram elaborados empregando o software Microsoft Excel<sup>TM</sup>.

Foram utilizados dados da safra 2019/2020 para identificação e caracterização das cargas quanto aos teores de impurezas e de água. O plano de expedição e contratos é definido pela matriz e equipe de comercialização, logo no quesito expedição foi adotado o embarque conforme relatório de cargas disponível pela empresa e retratam fidedignamente o cenário ocorrido.

Utilizou-se a metodologia empregada por Silva (2006) para verificação da atual capacidade de processamento da unidade, para certificar se a configuração atual da unidade atende às demandas quanto a recepção, processamento, armazenagem e expedição. A sistemática da metodologia é apresentada a seguir.

#### 3.1 Dimensionamento do Setor de Secagem

O setor de secagem é dimensionado considerando as quantidades e os tipos de produto úmido a ser seco na unidade. Dessa forma, definiu-se o número de secadores necessários para atender a demanda, tendo em vista as capacidades horárias nominais de secagem comercializadas no mercado. A metodologia empregada fundamenta-se em secadores de fluxos mistos tipo cavaletes ou de coluna, sendo o da unidade em questão condizente para tal aplicação. A partir da Equação 1, elaborada por Silva (2006), foi calculada a capacidade de secagem demandada em função da quantidade mensal de produto.

$$Csd = \frac{Qprod}{(Hp.Dr).Ics} \quad (1)$$

Em que:

*Csd* = Capacidade horária de secagem demandada, t/h

*Qprod* = Quantidade de produto úmido, t;

*Hp* = Horas de processamento por dia, h/dia;

*Dr* = Número de dias trabalhados por mês, dia; e

*Ics* = Índice de correção do rendimento de secadores (decimal).

Os fabricantes de secadores, de forma geral, em seus catálogos disponibilizam informações dos secadores considerando a redução teor de água de 18,0% para 13,0% (b.u). Contudo, faz-se necessária uma correção para tal capacidade em razão da recepção de produto com teores de umidade superior a 18%. Dessa forma, faz-se necessário o emprego da Tabela 1 que traz índices de correção da capacidade horária dos secadores em função do teor de água inicial do produto.

Tabela 1 - Índice de correção de rendimento de secadores de fluxos misto

| Teor de água inicial (%) | Teor de água final (%) |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|
|                          | 12                     | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   |
| 28                       | 0,33                   | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,43 |      |
| 27                       | 0,35                   | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,47 |      |
| 26                       | 0,37                   | 0,41 | 0,44 | 0,49 | 0,52 |      |
| 25                       | 0,40                   | 0,44 | 0,48 | 0,54 | 0,59 |      |
| 24                       | 0,44                   | 0,48 | 0,53 | 0,59 | 0,66 | 1,00 |
| 23                       | 0,48                   | 0,53 | 0,59 | 0,65 | 0,74 | 1,10 |
| 22                       | 0,52                   | 0,59 | 0,66 | 0,75 | 0,86 | 1,26 |
| 21                       | 0,58                   | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 1,02 | 1,42 |
| 20                       | 0,65                   | 0,74 | 0,84 | 1,07 | 1,22 |      |
| 19                       | 0,73                   | 0,86 | 1,05 | 1,21 | 1,53 |      |
| 18                       | 0,83                   | 1,00 | 1,22 | 1,52 |      |      |
| 17                       | 0,97                   | 1,20 | 1,50 |      |      |      |
| 16                       | 1,17                   | 1,47 |      |      |      |      |
| 15                       | 1,43                   | 2,01 |      |      |      |      |
| 14                       | 1,91                   |      |      |      |      |      |

Fonte: WEBER (2005).

A partir da capacidade horária de secagem demandada e da capacidade horária nominal dos secadores determinou-se o número de secadores necessários por meio da Equação 2.

$$N_{sec} = \frac{C_{sd}}{C_{ns}} \quad (2)$$

em que:

$N_{sec}$  = Número de secadores

$C_{sd}$  = Capacidade horária de secagem demandada, t/h

$C_{ns}$  = Capacidade nominal dos secadores segundo os fabricantes, t/h.

### 3.2 Dimensionamento do Setor de Moegas e Silo-Pulmão

Tendo o dimensionado o setor de secagem, o qual conduz todo dimensionamento na metodologia definiu-se a capacidade horária diária de recebimento da unidade em função dos fluxos operacionais máximo e mínimo, calculados a partir das Equações 3 e 4 de Silva (2006).

$$F_{max} = C_{ns} \cdot I_{csmax} \quad (3)$$

$$F_{min} = C_{ns} \cdot I_{csmin} \quad (4)$$

em que:

$F_{max}$  = Fluxo operacional máximo, t/h;

$F_{min}$  = Fluxo operacional mínimo, t/h;

$C_{ns}$  = Capacidade de secagem nominal do setor de secagem, t/h;

$I_{csmax}$  = Índice de correção do rendimento de secadores para o menor teor de água das cargas recebida, decimal; e

$I_{csmin}$  = Índice de correção do rendimento de secadores para o maior teor de água das cargas recebida, decimal.

Por meio do fluxo operacional máximo calculado, definiu-se a capacidade horária da unidade através da Equação 5.

$$C_{opu} = H_p \times F_{max} \quad (5)$$

em que:

$Cop_u$  = Capacidade operacional diária da unidade, t

$H_p$  = Horas de processamento por dia, h/dia

$F_{max}$  = Fluxo operacional máximo, t/h;

O número de moegas necessárias foi definido em função da demanda horária de recebimento, da carga útil dos caminhões e do tempo de descarga, conforme apresentado na Equação 6 (SILVA, 2006).

$$N_{mo} = \frac{\left(\frac{cop_u}{hr}\right) \times T_d}{60 \times C_c} \quad (6)$$

em que:

$N_{mo}$  = Número de moegas;

$T_d$  = Tempo de descarga do caminhão, min; e

$C_c$  = Carga útil do caminhão, t.

A capacidade estática das moegas foi definida em função do tempo necessário para que a estrutura seja completamente carregada com produto, ou seja, do período que levará para que a moega atinja sua capacidade máxima se por qualquer razão o fluxo da unidade for interrompido. Logo, a quantidade que poderá ser acumulada nas moegas foi calculada por meio da Equação 7 de Silva (2006).

$$C_{emo} = \frac{60 \times T_{cm} \times C_c}{T_d} \quad (7)$$

em que:

$C_{emo}$  = Capacidade estática das moegas, t;

$T_d$  = Tempo de descarga do caminhão, min;

$T_{cm}$  = Tempo de carga da moega, h; e

$C_c$  = carga útil do caminhão, t.

Quanto aos silos pulmão, definiu-se a partir da Equação 8, o número e a quantidade necessárias dessas estruturas para atender a unidade, em função da capacidade estática das moegas previamente calculada (SILVA, 2006).

$$C_{esp} = F_{max} \times (H_p - H_r) - N_{mo} \times C_{emo} \quad (8)$$

em que:

$C_{esp}$  = Capacidade estática do silo pulmão, t;

$C_{emo}$  = Capacidade estática das moegas, t;

$N_{mo}$  = Número de moegas;

$H_p$  = Horas de processamento por dia, h/dia;

$H_r$  = Horas de recebimento por dia, h/dia; e

$F_{max}$  = Fluxo operacional máximo de recebimento, t/h.

### 3.3 Dimensionamento do Setor de Pré-Limpeza e Limpeza

O número de máquinas de pré-limpeza e limpeza foi determinado por meio das Equações 9 e 10, em função do fluxo operacional máximo do setor de secagem e das capacidades horarias dos modelos de máquinas comercializadas (SILVA, 2006).

$$N_{mpl} = \frac{F_{maxsec}}{C_{nmpl} * R_{mpl}} \quad (9)$$

$$N_m = \frac{F_{maxsec}}{C_{nml} * R_{ml}} \quad (10)$$

em que:

$N_m$  = Número de máquinas de pré-limpeza e/ou limpeza

$C_{nmpl}$  = Capacidade nominal de máquinas de pré-limpeza comercializadas, t/h;

$C_{nml}$  = Capacidade nominal de máquinas de limpeza comercializadas, t/h;

$F_{maxsec}$  = Fluxo operacional máximo do secador, t/h;

$R_{mpl}$  = Rendimento operacional de máquinas de pré-limpeza, decimal.

$R_{ml}$  = Rendimento operacional de máquinas de limpeza, decimal.

### 3.4 Dimensionamento do Setor de Armazenagem

Para o dimensionamento do setor de armazenagem foram analisados a quantidade de grãos recebidos na unidade após passarem pelas operações de limpeza e secagem e os fluxos de expedição do produto. Para o cálculo dos descontos de impureza e umidade das cargas foram adotadas as Equações 11 e 12.

$$Q_{plu} = Q_{psu} \times \left[ 1 - \left( \frac{I_i - I_f}{100 - I_f} \right) \right] \quad (11)$$

$$Q_{pls} = Q_{plu} \times \left[ 1 - \left( \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) \right] \quad (12)$$

em que:

- $Q_{psu}$  = Quantidade de produto sujo e úmido, t;
- $Q_{plu}$  = Quantidade de produto limpo e úmido, t;
- $Q_{pls}$  = Quantidade de produto limpo e seco, t;
- $I_i$  = Teor de impureza inicial, %;
- $I_f$  = Teor de impureza final, %;
- $U_i$  = Umidade inicial, %; e
- $U_f$  = Umidade final, %.

Conhecendo-se a quantidade de produto limpo e seco e o plano de expedição com os valores percentuais da quantidade de produto a ser expedida, ou na ocasião, como ocorreu a expedição na unidade, verificou-se a movimentação mensal de produtos pelo setor de armazenagem empregando a equação básica de controle de estoque (Equação 13) de Silva (2006).

$$Q_{ai} = Q_{a(i-1)} + R_i - E_i \quad (13)$$

em que:

- $Q_{ai}$  = Quantidade de produto armazenada no mês atual, t;
- $Q_{a(i-1)}$  = Quantidade de produto armazenada no mês anterior, t;
- $R_i$  = Quantidade de produto recebida no mês atual, t;
- $E_i$  = Quantidade expedida no mês atual, t;

### 3.5 Dimensionamento do Setor de Expedição

O dimensionamento do setor de expedição foi procedido em função do mês em que há a maior quantidade de produto expedido no período. A partir dessa quantidade calculou-se, através das Equações 14 e 15, o número de pontos de expedição e a capacidade estática do setor necessários para o correto funcionamento da unidade (SILVA, 2006).

$$Npe = Qme \times Tc \times Cuca \times 60 \times He \times De \quad (14)$$

em que:

- $Npe$  = Número de pontos de expedição;
- $Qme$  = Quantidade de produto do mês de maior expedição, t;
- $Tc$  = Tempo para o carregamento do caminhão transportador, min;
- $Cuca$  = Carga útil do caminhão transportador, t;
- $He$  = Horas de dedicadas a expedição por dia, h/dia; e
- $De$  = Número de dias dedicados à expedição por mês, dia.

$$Cee = \frac{Cuca \times 60 \times Ta}{Tc} \quad (15)$$

em que:

- $Cee$  = Capacidade estática na expedição, t;
- $Cuca$  = Carga útil do caminhão transportador, t;
- $Ta$  = Tempo de autonomia do depósito da expedição, h; e
- $Tc$  = Tempo para carregamento do caminhão transportador, min.

### 3.6 Dimensionamento do Sistema de Transporte de Grãos

O dimensionamento do sistema de transporte de grãos foi realizado em função da intensidade dos fluxos de produto na recepção e no setor de expedição.

Em relação aos transportadores associados ao recebimento de grãos, estes foram selecionados em função do fluxo máximo na operação dos secadores, uma vez que a secagem é o principal gargalo no setor de recepção quando opera de forma intermitente. Assim sendo, o

cálculo desse valor foi obtido através da Equação 3, o que permite que os transportadores sejam dimensionados para possuírem capacidade suficiente para atender a demanda máxima.

Quanto aos transportadores relacionados ao setor de expedição, estes foram dimensionados em função do fluxo de produtos neste setor, o qual foi estimado com base no número de veículos abastecidos por hora, calculado por meio da Equação 16 de Silva (2006).

$$Fe = \frac{Cuca.60}{Tc} \quad (16)$$

em que:

$Fe$  = Fluxo de grãos na expedição, t/h;

$Cuca$  = Carga útil do caminhão transportador, t; e

$Tc$  = Tempo para carregamento do caminhão transportador, min.

### 3.7 Dados da safra 2019/2020

Considerando os pressupostos para o dimensionamento dos setores de recepção, secagem, limpeza, expedição e movimentação de grãos foram obtidos junto à empresa, dados referentes a recepção e expedição de produtos da unidade a Tabela 2 traz dados relativos a colheita e suas quantidades. A distribuição mensal dos produtos que foram recebidas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2 - Dados de Colheita Safra 19/20

| Produto          | Colheita   |            |          | Quantidades      |
|------------------|------------|------------|----------|------------------|
|                  | Início     | Término    | Nº. Dias | (t)              |
| Soja             | 15/01/2020 | 09/03/2020 | 54       | 41159,1          |
| Milho (2ª Safra) | 02/06/2020 | 10/08/2020 | 69       | 74388,9          |
| <b>Total</b>     |            |            |          | <b>115547,98</b> |

Fonte: Autor.

Tabela 3 – Quantidade de grãos recebidos

| <b>Mês</b>   | <b>Milho (t)</b> | <b>Soja (t)</b>  | <b>Total (t)</b>  |
|--------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1            |                  | 6.538,06         | 6.538,06          |
| 2            |                  | 34.598,80        | 34.598,80         |
| 3            |                  | 22,22            | 22,22             |
| 4            |                  |                  |                   |
| 5            |                  |                  |                   |
| 6            | 17.929,74        |                  | 17.929,74         |
| 7            | 45.416,94        |                  | 45.416,94         |
| 8            | 11.042,22        |                  | 11.042,22         |
| 9            |                  |                  |                   |
| 10           |                  |                  |                   |
| 11           |                  |                  |                   |
| 12           |                  |                  |                   |
| <b>Total</b> | <b>74.388,90</b> | <b>41.159,08</b> | <b>115.547,98</b> |

Fonte: Autor.

As faixas de distribuição dos teores de água e impureza das cargas de soja e milho recebidas na unidade foram apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Distribuição da carga de soja por faixas de umidade

| <b>Teor de água (%)</b> | <b>Distribuição<br/>percentual soja (%)</b> | <b>Distribuição<br/>percentual milho (%)</b> |
|-------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>14 – 17,9</b>        | 45,4                                        | 32,5                                         |
| <b>18 – 23,9</b>        | 39,5                                        | 54,7                                         |
| <b>24 – 27,9</b>        | 10,9                                        | 9,7                                          |
| <b>28 +</b>             | 4,2                                         | 3,0                                          |

Fonte: Autor.

Tabela 5 – Distribuição por faixas de impurezas das cargas de soja e milho

| <b>Teor de Impurezas (%)</b> | <b>Distribuição<br/>percentual soja (%)</b> | <b>Distribuição<br/>percentual milho (%)</b> |
|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>1 – 1,9</b>               | 45,1                                        | 92,0                                         |
| <b>2 – 2,9</b>               | 39,6                                        | 7,0                                          |
| <b>3 +</b>                   | 15,4                                        | 1,0                                          |

Fonte: Autor.

Os teores médios de água e impureza das cargas de milho e soja recebidas na unidade foram apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Teores médios de umidade e impureza das cargas de milho e soja

|              | <b>Teor de água médio (%)</b> | <b>Teor de impureza médio (%)</b> |
|--------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Milho</b> | 20,0                          | 1,34                              |
| <b>Soja</b>  | 19,1                          | 2,1                               |

Fonte: Autor.

Na Tabela 7 é apresentado o plano de expedição das cargas, considerando as porcentagens que foram expedidas de cada produto ao longo do ano de 2020.

Tabela 7 – Percentuais das quantidades de soja e milho a serem expedidas

| <b>Mês</b>   | <b>Milho</b>  | <b>Soja</b>   |
|--------------|---------------|---------------|
| 1            | 3,00          |               |
| 2            |               | 17,00         |
| 3            |               | 2,00          |
| 4            |               | 11,00         |
| 5            |               | 16,00         |
| 6            | 4,00          |               |
| 7            | 25,00         | 7,00          |
| 8            | 17,00         | 14,00         |
| 9            | 12,00         |               |
| 10           | 6,00          | 17,00         |
| 11           | 9,00          | 16,00         |
| 12           | 24,00         |               |
| <b>Total</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |

Fonte: Autor.

No dimensionamento foi considerado a realidade ocorrida na safra, em que ocorreu períodos de 12 horas diárias de recebimento de produto, 21 horas diárias de processamento e 26 dias trabalhados ao mês.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Descrição e inspeção**

A visita e verificação da unidade possibilitou anotar a relação dos equipamentos da unidade apresentada nos Quadro 1, 2 e 3. Detalhamentos de equipamentos em altura ou espaços confinados foram restritos a informações de fácil acesso, uma vez que a exigência pela empresa de treinamento específico e a ausência do mesmo em tempo hábil para este trabalho impossibilitou maior detalhamento. Um fator limitante foi a perda de informações em alguns equipamentos devido ao tempo de uso, uma vez que a unidade possui cerca de 30 anos e alguns equipamentos são bem antigos.

Quadro 1 - Caracterização de estruturas existentes na unidade armazenadora

| Item                      | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                        | Código Fluxograma   | Quantidade | Capacidade estática (t) |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|
| Moega de Recepção         | Moegas em concreto com capacidade estática de 225 t; largura 4,0 m; comprimento 15,0 m;                                                                                                                                                                          | MO- 1, MO-2, MO-3   | 3          | 225                     |
| Silo Pulmão               | Silo metálico; fundo cônico com inclinação de 60°; fabricante KW;                                                                                                                                                                                                | SP-01               | 1          | 1700                    |
| Silos de armazenagem      | Silo concreto; fundo Semi V; chapéu Chinês; diâmetro 32 m; altura total 16,25; capacidade estática 9202 t; capacidade volumétrica 12.269,7 m³, fluxo de carga/descarga de 240 t/h. Conta com 2 Ventiladores da marca DryEration com 50 cv de potência cada.      | SA-01, SA-02, SA-03 | 3          | 9200                    |
| Silos de armazenagem      | Silo concreto; fundo Semi V; chapéu Chinês; diâmetro 31,5 m; altura total 33,5 m ; capacidade estática 37.500 t; capacidade volumétrica 50.000 m³, fluxo de carga/descarga de 240 t/h. Conta com 2 Ventiladores da marca DryEration DYL-30 com 75 cv de potência | SA-04               | 1          | 37500                   |
| Silos Expedição           | Silo da marca Comil fabricados em painéis galvanizados com vigas de reforço interna, para suporte dos painéis. Possuem capacidade de armazenagem de 88 t para produtos com peso específico de 0,75 t/m³.                                                         | SE-01, SE-02        | 2          | 88                      |
| Silos Expedição Impurezas | Silo da marca Kepler Weber fabricados em painéis galvanizados com vigas de reforço interna, para suporte dos painéis. Possuem capacidade de armazenagem de 40 t para produtos com peso específico de 0,75 t/m³.                                                  | SE-03               | 1          | 40                      |

Fonte: Autor

Quadro 2 - Caracterização de máquinas existentes na unidade armazenadora

| Item                                     | Descrição                                                                                                                                                                                                                                     | Código Fluxograma                               | Quantidade | Capacidade horária (t/h) |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|--------------------------|
| Secadores de fluxos mistos tipo Cavalete | Secador de fluxos mistos tipo cavalete; Fabricante Kepler Weber; sem recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 80 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 89 m³;                                       | SC-01; SC-02, SC-03                             | 3          | 80                       |
| Máquina de pré-limpeza                   | Máquina de limpeza por peneiramento, fabricante Kepler Weber; Modelo SP 160; Capacidade horária de 30 t/h para soja, milho e trigo; Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv. | MPL-01; MPL-02; MPL-03; MPL-05, MPL-06, MPL-07. | 6          | 40                       |
| Máquina de limpeza                       | Máquina de limpeza por peneiramento, fabricante Kepler Weber; Modelo SP 160; Capacidade horária de 30 t/h para soja, milho e trigo; Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv. | ML-04, ML-05; ML-06                             | 3          | 30                       |

Fonte: Autor

Quadro 3- Caracterização dos transportadores existentes na unidade armazenadora

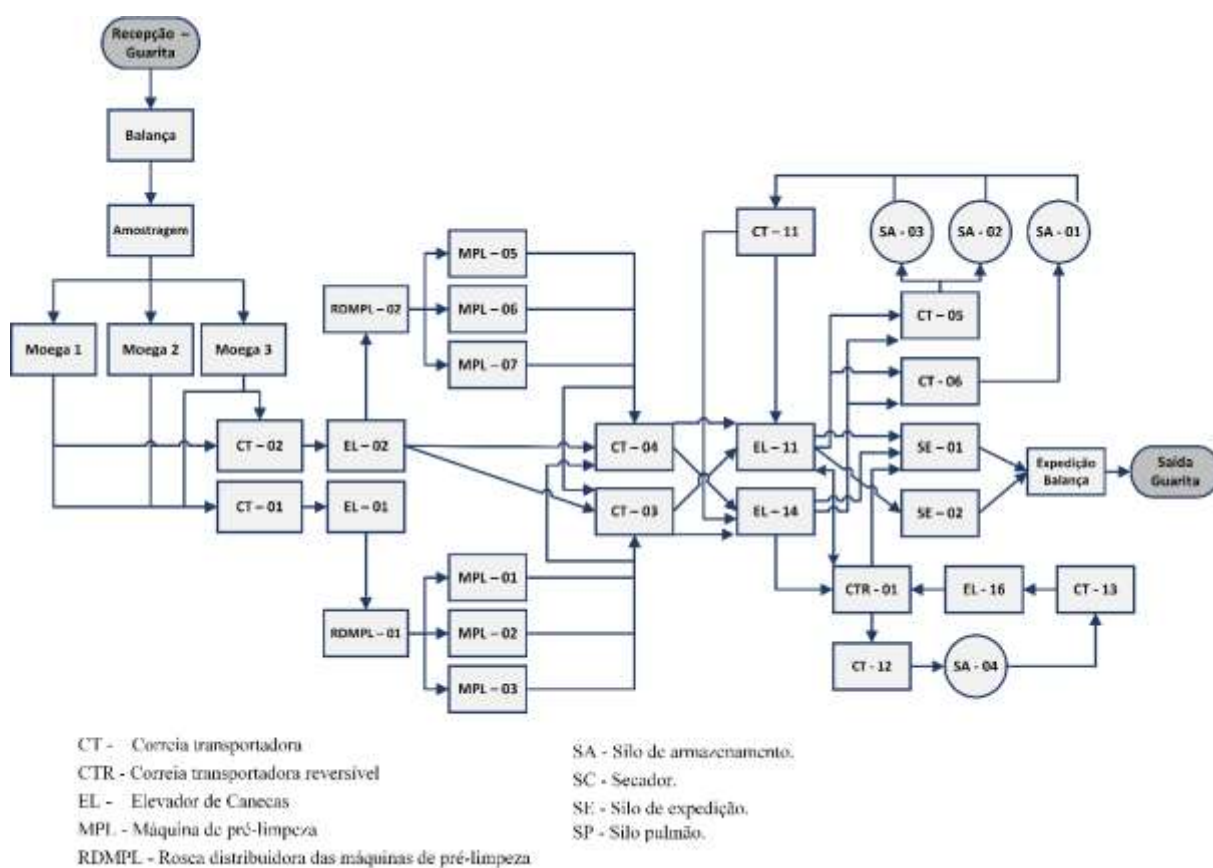
| Item                     | Descrição                                                                                                  | Código Fluxograma                                               | Quantidade | Capacidade horária (t/h) |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------|--------------------------|
| Elevador de caçambas     | Fabricante Kepler Weber; capacidade 50 t/h para cereal milho com massa específica 0,75 t/m <sup>3</sup> ,  | EL-03; EL-15                                                    | 2          | 50                       |
| Elevador de caçambas     | Fabricante Kepler Weber; capacidade 120 t/h para cereal milho com massa específica 0,75 t/m <sup>3</sup> , | EL-01, EL-02, EL-04, EL-05, EL-06, EL-07, EL-09, EL-14, EL-16   | 9          | 120                      |
| Elevador de caçambas     | Fabricante Kepler Weber; capacidade 240 t/h para cereal milho com massa específica 0,75 t/m <sup>3</sup> , | EL-11                                                           | 1          | 240                      |
| Correias transportadoras | Capacidade 120 t/h para milho e soja com massa específica de 0,75 t/m <sup>3</sup> ;                       | CT-1, CT-2, CT-3, CT-4, CT-5, CT-6, CT-12, CT-13, CT-15, CTR-01 | 10         | 120                      |
| Correias transportadoras | Capacidade 240 t/h para milho e soja com massa específica de 0,75 t/m <sup>3</sup> ;                       | CT-11                                                           | 1          | 120                      |
| Roscas transportadoras   | Roscas transportadoras de impurezas                                                                        | RT-04, RT-05, RT-08, RT-09                                      | 4          | 120                      |
| Rosca Distribuidora      | Rosca distribuidora de grãos                                                                               | RDMPL-01, RDMPL-02, RDML-01, RDML-02,                           | 4          | 120                      |

Fonte: Autor

## 4.2 Elaboração de procedimentos operacionais e de Fluxograma

Caracterizado as estruturas, maquinários e transportadores foi elaborado o fluxograma do procedimento operacional padrão para produto limpo e seco, Fluxograma 1. Independente da condição do produto, há o preceito sempre de se utilizar os equipamentos de pré-limpeza antes de qualquer condução na unidade, logo, tais equipamentos constam mesmo quando produto limpo.

Fluxograma 1 – Fluxograma operacional do Procedimento Operacional Padrão para produto limpo e seco



Fonte: Autor.

Conforme o Fluxograma 1, do procedimento operacional padrão para grãos limpos e secos, (P.O.P. 1), as etapas iniciais são a recepção pela guarita da fazenda por meio da ordem de recebimento, com sua consequente pesagem na balança do escritório. O classificador assim procede a segregação das cargas, para direcionamento em qual moega realizar a descarga. Verificou-se então que o P.O.P 1 pode ser realizado a partir de qualquer uma das três moegas.

Os elevadores de caçambas EL-01 e EL-02, atendem necessariamente das correias transportadoras CT-01 e CT-02, por meio das quais o produto é levado aos elevadores para atingir a cota das máquinas.

O P.O.P 1 executado para o serviço de armazenagem ou expedição pode ser originado de qualquer moega, e no decorrer do transporte mecânico utiliza de reguladores de fluxo composto pelas etapas de pré-limpeza. Assim, de acordo com a bateria de máquinas de pré-limpeza (MPL) a ser utilizada, escolhe-se a CT e EL correspondente, sendo a seção 2 para as MPL 05, 06, 07 e a seção 1 para MPL 01, 02, 03. Respectivamente em cada seção há a rosca distribuidora das máquinas de pré-limpeza (RDMPL), sendo o RDMPL-01 para seção 1 e RDMPL-02 para a seção 2.

A saída das MPL feita em qualquer CT que transporta os grãos para o módulo de carga da unidade, composto pelas CT-03 ou CT-04. As mesmas conduzem o material até os elevadores 11 e 14. Os mesmos recebem de qualquer CT, 03 ou 04, e conduzem o produto para os silos de expedição (SE) seja o 01 ou 02. O EL-11 possibilita lançamento em qualquer expedição, localizados acima da balança, sendo o EL-14 possível apenas no SE-01.

Os mesmos elevadores lançam nas CTs que levam aos silos armazenadores (SA), sejam elas, CT-06 para SA-01, CT-05 para os silos 02 ou 03. Com a abertura para a correia transportadora reversível, CTR-01, a mesma lança o produto na CT-12 que possibilitará levar o produto até o centro do SA-04, assim encerrando o fluxo dos grãos na carga de qualquer silo armazenador.

Analizando os transportadores envolvidos neste processo, cabe uma análise da disposição destes equipamentos na planta orgânica (no leiaute) buscando otimizar o percurso dos grãos e minimizar danos mecânicos aos grãos, característico, por exemplo, na descarga centrífuga em elevadores de caçambas.

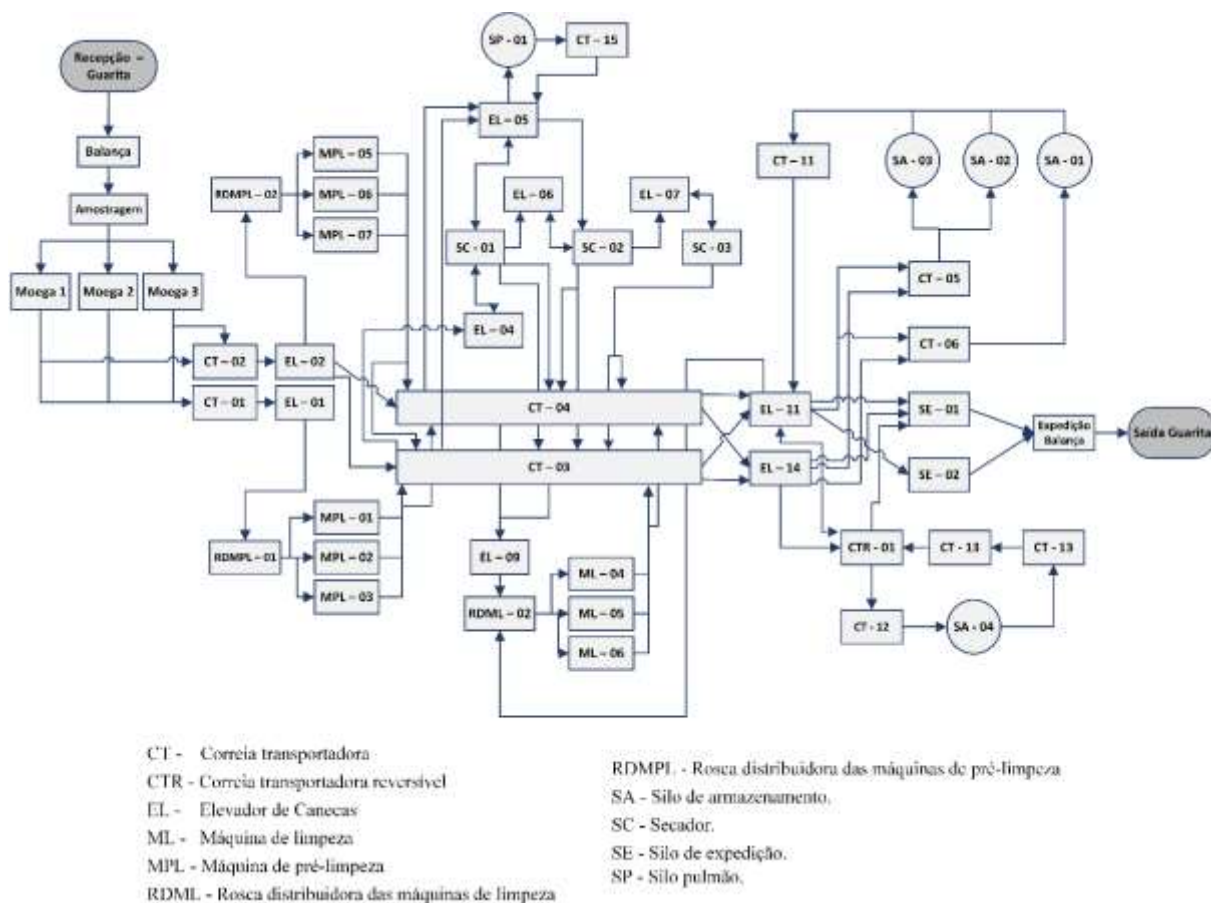
Após o armazenamento, a expedição dos grãos recebidos pelo P.O.P 1 é realizado através dos silos de expedição. Os transportadores envolvidos na expedição dos grãos recebidos pelos P.O.P 1 é a CT-11 que leva dos silos 01, 02 e 03 ao pé dos EL-11 e EL-14. De igual maneira, a CT-16 conduz ao pé do elevador 16, sendo que tal eleva até a CTR-01, que retorna aos elevadores e 11 e 14, assim seguindo para os silos de expedição.

Neste tipo de operação, não é verificada a possibilidade de retorno do produto armazenado para possíveis operações de correção no teor de água, utilizando o transporte mecânico dos grãos. Contudo, a movimentação para eventual limpeza pode ser realizada de igual maneira a

de expedição, utilizando-se do Elevador-11, o qual possibilita lançamento na rosca distribuidora das máquinas de limpeza RDML-02, procedendo caminho conforme anteriormente descrito.

A seguir, no Fluxograma 2, é apresentado o procedimento operacional para cereais sujos e úmidos P.O.P 2.

Fluxograma 2 – Fluxograma operacional do Procedimento Operacional Padrão para produto sujo e úmido



Fonte: Autor.

As etapas iniciais são a recepção pela guarita da fazenda por meio da ordem de recebimento, com sua consequente pesagem na balança do escritório. O classificador assim procede a segregação das cargas, para direcionamento em qual moega realizar o desembarque.

Os EL 1 e 2, atendem necessariamente suas respectivas CT 01 e 02, por meio das quais o produto é levado aos elevadores para possibilitar o nível das máquinas.

O P.O.P 2 executados para o serviço de armazenagem ou expedição pode ser originado de qualquer moega, e no decorrer do transporte mecânico utiliza de reguladores de fluxo composto pelas etapas de pré-limpeza, secagem e limpeza. Assim, de acordo com a bateria de MPL a ser

utilizada, escolhe-se a CT e EL correspondente, sendo a seção 2 para as MPL 05, 06, 07 e a seção 1 para MPL 01, 02, 03. Respectivamente em cada seção há a RDMPL, sendo a RDMPL-01 para seção 1 e RDMPL-02 para a seção 2.

A saída das MPL feita em qualquer CT que transporta os grãos para o módulo de secagem da unidade, composto pelas CT-03 ou CT-04. Os EL 04 e 05 precedem os secadores da unidade, onde o elevador 04 configura-se apenas para enchimento do secador e para o processo de tombo da carga, quando o produto recircular para atingir a umidade necessária. O Elevador 05 realiza de igual maneira o fluxo, contudo sendo mais amplo por possibilitar a movimentação para o silo pulmão da unidade (SP). Para tal processo, ao sair do SP para demais movimentações, faz-se uso da CT-15, a qual alimenta o pé do Elevador 05.

O Secador 01 possui saídas para os elevadores 04, 05 e 06, podendo assim ser reprocessado no próprio secador 01 ou em processo em cadeia no Secador 02. O último pode realizar saída para os elevadores 06 e 07. O EL-06 alimenta o SC-02 e o EL-07 o SC-03. Todos os secadores podem realizar seu esvaziamento na CT-03 ou C-04.

Para se realizar limpeza de produto antes de seu destino, expedição ou silo, pode-se lançar uso das máquinas de limpeza. Para o processo, as correias que trazem o produto dos secadores o distribuem no pé do EL-09, dispondo no RDML-02, que distribui o produto nas máquinas de limpeza 04, 05 e 06. Após tal processo de limpeza, o material seco e limpo é disposto novamente em umas das correias, seja a 03 ou 04. As correias assim conduzem o material até os elevadores 11 e 14.

Os elevadores elevam o fluxo para os SE seja o 01 ou 02. O EL-11 possibilita lançamento em qualquer expedição, localizados acima da balança, sendo o EL-14 possível apenas no SE-01. Os mesmos elevadores lançam nas CTs que levam aos silos armazenadores, sejam elas, CT-06 para SA-01, CT-05 para os silos 02 ou 03. Com a abertura para a correria transportadora reversível, CTR-01, a mesma lança o produto na CT-12 que possibilitará levar o produto até o centro do SA-04, assim encerrando o fluxo dos grãos na carga de qualquer silo armazenador.

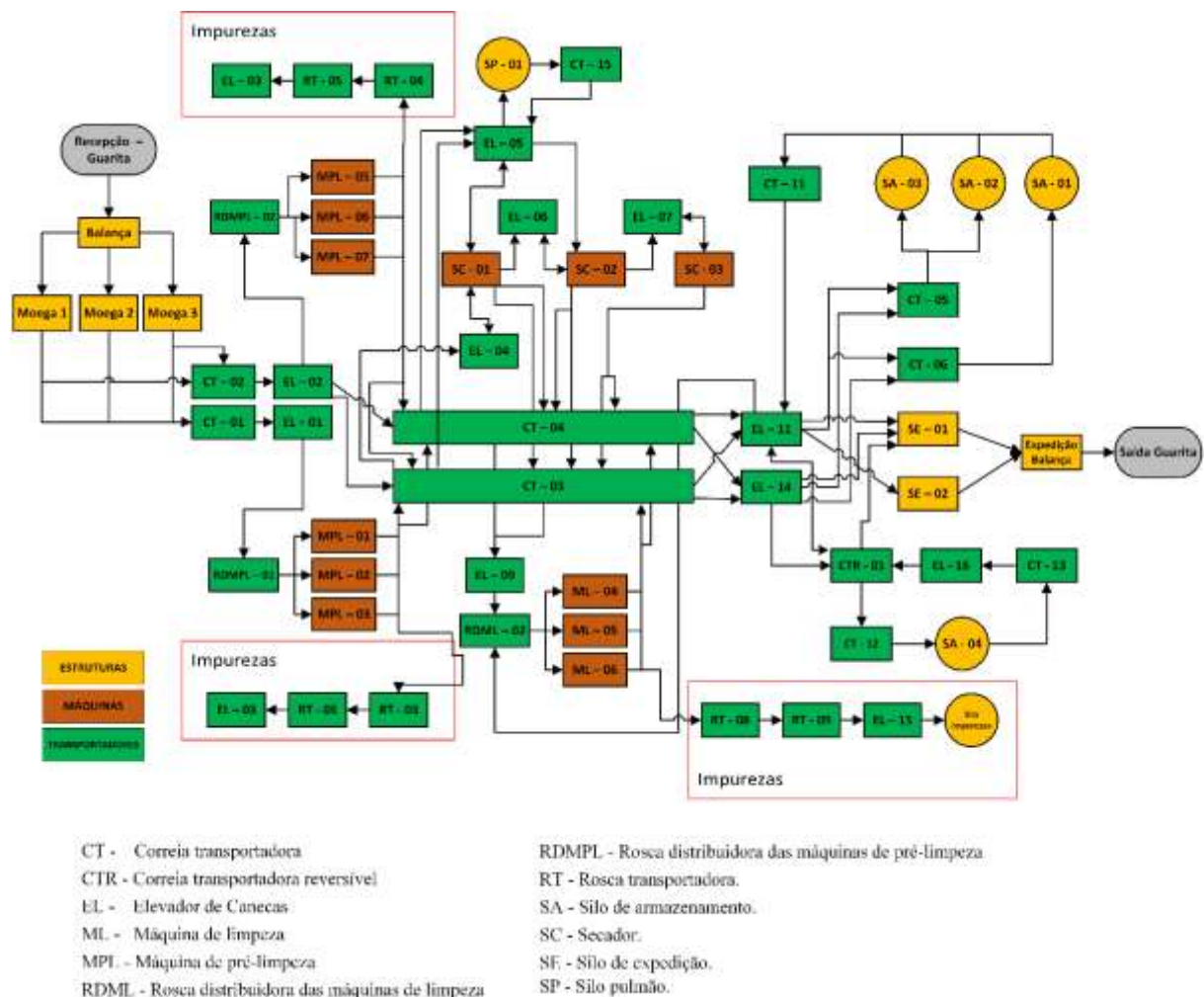
Após o armazenamento, a expedição dos grãos recebidos pelo P.O.P 2 é realizado através dos silos de expedição. Os transportadores envolvidos na expedição dos grãos recebidos pelos P.O.P 2 é a CT-11 que leva dos silos 01, 02 e 03 ao pé dos EL-11 e EL-14. De igual maneira, a CT-16 conduz ao pé do elevador 16, sendo que tal eleva até a CTR-01, que retorna aos elevadores e 11 e 14, assim seguindo para os silos de expedição.

Neste tipo de operação, não é verificada a possibilidade de retorno do produto armazenado para possíveis operações de correção no teor de água, utilizando o transporte mecânico dos

grãos. Contudo, a movimentação para eventual limpeza pode ser realizada de igual maneira a de expedição, utilizando-se do Elevador-11, o qual possibilita lançamento no RDML-02, procedendo caminho conforme anteriormente descrito.

Portanto, de maneira geral, o fluxograma da unidade apresenta-se conforme demonstrado na Fluxograma 3, em que ao discriminar as Estruturas, Maquinários e Transportadores pode-se realizar inspeção visual das partes existentes. A diferença entre esse fluxograma a seguir e o Fluxograma 2, consiste na inserção dos equipamentos que procedem eliminação das impurezas removidas durante processo de limpeza. São eles os EL-03 e 15 e roscas transportadoras (RT). No setor de limpeza, lança-se mão de um pequeno silo para estoque da quirela (SE-03)

Fluxograma 3 – Fluxograma geral da unidade



Fonte: Autor.

Os fluxogramas apresentados corroboram com a visão de melhoria e explicitação do processo. Dessa forma, visualmente, visa agregar padrão dentro da unidade e favorece a

checagem de rotas e interligações existentes no ambiente. As preconizações de um padrão podem assim significar eficiência nas operações de recebimento, limpeza, expedição e armazenamento das cargas.

### **4.3 Dimensionamento e verificação de gargalos**

Para o recebimento de soja e milho considerados neste estudo, foi apresentado o resultado relativo ao dimensionamento por meio da metodologia considerada. A partir dos dados apresentados nas Tabelas de 2 a 7, o dimensionamento dos setores de Armazenamento, Secagem, Moegas e Silo-pulmão, Limpeza e Expedição.

#### **4.3.1 Dimensionamento do setor de secagem**

Efetuiu-se o dimensionamento do setor de secagem, determinando-se a capacidade horária mensal demandada. Por meio do somatório dessas demandas mensais definiu-se a demanda máxima no período e o mês de ocorrência, que foi de 196,7 t/h no mês de julho. Dessa forma, considerando as opções de secadores disponibilizadas por fabricantes, optou-se por modelo comercial com capacidade de 80 t/h, assim necessitando de três secadores para atender a demanda da unidade.

Analisando-se os resultados para o setor de secagem, pode-se observar que a unidade analisada possui infraestrutura de secagem condizente com a demanda atual da unidade apresentou. A crescente safra de milho propiciou uma condição de utilização de toda infraestrutura que dispõe esse setor. A operação com milho, produto esse que possui maior teor de água inicial em comparação à soja, sendo este um fator que interfere diretamente na capacidade de secagem e no rendimento dos secadores que, no caso do milho com 28 % de umidade, reduz para 0,35 (WEBER, 2005).

#### **4.3.2 Dimensionamento do setor de moegas e silos-pulmão**

Para desenvolvimento dos cálculos considerou-se na recepção uma carreta rodo trem basculante de posse da fazenda com capacidade líquida de 57 toneladas, carga essa média encontrada nos dados disponibilizados, tempo de descarga nas moegas de 20 minutos e tempo

de lotação de 2 horas. A partir desses valores, realizou-se cálculos para obtenção dos fluxos de recebimento máximo e mínimo do setor, que foram de 117,6 t/h e 28,0 t/h, respectivamente.

A capacidade máxima e mínima de recebimento diário foi calculada em função do recebimento máximo e mínimo, sendo obtidos os valores de 2.469,6 t/dia e 588,0 t/dia. Dessa forma, definiu-se a necessidade de 3 moegas com capacidade unitária de 60 t para atender a demanda.

A partir do dimensionamento das moegas, verifica-se o número de silo-pulmão necessário para atender a demanda. Assim, adotando-se silo-pulmão com capacidade de 120 toneladas, verificou-se a necessidade de 5 silos para atender o valor de 545 t calculada.

Dado o fluxo de produto e demais capacidades dos setores, identifica-se que a demanda por moegas foi determinante para controle do fluxo da unidade. Sendo uma estrutura muito importante para a operação, uma vez que possibilita a segregação de cargas com características próximas, deu destaque a sua menor capacidade e maior número, por meio da adoção da capacidade citada para os cálculos.

A unidade armazenadora dispõe de 1700 t em seu silo pulmão e moegas com 225 t de capacidade, observa-se que o setor de recepção possui capacidade superior às necessidades calculadas, sendo essa uma grande vantagem para amortecer picos de recebimento. Contudo, atualmente busca-se maior segregação de cargas em detrimento de grande capacidade unitária.

#### **4.3.3 Dimensionamento do setor de pré-limpeza e limpeza**

Quanto ao Setor de Limpeza, optou-se pela seleção de máquinas de pré-limpeza e limpeza com capacidade horária de 40 t/h e 30 t/h, respectivamente, mediante as opções comerciais. Assim, definiu-se a necessidade de quatro máquinas de pré-limpeza e quatro máquinas de limpeza. O número de equipamentos de limpeza é determinado em função do fluxo máximo de secagem, assim as capacidades de processamento são equiparáveis.

De igual maneira ao setor anterior, atualmente a unidade possui em sua pré-limpeza 6 máquinas de 40 t/h de capacidade, suprimindo a demanda dos secadores mediante o cenário de impurezas detectado. Mesmo hoje possuindo 3 máquinas de limpeza em funcionamento, com a redução de impurezas nas cargas de entrada e processo de pré-limpeza, a unidade não observa como gargalo a ausência de uma máquina como auferido em cálculo.

#### **4.3.4 Dimensionamento do setor de armazenagem**

Em relação ao setor de armazenagem, procedeu-se os cálculos em função dos descontos de umidade e impureza das cargas recebidas, do planejamento de expedição definido e da Equação 13, aplicada no controle de estoque, obtendo-se os valores de capacidade estática demandada ao longo dos meses considerados. A partir disso, definiu-se a demanda máxima do setor que foi de 42365,7 t no mês julho. Ao optar por selecionar silos com capacidade estática de 12.500 t, chegou-se à necessidade de quatro estruturas para atender a do armazém.

#### **4.3.5 Dimensionamento do setor de expedição**

Para o dimensionamento do setor de expedição, utilizou-se do plano de expedição, plano esse que informa os percentuais das cargas que foram expedidas mensalmente. Conhecendo-se a quantidade de produto limpo e seco no mês para expedição, determinou-se a demanda máxima do setor que foi de 19.961,5 t no mês de julho

Tomando a carga útil dos caminhões transportadores modelo bi trem de 38 t líquidas, o tempo de carregamento dos caminhões de 20 min e o expediente do setor como 7 h/dia e 24 dias/mês, determinou-se o número de pontos necessários para proceder a expedição que foi de um ponto com capacidade estática de 114 t.

#### **4.3.6 Dimensionamento dos transportadores**

Em relação ao sistema de transporte de grãos os transportadores vinculados a expedição e à recepção de grãos devem possuir capacidade horária de 91,2 t/h e 117,6 t/h, respectivamente, para atender a unidade. Estes resultados estão dentro do esperado, visto que as capacidades horárias dos secadores selecionados são iguais e as condições de expedição são as mesmas nas três situações.

#### **4.3.7 Verificação e confirmação.**

A verificação de possíveis gargalos que poderiam ser resolvidos em futuras reformas foi realizada mediante dimensionamento da unidade com os dados analisados de cargas de entrada e saída da unidade, bem como suas características de materiais estranhos e impurezas e

unidade. Os resultados estão demonstrados na Tabela 8, valores esses comparados com o atual cenário da unidade.

Tabela 8 - Resultado do dimensionamento

| Estruturas e maquinários | Quantidade | Capacidade |         | Capacidade total instalada |
|--------------------------|------------|------------|---------|----------------------------|
|                          |            | Unitária   | Total   |                            |
| Secadores                | 3          | 80 t/h     | 240 t/h | 240 t/h                    |
| Moegas                   | 3          | 60 t       | 180 t   | 675 t                      |
| Silos-pulmão             | 5          | 120 t      | 600 t   | 1700 t                     |
| Máquinas de Pré-limpeza  | 4          | 40 t/h     | 160 t/h | 240 t/h                    |
| Máquinas de Limpeza      | 4          | 30 t/h     | 120 t/h | 90 t/h                     |
| Silos armazenadores      | 4          | 12.500 t   | 50000 t | 65000 t                    |
| Pontos de expedição      | 1          | 120 t      | 120 t   | 176 t                      |

Fonte: Autor.

Conforme procedido o dimensionamento dos Setores de Armazenagem, Secagem, Moegas e Silo-pulmão, Limpeza, Expedição e do Sistema de Transporte de Grãos, percebe-se que a unidade possui capacidade condizente com os dimensionamentos preconizados na literatura. Apesar de ser uma unidade de cerca de 30 anos, que eventualmente passou por reformas de maquinários ou estrutura, nota-se o quão a temporal são algumas preconizações e a importância de um bom dimensionamento para atender a demanda futura da produção agrícola.

## **5 CONCLUSÃO**

A elaboração dos fluxogramas operacionais associados aos procedimentos operacionais possibilitou constatar que os padrões atualmente adotados na unidade avaliada são satisfatórios e dispensam a adoção de novos procedimentos operacionais padrão.

Com base na metodologia utilizada, considerando os quantitativos de produtos recebidos e expedido na unidade avaliada, foi possível concluir que o dimensionamento atual perfaz as necessidades e não apresentam gargalos.

Para trabalhos futuros sugere-se a o emprego de modelos que permitam à simulação da dinâmica operacional da unidade, para que sejam avaliados diferentes cenários associados as quantidades de produtos a serem recebidos, processados, armazenados e expedidos pela unidade.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 29**, de 8 de Junho de 2011. 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. Sistema Integrado de Legislação, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politicaagricola/infraestrutura-e-logistica/documentos-infraestrutura/29-2011.pdf>>. Acesso em 4 de setembro de 2021.

CANAL RURAL. Brasil tem déficit recorde de armazenagem em 19/20, diz Cogo. **Canal Rural**, 2020. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/brasil-deficit-recorde-armazenagem-cogo/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em 06 de setembro de 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. safra brasileira de grãos, **Acompanhamento - safra de grãos**, Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-86, outubro 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/monitoramento-agricola>>. Acesso em 24 de setembro de 2021.

KONOPATZKI, E. A.; DE OLIVEIRA, C. E. L.; LIMA, A. da S.; MARIM, C. Unidades armazenadoras de grãos da mesorregião de Cascavel: nível de inovação tecnológica e consumo de eletricidade. **Varia Scientia**, [S. l.], v. 6, n. 11, p. p. 61–73, 2000. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/707>. Acesso em: 27 set. 2021.

MACHADO, H. L.V. **Avaliação Econômica em Unidade Armazenadora de Grãos No Sudoeste Goiano**. 2008. 138 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, 2008.

MARION, J. C. **Contabilidade Rural**: Contabilidade agrícola; Contabilidade da Pecuária; Imposto de Renda – Pessoa Jurídica. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 274 p

PORTELLA, J. A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.

SANTOS, D. L.; CENTENARO, M. **Análise do sistema de armazenamento de soja: próprio x terceirizado**. 2014. UEMS. 2014. Disponível em: <<https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/download/2248/2162>>. Acesso em: 03. de setembro de 2021.

SILVA, D. Aprosoja/MS estima safra de soja de 12,7 milhões de toneladas e custos maiores. **Aprosoja/MS**, 2021. Disponível em: <<https://aprosojams.org.br/blog/aprosojams-estima-safra-de-soja-de-127-milh%C3%B5es-de-toneladas-e-custos-maiores>>. Acesso em: 24 out. 2021.

SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Edição 1. Viçosa, Minas Gerais. Editora Aprende Fácil, 2000. v. 1. 502p .

SILVA, L. C., QUEIROZ, D. M., FLORES, R. A. **Estimativa de Custos Operacionais em Unidades Armazenadoras de Grãos Por Meio de Simulação**. Revista Brasileira de Armazenamento, v.31, p.1 - 7, 2006.

SILVA, L. C. **Secagem de Grãos**. Universidade Federal do Espírito Santo. Boletim Técnico. 2005. Disponível em <[http://www.agais.com/manuscript/ag0405\\_secagem.pdf](http://www.agais.com/manuscript/ag0405_secagem.pdf)>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

SILVA, L. C. **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**. Universidade Federal do Espírito Santo. Departamento de Engenharia Alimentos. Boletim Técnico. 2010. Disponível em: <[http://www.agais.com/manuscript/ag0210\\_armazenagem\\_granel.pdf](http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf)>. Acesso em 15 de agosto de 2021.

VIEIRA, E. L. Proposta de melhoria no layout de um laboratório de análises clínicas utilizando o fluxograma de processo e o diagrama de Spaghetti. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 6, n. 1, p. 0023-0028, 2020. DOI: 10.18540/jcecvl6iss1pp0023-0028. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/9354>>. Acesso em: 23 out. 2021.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**. Kepler Weber Industrial. Porto Alegre: Gráfica e Editora La Salle, 1995. 395pg.

WEBER, E. A. **Excelência em Beneficiamento e Armazenagem de Grãos**. Panambi-RS, 2005.