

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

TALISSA DE FÁTIMA PEREIRA IRENO

***“EXPERT SYSTEM”* APLICADO AO DIMENSIONAMENTO DE UNIDADES
ARMAZENADORAS DE GRÃOS**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

TALISSA DE FÁTIMA PEREIRA IRENO

***“EXPERT SYSTEM”* APLICADO AO DIMENSIONAMENTO DE UNIDADES
ARMAZENADORAS DE GRÃOS**

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

Orientador: Luís César da Silva

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2020

TALISSA DE FÁTIMA PEREIRA IRENO

**“EXPERT SYSTEM” APLICADO AO DIMENSIONAMENTO DE UNIDADES
ARMAZENADORAS DE GRÃOS**

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

APROVADO: 03 de dezembro de 2020.

Assentimento:

Talissa de Fátima Pereira Ireno

Talissa de Fátima Pereira Ireno

Autora

#LuisCesar#

Luis Cesar da Silva

Orientadora

*Pois todo aquele que a si mesmo se exaltar será humilhado,
e todo aquele que a si mesmo se humilhar será exaltado."*

(Mateus 23:12)

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre guiar meus passos e conceder-me perseverança.

Aos meus pais, Nívia Maria e Clóvis José, por todo apoio, incentivo e amor incondicional.

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

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

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

RESUMO

Unidades armazenadoras adequadamente projetadas geram benefícios à cadeia produtiva, desde a eficiência na conservação dos grãos até a racionalização de custos operacionais. A elaboração de projetos de unidades armazenadoras envolvem a execução de cálculos que exigem bons conhecimentos matemáticos e técnicos. Diante disso, o objetivo foi desenvolver um expert system, em linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA) embarcada no programa Microsoft Excel®, que auxilie o dimensionamento de unidades armazenadoras estimando o número e a capacidade demandada das estruturas, maquinários e transportadores. Para verificar a aplicabilidade da ferramenta foram comparados três cenários de recebimento de milho, soja e trigo, variando a quantidade de produto recebido ao longo de 12 meses. Como resultado do dimensionamento, para cada cenário proposto, obteve-se as seguintes configurações: (i) Cenário I: dois secadores de 40 t/h; quatro moegas de 128 t, oito silos-pulmão de 120 t, duas máquinas de pré-limpeza de 40 t/h e quatro de limpeza de 25 t/h, onze silos armazenadores de 1229 t, 1 ponto de expedição de 80 t, transportadores associados ao fluxo de recepção de 60 t/h e ao fluxo de expedição de 150 t/h; (ii) Cenário II: três secadores de 40 t/h; seis moegas de 128 t, quinze silos-pulmão de 120 t, quatro máquinas de pré-limpeza de 40 t/h e seis de limpeza de 25 t/h, doze silos armazenadores de 1229 t, 1 ponto de expedição de 80 t, transportadores associados ao fluxo de recepção de 60 t/h e ao fluxo de expedição de 150 t/h; e (iii) Cenário III: dois secadores de 40 t/h; quatro moegas de 128 t, oito silos-pulmão de 120 t, duas máquinas de pré-limpeza de 40 t/h e quatro de limpeza de 25 t/h, seis silos armazenadores de 1229 t, 1 ponto de expedição de 80 t, transportadores associados ao fluxo de recepção de 60 t/h e ao fluxo de expedição de 150 t/h; O *expert system* se mostrou uma ferramenta eficiente na execução de cálculos para o dimensionamento de unidades armazenadoras a granel.

Palavras-chave: armazenagem a granel; modelagem; projeto; *Visual Basic for Applications*®.

ABSTRACT

Properly designed grain storage facilities generate benefits for the supply chain, from efficiency in grain conservation to rationalization of operational costs. Grain storage facilities projects involve calculi that require good mathematical and technical knowledge for their elaboration. Thus, this work aims the development of an expert system, using the programming language Visual Basic for Applications[®] (VBA) bounded in Microsoft Excel[®], that assists the design of grain storage facilities estimating the number and capacity demanded of the structures, machinery and conveyors. To verify the applicability of the tool developed, three scenarios were considered, which contemplated the reception of corn, soybean and wheat, varying the quantity of each product to be received during 12 months, for comparison purposes. As a result for each proposed scenario, the following configurations were obtained: (i) Scenario I: two dryers of 40 t/h; four receiving pits of 128 t, eight lung silos of 120 t, two pre-cleaners and four cleaners of 40 t/h and 25 t/h, respectively, eleven storage silos of 1229 t, one dispatching point of 80 t, conveyors associated to the reception flow of 60 t/h and 150 t/h to the dispatching flow; (ii) Scenario II: two dryers of 40 t/h; four receiving pits of 128t, eight lung silos of 120 t, two pre-cleaners and four cleaners of 40 t/h and 25 t/h, respectively, thirteen storage silos of 1229 t, two dispatching points of 80 t, conveyors associated to the reception flow of 60 t/h and 150 t/h to the dispatching flow; and (iii) Scenario III: two dryers of 40 t/h; four receiving pits of 128t, eight lung silos of 120 t, two pre-cleaners and four cleaners of 40 t/h and 25 t/h, respectively, sixteen storage silos of 1229 t, one dispatching point of 80 t, conveyors associated to the reception flow of 60 t/h and 150 t/h dispatching flow. The expert system has proven to be an efficient tool for performing calculations for the dimensioning of grain storage facilities.

Key-words: project; modelling; storage grain; *Visual Basic for Applications*[®].

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cc	-	Carga útil do caminhão
Cee	-	Capacidade estática na expedição
Cemo	-	Capacidade estática das moegas
Cesp	-	Capacidade estática dos silos-pulmão
Cnml	-	Capacidade nominal de máquinas de limpeza comercializadas
Cnmpl	-	Capacidade nominal de máquinas de pré-limpeza comercializadas
Cns	-	Capacidade nominal dos secadores segundo os fabricantes
Copu	-	Capacidade operacional da unidade
Csd	-	Capacidade de secagem demandada
Cuca	-	Carga útil do caminhão transportador
De	-	Número de dias dedicados á expedição por mês
Dhr	-	Demanda horária de recebimento
Dr	-	Número de dias trabalhados por mês
Ei	-	Quantidade de expedidas no mês atual
Fe	-	Fluxo de grãos na expedição
Fmax	-	Fluxo operacional máximo
Fmaxsec	-	Fluxo operacional máximo do secador
He	-	Horas de dedicadas a expedição por dia
Hp	-	Horas de processamento por dia
Hr	-	Horas de recebimento por dia
Ics	-	Índice de correção do rendimento de secadores de fluxos misto Índice de correção do rendimento de secadores para o menor teor de água das
Icsmax	-	cargas recebidas Índice de correção do rendimento de secadores para o maior teor de água das
Icsmin	-	cargas recebidas
If	-	Teor de impureza final
Ii	-	Teor de impureza inicial
Nml	-	Número de máquinas de limpeza
Nmo	-	Número de moegas
Nmpl	-	Número de máquinas de pré-limpeza
Npe	-	Número de pontos de expedição

Nsec	-	Número de secadores
$Q_{a(i-1)}$	-	Quantidade de produto armazenada no mês anterior
Q_{ai}	-	Quantidade de produto armazenada no mês atual
Q_{me}	-	Quantidade de produto do mês de maior expedição
Q_{pls}	-	Quantidade de produto limpo e seco
Q_{plu}	-	Quantidade de produto limpo e úmido
Q_{prod}	-	Quantidade de produto
Q_{psu}	-	Quantidade de produto sujo e úmido
R_i	-	Quantidade de produto recebida no mês atual
R_{ml}	-	Rendimento operacional de máquinas de limpeza
R_{mpl}	-	Rendimento operacional de máquinas de pré-limpeza
T_a	-	Tempo de autonomia do depósito da expedição
T_c	-	Tempo para carregamento do caminhão transportador
T_{cm}	-	Tempo de carga da moega
T_d	-	Tempo de descarga do caminhão
U_f	-	Teor de água final
U_i	-	Teor de água inicial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Panorama da Armazenagem no Brasil.....	13
2.2	Instalações para armazenagem.....	13
2.2.1	Moegas.....	14
2.2.2	Silo-pulmão.....	15
2.2.3	Silos armazenadores.....	15
2.2.4	Silos para expedição	15
2.3	Equipamentos para a armazenagem de grãos.....	16
2.3.1	Secadores	16
2.3.2	Máquinas de pré-limpeza e limpeza de grãos	17
2.3.3	Transportadores.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Dimensionamento do Setor De Secagem	19
3.2	Dimensionamento Do Setor De Moegas E Silo-Pulmão.....	21
3.3	Dimensionamento do Setor de Pré-Limpeza e Limpeza.....	23
3.4	Dimensionamento do Setor de Armazenagem.....	24
3.5	Dimensionamento do Setor de Expedição.....	25
3.6	Dimensionamento do Sistema de Transporte de Grãos.....	26
3.7	Banco de dados da ferramenta computacional.....	26
3.8	Implementação do <i>Expert System</i>.....	26
3.8.1	Colheita.....	27
3.8.2	Previsão de Colheita	27
3.8.3	Cargas	28
3.8.4	Expedição.....	28
3.8.5	Setor de Secagem.....	29
3.8.6	Moegas e Silo-pulmão	30

3.8.7	Setor de Limpeza	31
3.8.8	Setor de Armazenagem	32
3.8.9	Setor de Expedição	32
3.8.10	Recomendações.....	33
3.9	Experimentação da Ferramenta Computacional	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5	CONCLUSÃO.....	16
6	REFERÊNCIAS.....	17
APÊNDICES	20

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial quanto à produção e exportação de grãos. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020), há expectativa de que o país produza até 278,7 milhões de toneladas na safra 2020/2021, um aumento de aproximadamente 8% em relação à safra anterior. A tendência é que esses números continuem aumentando conforme projeções do agronegócio para os próximos anos, o que reflete a necessidade de se ter estruturas adequadamente projetadas e gerenciadas para o armazenamento da produção. O armazenamento é uma etapa essencial na cadeia de produção de grãos. De acordo com Gaban et.al. (2017), quando esse processo é corretamente gerenciado proporciona benefícios aos produtores e para toda a cadeia de produção. Os benefícios provenientes do armazenamento de grãos envolvem a conservação do produto, a alocação estratégica dos estoques e a racionalização de custos de produção e transporte.

Apesar da evolução ao longo dos anos, a rede de armazenagem brasileira ainda se mostra deficiente quanto a capacidade estática, pois não é suficiente para comportar a crescente produção de grãos no país. Assim, são necessários investimentos para expansão e construção de novas estruturas (FILASSI, et. al., 2020). A escassez de unidades armazenadoras prejudica o fluxo de abastecimento ao longo dos meses, impacta as flutuações de preços e torna o Brasil menos competitivo no mercado externo. Além disso, quando se tem unidades projetadas inadequadamente, as operações de recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição são comprometidas, resultando em perdas qualitativas e quantitativas (SILVA 2000).

Mediante à importância de se ter unidades armazenadoras adequadamente projetadas, modelos computacionais constituem importantes ferramentas nesse processo, sendo cada vez mais utilizadas na elaboração de projetos, resolução de problemas e tomadas de decisão na engenharia e na agricultura (DA SILVA et. al., 2020). Um exemplo é o modelo computacional desenvolvido por Macedo, Araújo e Silva (2016) que auxilia na tomada de decisão no processo de aeração a partir do cálculo e análise das propriedades psicrométricas do ar.

Em relação às unidades armazenadoras, devido a dinâmica das operações e da influência de fatores aleatórios existentes, a simulação se apresenta como técnica mais adequada para avaliação e análises desses sistemas. Ela permite melhor entendimento dos parâmetros e das operações e possibilita a experimentação por meio da análise de sensibilidade, estudo de cenários, entre outros. (SILVA, et. al. 2012).

Além disso, projetos de unidades armazenadores envolvem uma série de cálculos que por vezes se mostram complexos, trabalhosos e até mesmo repetitivos, exigindo bons conhecimentos matemáticos e técnicos em sua elaboração. Sendo assim, a utilização de ferramentas computacionais surge como um meio de facilitar o processo e reduzir a ocorrência de erros.

Vista a potencialidade do emprego de recursos computacionais no suporte ao dimensionamento de sistemas de armazenagem, este trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver de um “*expert system*” que auxilie na elaboração de projetos de unidades armazenadoras a granel e verificar sua aplicabilidade por meio da comparação de cenários.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama da Armazenagem no Brasil

Segundo dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), a capacidade estática útil de armazenagem no Brasil foi de 176,5 milhões de toneladas no primeiro semestre de 2020, com os silos representando 49,1% desse total. De acordo com recomendações da Conab, a capacidade de armazenagem deve ser 1,2 vezes maior que a produção de grãos. Isso evidencia o déficit de estruturas para armazenagem de grãos no Brasil

Outro ponto a ser considerado quanto aos problemas do setor de armazenagem no país, está no fato de que boa parte das unidades armazenadoras não oferecem boas condições para armazenar os produtos, apresentando problemas como: a utilização de estruturas de armazenagem inadequadas para a conservação dos grãos; manutenção incorreta dos equipamentos e das estruturas usadas na unidade; ineficiência ou ausência dos sistemas de aeração e termometria, entre outros (MACHADO, 2008).

Para a Sociedade Brasileira de Agricultura – SNA (2020), há três pontos essenciais para solucionar os gargalos da armazenagem no país, sendo estes: (i) a ampliação dos incentivos para a construção de estruturas de armazenagem a nível de fazenda, condição que pode trazer vantagens competitivas aos produtores e minimizar os déficits do armazenamento no país; (ii) melhorias na qualidade e operacionalização das unidades armazenadoras, o que contribui diretamente para redução das perdas no pós-colheita e para o aumento da eficiência de armazenagem por meio da otimização dos fluxos de recepção e expedição; e (iii) estudos mais aprofundados sobre a capacidade estática necessária para o país, como forma de suporte ao processo de desenvolvimento da infraestrutura do setor.

2.2 Instalações para armazenagem

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

Segundo Instrução Normativa nº 29 no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, de 8 de Junho de 2011, as unidades armazenadoras podem ser classificadas como: (i)

“em nível fazenda”, unidades localizadas na propriedade rural, dimensionadas para atender a produção da propriedade; (ii) coletora, unidades localizadas em zona rural ou urbana, que em geral recebem produtos diretamente das lavouras e que possuem equipamentos para conduzir operações de limpeza, secagem e armazenagem; (iii) intermediárias, posicionadas estrategicamente para receber e escoar a produção advinda das unidades coletoras, concentrando grandes estoques e facilitando a comercialização, industrialização e exportação dos grãos; e (iv) terminais, unidades de alta rotatividade, localizadas junto aos grandes centros consumidores e portos, que permitem recebimento e expedição ágeis da produção (CONAB, 2017).

O fluxo de grãos dentro das unidades armazenadoras inicia-se no recebimento do produto, e depois segue para as operações de limpeza, secagem e, finalmente a armazenagem. A recepção é feita nas moegas e os grãos são direcionados para as máquinas de pré-limpeza onde são removidas as impurezas. Na sequência, a massa de grãos passa pela secagem para reduzir o teor de água dos grãos a níveis seguros para armazenagem. Os grãos limpos e secos são armazenados até o momento da expedição (SILVA, 2020). Para condução de cada etapa, a unidade deve contar com maquinários, transportadores e estruturas para acondicionamento e expedição dos grãos adequadamente projetados para atender a demanda.

2.2.1 Moegas

Moegas são estruturas, em formato tronco-piramidal, destinadas ao recebimento de cargas de grãos provenientes das áreas de cultivo. De modo geral, os grãos chegam à unidade em caminhões sendo descarregados nas moegas e, por meio de transportadores, são conduzidos às máquinas de limpeza. De acordo com Silva (2010), para proceder o dimensionamento de moegas, quanto ao número e a capacidade estática, deve-se levar em consideração os tipos de produtos que serão recebidos e se essas operações ocorrerão simultaneamente; o horário de recebimento, o fluxo de caminhões na unidade e a ocorrência de filas; e o tempo máximo de retenção do nas moegas.

Segundo Mallet (2009), há a opção de construir moegas segmentadas (moegas duplas, divididas, ou em forma de baterias) para atender as diversas características de impureza e umidade com que os produtos chegam na unidade. Essa é uma forma de promover a segregação e homogeneização das cargas, estratégia que visa otimizar o rendimento das operações de secagem e limpeza.

2.2.2 Silo-pulmão

Os silos-pulmão são empregados para o armazenamento temporário de grãos úmidos. Em ocasiões em que o setor de secagem tem a capacidade horária reduzida, gerando um retardo no esvaziamento das moegas, essas estruturas são utilizadas para armazenar o produto por um curto prazo de tempo com o intuito de desafogar o setor de recepção. Isso evita o acúmulo de caminhões e o aumento da extensão das filas nas unidades armazenadoras.

De acordo com Silva (2020), o número e a capacidade estática dos silos-pulmão devem ser definidos de acordo com a quantidade e tipo de produto a ser recebido, e a capacidade horária do setor de recepção. O tempo de retenção de produtos em silos-pulmão não deve ultrapassar o período de 12 horas. Além disso, outro detalhe importante é que a estrutura deve possuir fundo cônico para facilitar a descarga do produto, pois quanto maior o teor de água do grão maior é o ângulo de repouso. Quanto ao fluxo de ar em silos-pulmão, é recomendado valores de 0,30 a 0,60 m³ de ar.min⁻¹. t⁻¹. a fim de reduzir a temperatura dos grãos e desacelerar a proliferação de fungos.

2.2.3 Silos armazenadores

Normalmente, o armazenamento de grãos a granel ocorre em estruturas denominadas graneleiros ou silos. Os graneleiros são estruturas horizontais constituídas por um ou mais compartimentos, denominados como células, e que possuem capacidade estática, normalmente, superior a 15 mil t. Segundo Weber (1995), os graneleiros podem ter fundos plano, semi-“V”, “V” e “W”, sendo dotados com sistemas de termometria e aeração, o que, alinhado a boas práticas de armazenagem, longos períodos de armazenagem segura.

Os silos são estruturas individualizadas, normalmente de formato cilíndrico, construídas em chapas metálicas, alvenaria ou concreto, que propiciam um ambiente adequado para conservação dos produtos a granel. Quando se encontram agrupados em uma unidade, são denominados “bateria”, com leiaute em linha ou circular. Opta-se pelo em linha ao se contemplar aplicações futuras (SILVA 2000).

2.2.4 Silos para expedição

Segundo Silva (2010), o setor de expedição presta ao carregamento de caminhões que dirigem a unidade com uma demanda de grãos. Estruturalmente, o setor de expedição tem por configuração um depósito elevado em que, por meio da descarga por gravidade, é promovido o carregamento de caminhões ou vagões ferroviários. O depósito pode se apresentar como um silo metálico ou uma caixa em metal ao concreto.

2.3 Equipamentos para a armazenagem de grãos

2.3.1 Secadores

A secagem de grãos é a operação que visa retirar o excesso de água do produto de tal forma a possibilitar a armazenagem em condição ambiente. Essa é uma importante operação, visto que ao reduzir o teor de água do produto, minimiza-se os riscos de auto degradação do produto, bem como, a deterioração por fungos e bactérias. Conseqüentemente, é minimizado perdas qualitativas e quantitativas no armazenamento (SILVA, 2020).

Para atender a diferentes condições e necessidades, existem diferentes modalidades de secagem classificados de acordo com alguns parâmetros como a ventilação, temperatura, fluxos de produto e de ar, forma de operação, entre outros.

A secagem pode ocorrer de forma natural, no campo ou na própria planta, ou de forma artificial, por meio de operações manuais ou mecânicas. No caso de secagem artificial, pode-se recorrer ao uso de: (i) ventilação natural, como no caso de terreiros e paióis; e (ii) ventilação forçada, empregando-se secagem a alta temperatura, baixa temperatura ou sistemas combinados, seca-aeração, entre outros. Quanto a secagem a alta temperatura, condição em que o ar de secagem é aquecido a uma temperatura superior a 10° C acima da temperatura ambiente, os secadores podem ser classificados quanto ao fluxo de produto (camada fixa, cruzados, concorrentes, contracorrentes, cascata, rotativo, fluidizado e solar híbrido) e quanto à operação (intermitente e contínuos) (SILVA, 2000).

Nas unidades armazenadoras a granel costuma-se empregar a secagem artificial a alta e a baixa temperatura. Na modalidade de secagem a alta temperatura, os secadores mais empregados são os de fluxos mistos e os de fluxos cruzados. Os secadores de fluxos mistos podem ser dos tipos cavaletes ou de colunas com capacidade operacional variando de 15 a 250 t/h.

Segundo Silva (2020), nos secadores de fluxos mistos tipo cavalete a torre é constituída por camadas de dutos abertos intercaladas com camadas de dutos fechados, ambas posicionadas na horizontal. Parte dos dutos estão abertos para entrada do ar de secagem e fechados para a saída do ar de exaustão, enquanto a outra parte se encontra aberta para a saída do ar de exaustão e fechada para a entrada do ar de secagem. O fluxo de ar aquecido é direcionado por meio de ventiladores para os dutos de faces abertas ao ar de secagem e, sem ter meios de sair pela outra extremidade, para os dutos adjacentes, promovendo a secagem do produto que se movimenta em sentido descendente.

Já na modalidade secador de fluxos mistos tipo colunas, segundo Silva (2020), a torre possui colunas com chicanes por onde os grãos se movimentam por meio da ação da gravidade. Paralelo a essas colunas há dutos verticais que possibilitam a entrada do ar de secagem e a saída do ar de exaustão que é succionado pelos ventiladores do secador.

2.3.2 Máquinas de pré-limpeza e limpeza de grãos

A limpeza é uma operação que visa a retirada do excesso de impureza por meio de máquinas de pré-limpeza e, ou de limpeza. Segundo Weber (1995), as máquinas de limpeza e pré-limpeza funcionam através do sistema ar-peneira, separando os grãos das impurezas em função de algumas propriedades físicas dos produtos e também do material indesejado, tais como: dimensões, formato e velocidade terminal. A capacidade operacional das máquinas de limpeza e pré-limpeza é inversamente proporcional ao teor de água dos grãos.

Weber (1995) destaca ainda que quando essas máquinas no fluxograma operacional estão localizadas antes do secador, são denominadas Máquinas de Pré-Limpeza (MPL), e se estiverem posicionadas após o secador, são denominadas Máquinas de Limpeza (ML). Silva (2020) ressalta, unidades que possuem secadores de fluxos mistos tipo cavaletes é imprescindível a instalação de máquinas de pré-limpeza para reduzir o risco de incêndio. Já para outros modelos, empregar a máquina de pré-limpeza é opcional.

As Máquinas de Limpeza (ML) são utilizadas após o secador para separar grãos quebrados dos grãos inteiros. A separação dos grãos inteiros e grãos quebrados não pode ser realizada antes da secagem pois os grãos quebrados tem valor comercial e precisam passar antes pelo secador. Além de separar grãos quebrados de grãos inteiros, as máquinas de limpeza no caso de grãos de milho separam as películas liberadas durante a secagem.

2.3.3 Transportadores

Segundo Weber (1995), os transportadores são responsáveis pela condução dos grãos ao longo do fluxo das operações de armazenagem, movimentando o produto em várias posições e em diferentes direções, sendo selecionados de acordo com a capacidade necessária para atender a demanda da unidade, de modo a preservar a integridade dos grãos.

A movimentação de produtos ao longo das operações em unidades armazenadoras pode se dar via transporte vertical, horizontal ou deslizamento. Alguns tipos de transportadores de grãos encontrados nas unidades armazenadoras são: (i) elevadores de caçambas, usados para transportar materiais granulares na direção vertical, conduzindo os grãos de um nível inferior para outro elevado; (ii) correias transportadoras podem operar em altas velocidades e conduzir o produto por longas distâncias no plano horizontal; e (iii) transportadores de correntes ou *Redler*, que movimentam os grãos no plano horizontal por meio do arraste dos elos das correntes, podendo trabalhar também na posição inclinada (SILVA 2000; WEBER 1995)

3 MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho foi implementado um *expert system* empregando a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA) embarcada no programa Microsoft Excel[®]. O programa desenvolvido conta com interfaces no formato de formulários, em que o usuário procede a inserção das informações para o dimensionamento de elementos de unidades armazenadoras de grãos classificadas como coletoras.

Por meio de rotinas de cálculos o *expert system* estima o número de estruturas e maquinários necessários para o funcionamento adequado dos setores de recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição.

3.1 Dimensionamento do Setor De Secagem

Para proceder o dimensionamento do setor de secagem foram consideradas quantidades mensais e os tipos de produto úmido a ser seco. Dessa forma, é calculado o número de secadores para atender a demanda, considerando as capacidades horárias nominais de secadores disponíveis no mercado. Na elaboração do *expert system* optou-se pela secagem a alta temperatura, empregando secadores de fluxos mistos tipo cavaletes ou de coluna. A capacidade operacional de secagem demandada por mês foi calculada empregando a Equação 1.

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

Em que:

Csd = Capacidade operacional de secagem demandada por mês, t/h

$Qprod$ = Quantidade de produto úmido por mês, 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).

Para proceder o dimensionamento do setor de secagem, considerou-se a diferença entre a capacidade nominal e a capacidade efetiva dos secadores. A capacidade nominal é um valor fornecido pelos fabricantes considerando a operação com soja e milho e redução do teor de água do produto de 18% para 13%. Quanto a capacidade efetiva, esta pode ser superior ou

inferior a capacidade nominal a depender dos teores de água inicial e final desejada do produto a ser seco (SILVA, SCHERMACK e AFONSO, 2005).

Para obter a capacidade efetiva do secador adotou-se índices de correção do rendimento em função da umidade, conforme apresentado na Tabela 1, segundo Weber (2005).

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

Teor de umidade inicial (%)	Teor de umidade 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).

Para implementar esses índices no modelo computacional foram ajustadas equações (Tabela 2) que relacionam os teores de água inicial média das cargas recebidas com a final desejada, possibilitando assim a correção do rendimento de secadores.

Tabela 2 – Equações ajustadas para cálculo do índice de correção do rendimento de secadores

Teor de água final, %b.u.	Equação
12	$Ics = 1014,6 * Ui^{(-2,436)}$
13	$Ics = 2321,8 * Ui^{(-2,664)}$
14	$Ics = 3177 * Ui^{(-2,729)}$
15	$Ics = 6722,2 * Ui^{(-2,929)}$
16	$Ics = 18788 * Ui^{(-3,22)}$
17	$Ics = 4815,7 * Ui^{(-2,67)}$

U_i = umidade inicial (%b.u.); Fonte: Autor.

A partir da capacidade de secagem comercial, determinou-se o número de secadores necessários por meio da Equação 2:

$$N_{sec} = \frac{Csd}{Cns} \quad (2)$$

Em que:

N_{sec} = Número de secadores;

Csd = Capacidade operacional de secagem demandada, t/h; e

Cns = Capacidade nominal dos secadores segundo os fabricantes, t/h.

3.2 Dimensionamento Do Setor De Moegas E Silo-Pulmão

A partir do dimensionamento do setor de secagem definiu-se a capacidade operacional diária de recebimento da unidade em função do fluxo operacional máximo do setor de secagem, calculados através das Equações 3 e 4.

$$Fmax = Cns.Icsmax \quad (3)$$

Em que:

$Fmax$ = Fluxo operacional máximo, t/h;

Cns = Capacidade de secagem nominal do setor de secagem, t/h;

$Icsmax$ = Índice de correção do rendimento de secadores para o menor teor de umidade das cargas recebida, decimal; e

$$C_{opu} = H_p \times F_{max} \quad (4)$$

Em que:

C_{opu} = Capacidade operacional diária da unidade, t;

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

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

Assim, considerando a capacidade operacional diária calculada, 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 5.

$$N_{mo} = \frac{(C_{opu}/hr) \times T_d}{C_c \times 60} \quad (5)$$

Em que:

N_{mo} = Número de moegas;

T_d = Tempo de descarga do caminhão, min; e

C_c = Carga útil do caminhão, t.

Finalmente, 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. Assim, por meio da Equação 6, calculou-se a capacidade estática das moegas.

$$C_{emo} = \frac{60 \times T_{cm} \times C_c}{T_d} \quad (6)$$

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, calculou-se por meio da Equação 7, o número e a quantidade necessárias dessas estruturas para atender a unidade, em função da capacidade estática das moegas anteriormente calculada.

$$Cesp = Fmax \times (Hp - Hr) - Nmo \times Cemo \quad (7)$$

Em que:

$Cesp$ = Capacidade estática do silo pulmão, t;

$Cemo$ = Capacidade estática das moegas, t;

Nmo = Número de moegas;

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

Hr = Horas de recebimento por dia, h/dia; e

$Fmax$ = Fluxo operacional máximo de recebimento, t/h.

3.3 Dimensionamento do Setor de Pré-Limpeza e Limpeza

Antes da condução da secagem, os grãos úmidos passam pelas operações de limpeza, a fim de remover as impurezas a níveis seguros para evitar os riscos de incêndio no secador. Em geral, unidades em que são empregados secadores de fluxos mistos tipo cavalete, as máquinas de pré-limpeza são introduzidas no fluxo operacional antes do secador, enquanto as de limpeza são posicionadas após.

O número de máquinas de pré-limpeza e limpeza foi determinado por meio das Equações 8 e 9, em função do fluxo operacional máximo do setor de secagem e das capacidades horarias dos modelos de máquinas comercializadas.

$$Nmpl = \frac{Fmaxsec}{Cnmpl * Rmpl} \quad (8)$$

$$Nml = \frac{Fmaxsec}{Cnml * Rml} \quad (9)$$

Em que:

$Nmpl$ = Número de máquinas de pré-limpeza;

Nml = Número de máquinas de limpeza;

- $Cnmpl$ = Capacidade nominal de máquinas de pré-limpeza comercializadas, t/h;
 $Cnml$ = Capacidade nominal de máquinas de limpeza comercializadas, t/h;
 $Fmaxsec$ = Fluxo operacional máximo do secador, t/h;
 $Rmpl$ = Rendimento operacional de máquinas de limpeza, decimal.
 Rml = Rendimento operacional de máquinas de limpeza, decimal.

3.4 Dimensionamento do Setor de Armazenagem

Para o dimensionamento do setor de armazenagem foram considerados a quantidade de grãos recebidos na unidade após passarem pelas operações de limpeza e secagem e os fluxos de expedição do produto. Sendo assim, para o cálculo dos descontos das quebras de impureza e umidade das cargas foram adotadas as Equações 10 e 11 apresentadas a seguir.

$$Qplu = Qpsu \times \left[1 - \left(\frac{Ii - If}{100 - If} \right) \right] \quad (10)$$

$$Qpls = Qplu \times \left[1 - \left(\frac{Ui - Uf}{100 - Uf} \right) \right] \quad (11)$$

Em que:

- $Qpsu$ = Quantidade de produto sujo e úmido, t;
 $Qplu$ = Quantidade de produto limpo e úmido, t;
 $Qpls$ = Quantidade de produto limpo e seco, t;
 Ii = Teor de impureza inicial, %;
 If = Teor de impureza final, %;
 Ui = Teor de água inicial, %; e
 Uf = Teor de água 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, determinou-se a movimentação mensal de produtos pelo setor de armazenagem empregando a equação básica de controle de estoque (Equação 12).

$$Q_{ai} = Qa(i - 1) + Ri - Ei \quad (12)$$

Em que:

- Q_{ai} = Quantidade de produto armazenada no mês atual, t;
 $Qa(i-1)$ = Quantidade de produto armazenada no mês anterior, t;
 Ri = Quantidade de produto recebida no mês atual, t;
 Ei = 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 13 e 14, o número de pontos de expedição e a capacidade estática do setor necessários para o correto funcionamento da unidade.

$$Npe = Qme \times Tc \times Cuca \times 60 \times He \times De \quad (13)$$

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, 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.

$$Cee = \frac{Cuca \times 60 \times Ta}{Tc} \quad (14)$$

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 das intensidades 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. Assim sendo, o cálculo desse valor foi obtido por meio da Equação 3, anteriormente apresentada nesta seção, 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 15.

$$Fe = \frac{Cuca \cdot 60}{Tc} \quad (15)$$

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 Banco de dados da ferramenta computacional

Como base para o dimensionamento dos setores de recepção, secagem, limpeza, expedição e movimentação de grãos empregando o *expert system*, foi elaborado e incorporado um banco de dados, contendo informações de catálogos das empresas Kepler Weber e Pagé.

3.8 Implementação do *Expert System*

O modelo computacional desenvolvido para proceder o dimensionamento de unidades armazenadoras encontra-se organizado em dez seções: Colheita, Previsão de Colheita, Cargas, Setor de Expedição, Setor de Secagem, Moegas e Silo-pulmão, Setor de Limpeza, Armazenagem, Expedição e Recomendações. Essas etapas são executadas sequencialmente até

a obtenção dos resultados pretendidos. A seguir são descritas cada uma das etapas que compõem o *expert system* desenvolvido.

3.8.1 Colheita

Na seção colheita, Figura 3, são inseridos os dados referentes à colheita. Para cada produto recebido na unidade, o usuário informa a data de início e de final da colheita, os períodos diários de recebimento e processamento e o número de dias trabalhados no mês. A partir de dessas informações são calculados o número de dias de colheita para cada produto.

Figura 1 - Janela de diálogo da seção Colheita

Fonte: Autor.

3.8.2 Previsão de Colheita

Na etapa de previsão de colheita, Figura 4, o usuário informa os dados referentes a estimativa de recebimento de produto ao longo do ano, inserindo a quantidade de milho, soja e trigo, em toneladas, que serão recebidos em cada mês. A partir disso, a ferramenta procede os cálculos e retorna de forma automática a quantidade mensal e anual total de grãos a serem recebidos na unidade no período considerado.

Figura 2 - Janela de diálogo da seção previsão de colheita

Fonte: Autor

3.8.3 Cargas

Neste módulo, Figura 5, são inseridos dados sobre os teores de água e impureza dos diferentes produtos recebidos na unidade, procedendo assim a caracterização destas cargas. Ao inserir estes dados no modelo computacional são calculados os teores médios para ambas as variáveis, valores estes que serão, posteriormente, empregados no dimensionamento das estruturas de armazenagem.

Figura 3 - Janela de diálogo para caracterização das cargas recebidas

Fonte: Autor

3.8.4 Expedição

Na seção expedição, Figura 6, é feito o planejamento da expedição das cargas, de modo que o usuário deve informar os percentuais dos estoques mensais que serão expedidos para cada produto. Empregando estas informações, a ferramenta computacional calcula a quantidade mensal e anual a ser expedida retornando estes valores através da janela de diálogo.

Figura 4 - Janela de diálogo da seção expedição

Fonte: Autor

3.8.5 Setor de Secagem

Na etapa de dimensionamento do setor de secagem, Figura 7, o modelo procede a leitura dos dados inseridos nas seções anteriores e calcula a capacidade de secagem demandada para cada produto ao longo do ano. A partir disso, o setor de secagem é então dimensionado em função na demanda máxima de secagem observada em determinado mês. A ferramenta ainda disponibiliza opções de secadores comerciais, dando ao usuário a possibilidade de selecionar o equipamento de sua preferência e, a partir dessa escolha, é calculado o número de secadores necessários para atender a unidade.

Figura 5 - Janela de diálogo do setor de secagem

Fonte: Autor.

3.8.6 Moegas e Silo-pulmão

Para o dimensionamento das moegas e silos-pulmão, o usuário deve informar a carga útil, o tempo de descarga do caminhão e o tempo de lotação da moega nas células correspondentes. A partir dessas informações, a ferramenta calcula e retorna através da janela de diálogo (Figura 8) os fluxos e as capacidades de recebimento máximo e mínimo do setor de recepção e a quantidade de moegas e silos-pulmão adequadas para atender a demanda da unidade.

Em relação aos silos-pulmão, o modelo oferece a possibilidade de escolha pelo usuário de modelos encontrados no mercado e, em função dessa seleção, é determinado o número de estruturas necessárias a partir da capacidade estática total calculada.

Figura 6 - Janela de diálogo da seção moegas e silo-pulmão

Fonte: Autor.

3.8.7 Setor de Limpeza

Neste módulo, Figura 9, a ferramenta disponibiliza opções de capacidades horárias de máquinas de pré-limpeza e limpeza encontradas no mercado, permitindo ao usuário selecionar o equipamento que melhor atenda a sua necessidade. A partir dessa seleção, o modelo procede o cálculo de máquinas requeridas e informa a capacidade horária de funcionamento demandada no setor.

Figura 7 - Janela de diálogo da seção Setor de Limpeza

Fonte: Autor.

3.8.8 Setor de Armazenagem

Nessa etapa, Figura 10, é procedido o dimensionamento do setor de armazenagem. A ferramenta realiza o cálculo da capacidade mensal de armazenagem demandada para cada produto, em função do plano de expedição e das quantidades de produto limpo e seco, por meio de um controle de estoque implementado no código do modelo baseado na Equação 12.

O setor é dimensionado a partir da demanda máxima a ser armazenada e o número de silos necessários é calculado a partir da escolha do usuário entre modelos comerciais disponibilizados pela ferramenta. O modelo computacional ainda apresenta informações referentes ao grau de ociosidade dos silos que representa a porcentagem de espaços inutilizados na estrutura.

Figura 8 - Janela de diálogo da seção armazenagem

Fonte: Autor.

3.8.9 Setor de Expedição

Nesta etapa, Figura 11, é apresentado a quantidade estimada para cada tipo de produto a ser expedido ao longo dos meses, considerando o planejamento de expedição. A partir do cálculo da quantidade máxima a serem expedida, o modelo define o número de pontos de expedição e a capacidade estática necessários para atender a demanda da unidade.

Figura 9 - Janela de diálogo da seção expedição



Fonte: Autor.

3.8.10 Recomendações

No módulo recomendações, Figura 12, são apresentadas opções de equipamentos e transportadores disponíveis no mercado, que atenderiam a demanda calculada pelo programa. Essas informações estão contidas em um banco de dados elaborado com base nos catálogos dos fabricantes Kepler e Pagé, empresas referências na comercialização de maquinários e estruturas para o setor de armazenamento.

A ferramenta relaciona modelos de secadores de fluxos mistos tipo cavalete e coluna, silos planos para armazenagem, silos-pulmão, máquinas de pré-limpeza e limpeza, transportadores de correia, *Redler* e elevadores de caçambas. Estes são selecionados em função da capacidade calculada pelo programa e apresentados ao usuário por meio de uma pequena descrição com informações de interesse fornecidas nos catálogos utilizados.

Figura 10 - Janela de diálogo da seção de Recomendação



Fonte: Autor.

3.9 Experimentação da Ferramenta Computacional

Para verificar a aplicabilidade do *expert system*, foi procedida a simulação de três cenários hipotéticos que contemplam a recepção de soja, milho e trigo em uma unidade coletora. Tomando-se o Cenário I como referência, os Cenário II e III foram desenvolvidos considerando-se um aumento de 25% e 50%, respectivamente, na quantidade de produto recebido, a fim de verificar a elasticidade do sistema. Além disso, foram definidas também as distribuições mensais das quantidades de milho, soja e trigo programadas para recepção nos três cenários. Os dados estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Dados de Colheita

Produto	Colheita			Quantidades (t)		
	Início	Término	Nº. Dias	Cenário I	Cenário II	Cenário III
Milho (1ª Safra)	26/01	06/03	40	7300	9125	10950
Soja	26/02	30/04	64	54000	67500	81000
Milho (2ª Safra)	17/07	30/09	44	7800	9750	11700
Trigo	16/08	29/09	75	5200	6500	7800
Total				74300	92875	111450

Fonte: Autor.

Tabela 4 – Quantidade de grãos a serem recebidos nos Cenário I, II e III

Mês	Cenário I				Cenário II				Cenário III			
	Milho (t)	Soja (t)	Trigo (t)	Total (t)	Milho (t)	Soja (t)	Trigo (t)	Total (t)	Milho (t)	Soja (t)	Trigo (t)	Total (t)
1	840	0	0	840	1050	0	0	1050	1206	0	0	1206
2	5613	1353	0	6966	7016	1692	0	8707	8419	2030	0	10449
3	923	28939	0	29862	1154	36182	0	37335	1384	43417	0	44802
4	0	22887	0	22887	0	28615	0	28615	0	34338	0	34338
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1380	0	0	1380	1725	0	0	1725	2070	0	0	2070
8	3630	0	1646	5276	4537	0	2047	6584	5445	0	2456	7901
9	2790	0	3472	6262	3487	0	4349	7837	4185	0	5219	9404
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	15176	53179	5118	73473	18969	66488	6296	91853	22763	37225	5118	110223

Fonte: Autor.

Os teores de água e impureza das cargas de soja, milho e trigo programadas para recebimento na unidade foram definidas conforme apresentado na Tabela 5 para as três situações consideradas.

Tabela 5 – Caracterização das cargas de milho, soja e trigo para os cenários I, II e III

	Teor de água médio (%)	Teor de impureza médio (%)
Milho	24,95	2,07
Soja	16,10	2,11
Trigo	20,66	2,16

Fonte: Autor.

Na Tabela 6 é apresentado o plano de expedição das cargas, considerando as porcentagens que serão expedidas de cada produto ao longo do ano, referente aos três cenários simulados. Nesta proposição ainda foram considerados os períodos de 10 horas diárias de recebimento de produto, 22 horas diárias de processamento e 27 dias trabalhados ao mês.

Tabela 6 – Percentuais das quantidades a serem expedidas para os cenários I, II e III

Mês	Milho	Soja	Trigo
Janeiro			
Fevereiro	18,4		
Março	16,8	41,210	
Abril	6,0	35,510	
Maiο	3,5	13,580	
Junho	3,0	6,100	
Julho	2,0	2,400	
Agosto	20,5	1,200	
Setembro	4,6		48,0
Outubro	1,2		12,0
Novembro	7,0		10,0
Dezembro	11,1		25,0
Total	94,0	100,0	95,0

Fonte: Autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 7 apresenta os resultados relativos ao dimensionamento, por meio do *expert system* implementado, dos setores de secagem, moegas e silo-pulmão, limpeza, armazenamento e expedição e do sistema de transporte de grãos para os cenários de recebimento de soja, milho e trigo propostos.

Tabela 7 - Resultados do dimensionamento relativo aos cenários I, II e III

Estruturas e maquinários	Capacidade unitária	Quantidade		
		Cenário	Cenário	Cenário
		I	II	III
Secadores	40 t/h	2	2	2
Moegas	128 t	4	4	4
Silos-pulmão	334 t	3	3	3
Máquinas de Pré-limpeza	40 t/h	2	2	2
Máquinas de Limpeza	25 t/h	4	4	4
Silos armazenadores	1229 t	11	13	16
Pontos de expedição	80 t	1	2	2
Transportadores – Fluxo de Recepção	60 t/h	-	-	-
Transportadores – Fluxo de Expedição	150 t/h	-	-	-

Fonte: Autor.

Empregando-se os procedimentos descritos na seção materiais e métodos, inicialmente efetuou-se o dimensionamento do setor de secagem, determinando-se a capacidade operacional mensal demandada a partir dos dados das Tabelas 3 e 4. Por meio do somatório dessas demandas mensais definiu-se a demanda máxima no período e o mês de ocorrência, que para os cenários I, II e III foram de 44,10 t/h, 55,14 t/h e 66,15 t/h, respectivamente, no mês de março.

Dessa forma, considerando as opções de secadores disponibilizadas pelo *expert system*, optou-se pelo modelo comercial de 40 t/h, sendo necessários dois secadores para atender a demanda da unidade nos três cenários. Analisando-se os resultados para este setor, e tomando-se o Cenário I como referência, percebe-se um aumento na demanda máxima de secagem nos Cenários II e III. Este é um resultado esperado, visto que com o aumento na quantidade de produto recebido, exige-se mais do setor de secagem. Contudo, a capacidade de secagem

dimensionada para o Cenário I ainda seria suficiente para atender um acréscimo na recepção em mais 25% e 50%, visto que os três cenários seriam atendidos por dois secadores de 40 t/h. Esse resultado pode estar relacionado com o fato de a maior quantidade de produto nas três situações ser a soja com umidade em torno de 16%. Nessa condição, o rendimento dos secadores é maior, o que pode ter minimizado o impacto causado pelo acréscimo na recepção de produto.

Na sequência, procedeu-se o dimensionamento do setor de moegas e silo-pulmão. Para desenvolvimento dos cálculos considerou-se na recepção um caminhão com capacidade de 16 toneladas, tempo de descarga nas moegas de 15 minutos com tombador e tempo de lotação da estrutura de 2 horas. A partir desses valores, os cálculos procedidos pelo *expert system* indicaram que o fluxo máximo de recebimento do setor foi de 113,22 t/h para os três cenários.

A capacidade máxima de recebimento diário foi calculada em função do fluxo de recebimento máximo, sendo obtido o valor de 2.490,88 t/dia, definindo dessa forma a necessidade de 4 moegas com capacidade unitária de 128 t para atender a demanda. A partir do dimensionamento das moegas, chegou-se ao número de silos-pulmão que seriam suficientes para atender a unidade nos três cenários. Assim, adotando-se silos-pulmão com capacidade de 334 toneladas, verificou-se a necessidade de três estruturas.

Uma vez que a necessidade de moegas e silos-pulmão é definida de acordo com o fluxo operacional do setor de secagem, observa-se que os resultados são os mesmos nos três cenários, que contam com a mesma capacidade de secagem nominal (80 t/h). Sendo assim, percebe-se que o número de moegas e silos-pulmão dimensionados para o Cenário I, também seriam suficientes para atender um aumento na quantidade de produto recebido em 25% e 50 %, demonstrando a elasticidade do setor.

Quanto ao setor de limpeza, optou-se pela seleção de máquinas de pré-limpeza e limpeza com capacidade horária de 40 t/h e 25 t/h, respectivamente, mediante as opções comerciais apresentadas pelo modelo computacional. Assim, para os Cenários I, II e III definiu-se a necessidade de duas máquinas de pré-limpeza e quatro máquinas de limpeza. Esses resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que o número de equipamentos de limpeza é determinado em função do fluxo máximo de secagem que, neste caso, se manteve igual nas três condições.

Em relação ao setor de armazenagem, procederam-se os cálculos em função dos descontos de umidade e impureza das cargas recebidas, do planejamento de expedição definido e da Equação 12, aplicada no controle de estoque, obtendo-se os valores de capacidade estática

demandadas ao longo dos meses considerados. A partir disso, definiu-se a demanda máxima do setor que foram: Cenário I 12.759,31 t, Cenário II 15.952,87 t e Cenário III e 19.149,12 t.. Ao optar por selecionar silos com capacidade estática de 1229 t, chegou-se à necessidade de onze estruturas para atender a demanda no primeiro cenário, treze silos para atender o segundo cenário e dezesseis silos para atender o terceiro cenário.

Diante dos resultados apresentados, observou-se que o setor de armazenagem foi mais impactado com o aumento na quantidade de produto recebido, indicando a necessidade de investimento em estruturas de armazenagem em caso de aumento no recebimento de grãos em 25% e 50%. Nesta situação, recomenda-se que a unidade possua um leiaute linear e não circular, de modo a possibilitar expansões futuras.

Para o dimensionamento do setor de expedição, o modelo considerou os dados apresentados na Tabela 6, que informam os percentuais das cargas a serem expedidas mensalmente e fixados para os três cenários. Conhecendo-se a quantidade de produto limpo e seco no mês para expedição, determinou-se a demanda máxima do setor que foi de 23.062,0 t para o Cenário I, 28.834,20 t para o Cenário II e, finalmente, 36.600,36 t para o Cenário III.

Tomando a carga útil dos caminhões transportadores modelo Bitrem de 57 t, o tempo de carregamento dos caminhões de 23 min e o expediente do setor de expedição como 8 h/dia e 24 dias/mês, determinou-se o número de pontos necessários para proceder a expedição, que, para o Cenário I foi de 1 ponto com capacidade de 80 t e para os Cenários II e III, foi de dois pontos de mesma capacidade. Analisando os resultados para este setor, observa-se que o aumento do recebimento de grãos também impactou a expedição, sendo necessários mais um ponto para atender os Cenários II e III. Sendo assim, em caso de expansão, a unidade também necessitaria ampliação nesse setor.

Em relação ao sistema de transporte de grãos, o modelo computacional procedeu o cálculo da capacidade horária necessária para a movimentação de produto pelos transportadores, dimensionando-os a partir das necessidades de fluxos de grãos nos setores de secagem e de expedição, apresentando na seção recomendação os modelos comerciais de elevadores de caçambas, fita transportadora e *Redler* em função da capacidade calculada. Dessa forma, para os Cenários I, II e III, os transportadores vinculados à recepção e a expedição de grãos devem possuir capacidade horária de 56,6 t/h e 148,7 t/h, respectivamente, para atender a unidade.

Analisando-se os resultados para o dimensionamento dos transportadores, observa-se que, quanto a capacidade operacional, seria viável um aumento na recepção de produtos, visto que

o sistema de transporte de grãos atenderia um cenário de recebimento de produto 25 e 50% maiores, levando-se em consideração o Cenário I.

Finalmente, procedido o dimensionamento dos setores de armazenagem, secagem, moegas e silo-pulmão, limpeza, expedição e do sistema de transporte de grãos, são apresentados na seção recomendações uma relação de equipamentos encontrados no mercado, provenientes de um banco de dados inserido no modelo que reúne informações de catálogo de fabricantes. Nesta relação é feita a caracterização das estruturas, maquinários e transportadores que poderiam atender a unidade, em função dos cálculos e das escolhas feitas pelo usuário ao longo das etapas do dimensionamento.

A relação de todos os equipamentos recomendados, que atendem aos cenários I, II e III estão apresentados no Apêndice A.

5 CONCLUSÃO

O *expert system* apresentou aplicabilidade no dimensionamento de unidades armazenadoras a granel, constituindo uma ferramenta dinâmica e de uso intuitivo. Por meio de experimentação, verificou-se que o modelo conduz corretamente os cálculos envolvidos nos projetos de unidades armazenadoras a granel, procedendo o correto dimensionamento das estruturas de armazenagem.

Finalmente, como sugestões de melhoria da ferramenta, recomenda-se a implementação de novas rotinas para o dimensionamento do sistema de transporte de grãos e a inserção de novas opções de produtos além do milho, da soja e do trigo.

6 REFERÊNCIAS

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária safra 2020/2021**. Volume 8, 2020. Disponível em:

<<https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-a-agropecuaria>>.

Acesso em 20 de setembro de 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Instruções Normativas de Armazenagem**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/armazenagem/legislacao-de-armazenagem/instrucoes-normativas-de-armazenagem>>. Acesso em 25 de novembro de 2020.

DA SILVA, R. A. B. et al. Sistema especialista para diagnóstico do uso do solo em atividades agropecuárias. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 52180-52193, 2020.

FILASSI, M. et al.. Armazenagem de Grãos no Brasil: Um Gargalo Logístico a ser superado. In: Anais do 58º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 26 a 28 de outubro de 2020, Foz do Iguaçu-PR: Cooperativismo, inovação e sustentabilidade para o desenvolvimento rural. **Anais...** Foz do Iguaçu (PR) UNIOESTE, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sober2020/251385-ARMAZENAGEM-DE-GRAOS-NO-BRASIL--UM-GARGALO-LOGISTICO-A-SER-SUPERADO>>. Acesso em: 01/12/2020.

GABAN, A. C et al. **Evolução da produção de grãos e armazenagem: perspectivas do agronegócio brasileiro para 2024/25**. Informe Gepec, v. 21, n. 1, p. 28-47, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Capacidade de armazenagem agrícola fica em 176,5 milhões de toneladas no 1º semestre de 2020**. Agência IBGE Notícias. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/29405-capacidade-de-armazenagem-agricola-fica-em-176-5-milhoes-de-toneladas-no-1-semester-de-2020>>. Acesso em 12 de novembro de 2020.

KEPLER WEBER. **Catálogo Geral de Produtos – Armazenagem de Grãos**. 84 pg. Disponível em: <<https://www.kepler.com.br/>>. Acesso em outubro de 2020.

KONOPATZKI, E. A. et al. Unidades armazenadoras de grãos da mesorregião de Cascavel: nível de inovação tecnológica e consumo de eletricidade. **Varia Scientia**, v. 6, n. 11, p. 61-73, 2006.

MACEDO, L.; ARAÚJO, C. S.; SILVA, L. C.. Aplicativo para Tomada de Decisão na Aeração de Grãos Armazenados. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 219, 2016.

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.

MALLET, A. Armazenagem - Projetar para Qualidade. **Agrolink**, 2009. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/armazenagem---projetar-para-qualidade_385756.html>. Acesso em: 01 de dezembro de 2020.

PAGÉ. **Máquinas de Pré-limpeza e Limpeza**. Catálogo de Produtos. Disponível em: <<https://www.page.ind.br/pt-br/produto/equipamentos-para-armazenagem/maquinas-de-pre-limpeza-e-limpeza-16>>. Acesso em outubro de 2020.

REZENDE, R. C. et al. **Projeto e avaliação econômica de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos**. 2001. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

SILVA, J. E; SHERMACK, P.V; AFONSO, A. D. L. **Uma Metodologia de Custeio Eficiente para o Processo de Secagem de Grãos: Um Estudo de Caso em uma Cooperativa Agrícola**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25, 2005, Anais... Porto Alegre: PUCRS. 2005. 1CD.

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

SILVA, L. C. **Notas de aula**. Universidade Federal de Viçosa. 2020.

SILVA, L. C. et. al. **A simulation toolset for modeling grain storage facilities**. Journal of Stored Products Research, v. 48, p. 30-36, 2012.

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>. Acesso em 15 de novembro de 2020.

SILVA, L. C. **Secagem de Grãos**. Universidade Federal do Espírito Santo. Boletim Técnico. 2005. Disponível em <http://www.agais.com/manuscript/ag0405_secagem.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2020.

SNA – SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGRICULTURA. **Armazenagem pode “estrangular” safra brasileira**. Equipe SNA, 2020. Disponível em :<<https://www.sna.agr.br/armazenagem-pode-estrangular-safra-brasileira/>>. Acesso em 20 de novembro de 2020.

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.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Caracterização de estruturas, maquinários e transportadores quanto aos Cenários I, II e III.

Quadro 1A - Relação de estruturas, maquinários e transportadores referentes ao Cenário I

Item	Quantidade	Capacidade	Recomendação
Secadores de fluxos mistos tipo Cavalete	2	40 t	Secador ADS de fluxos mistos tipo cavalete; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 89 m ³ ; 2 x 15 cv.
Secadores de fluxos mistos tipo Coluna	2	40 t	Secador ADS de fluxos mistos tipo coluna; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 62 m ³ ; 2 x 20 cv.
Silos-pulmão	3	334 t	Silo metálico; fundo cônico com inclinação de 45°; fabricante Kepler Weber; modelo 30 ; diâmetro 9,09 m; altura de cilindro 4,60 m ; altura estrutura 5.47 m; altura total 12,95 m; capacidade volumétrica de 446 m ³
Máquina de pré-limpeza	2	40 t/h	Máquina de pré-limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo MPL 40; Capacidade horária de 40 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 5% e teor de água do produto de 18% (soja); Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.
Máquina de limpeza	4	25 t/h	Máquina de limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo ML 40; Capacidade horária de 25 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 2% e teor de água do produto de 13%; Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.

Continua

Cont. Quadro 1A.

Silos de armazenagem	11	1229 t	Silo metálico; fundo plano; fabricante Kepler Weber; modelo 36; diâmetro 10.91 m; altura total 19,67; capacidade estática 1229 t (20.489 sacas 60 kg) para soja com massa específica de 0,75 t/m ³ ; capacidade volumétrica 1639 m ³ , fluxo de carga/descarga de 240 t/h.
Elevador de Caçambas – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-2; Capacidade horária de 60 t/h, altura máxima 50,47 m; Velocidade 2.90 m/s; 6,4 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;
Fita transportadora – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Correia ou Fita Transportadora. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-16"; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 20°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.
Transportador de Correntes ou Redler – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Correntes Transportadoras ou Redler. Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-160; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 100 m; Velocidade de 0.69 m/s; Rotação de 44 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato "L"; Opção de transporte nos dois sentidos
Elevador de Caçambas – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-4; Capacidade horária de 240 t/h, altura máxima 50,71 m; Velocidade 2.95 m/s; 7,2 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;
Fita transportadora – Fluxo de expedição	-	300 t/h	Correias ou Fitas Transportadoras. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-24"; Capacidade horária de 240 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 35°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.

Continua.

Cont. Quadro 1A.

Transportador de Correntes ou <i>Redler</i> – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Correntes Transportadoras ou <i>Redler</i> . Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-400; Capacidade horária de 300 t/h, Comprimento máximo 67 m; Velocidade de 0.72 m/s; Rotação de 36 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato “L”; Opção de transporte nos dois sentidos
--	---	---------	---

Fonte: Kepler Weber e Pagé – catálogo de produtos.

Quadro 2A - Relação de estruturas, maquinários e transportadores referentes ao Cenário II.

Item	Quantidade	Capacidade	Recomendação
Secadores de fluxos mistos tipo Cavalete	2	40 t/h	Secador ADS de fluxos mistos tipo cavalete; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 89 m ³ ; 2 x 15 cv.
Secadores de fluxos mistos tipo Coluna	2	40 t/h	Secador ADS de fluxos mistos tipo coluna; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 62 m ³ ; 2 x 20 cv.
Silos-pulmão	3	334 t	Silo metálico; fundo cônico com inclinação de 45°; fabricante Kepler Weber; modelo 30 ; diâmetro 9,09 m; altura de cilindro 4,60 m ; altura estrutura 5.47 m; altura total 12,95 m; capacidade volumétrica de 446 m ³
Máquina de pré-limpeza	2	40 t/h	Máquina de pré-limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo MPL 40; Capacidade horária de 40 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 5% e teor de água do produto de 18% (soja); Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.

Continua.

Cont. Quadro 2A.

Máquina de limpeza	4	25 t/h	Máquina de limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo ML 40; Capacidade horária de 25 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 2% e teor de água do produto de 13%; Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.
Silos de armazenagem	13	1229 t	Silo metálico; fundo plano; fabricante Kepler Weber; modelo 36; diâmetro 10.91 m; altura total 19,67; capacidade estática 1229 t (20.489 sacas 60 kg) para soja com massa específica de 0,75 t/m ³ ; capacidade volumétrica 1639 m ³ , fluxo de carga/descarga de 240 t/h.
Elevador de Caçambas – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-2; Capacidade horária de 60 t/h, altura máxima 50,47 m; Velocidade 2.90 m/s; 6,4 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;
Fita transportadora – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Correia ou Fita Transportadora. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-16"; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 20°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.
Transportador de Correntes ou Redler – Fluxo de recebimento	-	60 t/h	Correntes Transportadoras ou Redler. Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-160; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 100 m; Velocidade de 0.69 m/s; Rotação de 44 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato "L"; Opção de transporte nos dois sentidos
Elevador de Caçambas – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-4; Capacidade horária de 240 t/h, altura máxima 50,71 m; Velocidade 2.95 m/s; 7,2 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;

Continua.

Cont. Quadro 2A.

Fita transportadora – Fluxo de expedição	-	300 t/h	Correias ou Fitas Transportadoras. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-24"; Capacidade horária de 240 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 35°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.
Transportador de Correntes ou <i>Redler</i> – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Correntes Transportadoras ou <i>Redler</i> . Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-400; Capacidade horária de 300 t/h, Comprimento máximo 67 m; Velocidade de 0.72 m/s; Rotação de 36 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato "L"; Opção de transporte nos dois sentidos

Fonte: Kepler Weber e Pagé – catálogo de produtos.

Quadro 3A – Relação das estruturas, maquinários e transportadores referentes ao Cenário III

Item	Quantidade	Capacidade	Recomendação
Secadores de fluxos mistos tipo Cavalete	2	40	Secador ADS de fluxos mistos tipo cavalete; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 89 m ³ ; 2 x 15 cv.
Secadores de fluxos mistos tipo Coluna	2	40	Secador ADS de fluxos mistos tipo coluna; Fabricante Kepler Weber; Modelo KW40 médio porte com recirculação de ar; capacidade horaria nominal de 40 t/h redução da umidade da soja de 18% para 13%; capacidade estática de 62 m ³ ; 2 x 20 cv.
Silos-pulmão	3	120	Silo metálico; fundo cônico com inclinação de 45°; fabricante Kepler Weber; modelo 30 ; diâmetro 9,09 m; altura de cilindro 4,60 m ; altura estrutura 5.47 m; altura total 12,95 m; capacidade volumétrica de 446 m ³

Continua.

Cont. Quadro 3A.

Máquina de pré-limpeza	2	40	Máquina de pré-limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo MPL 40; Capacidade horária de 40 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 5% e teor de água do produto de 18% (soja); Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.
Máquina de limpeza	4	25	Máquina de limpeza por peneiramento, fabricante Pagé; Modelo ML 40; Capacidade horária de 25 t/h para soja, milho e trigo; Área de peneiramento de 15.8 m ² , Teor de impurezas de 2% e teor de água do produto de 13%; Potência do motor para acionamento do ventilador de 5 cv e do acionamento do sistema de peneiras de 3 cv.
Silos de armazenagem	16	1229 t	Silo metálico; fundo plano; fabricante Kepler Weber; modelo 36; diâmetro 10.91 m; altura total 19,67; capacidade estática 1229 t (20.489 sacas 60 kg) para soja com massa específica de 0,75 t/m ³ ; capacidade volumétrica 1639 m ³ , fluxo de carga/descarga de 240 t/h.
Elevador de Caçambas – Fluxo de recebimento	-	60	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-2; Capacidade horária de 60 t/h, altura máxima 50,47 m; Velocidade 2.90 m/s; 6,4 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;
Fita transportadora – Fluxo de recebimento	-	60	Correia ou Fita Transportadora. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-16"; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 20°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.
Transportador de Correntes ou Redler – Fluxo de recebimento	-	60	Correntes Transportadoras ou Redler. Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-160; Capacidade horária de 60 t/h, Comprimento máximo 100 m; Velocidade de 0.69 m/s; Rotação de 44 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato "L"; Opção de transporte nos dois sentidos

Continua.

Cont. Quadro 3A.

Elevador de Caçambas – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Elevador de Caçamba. Fabricante Kepler Weber. Modelo EA-4; Capacidade horária de 240 t/h, altura máxima 50,71 m; Velocidade 2.95 m/s; 7,2 caçambas por metro; Construído em chapas galvanizadas;
Fita transportadora – Fluxo de expedição	-	300 t/h	Correias ou Fitas Transportadoras. Fabricante Kepler Weber. Modelo CT-24"; Capacidade horária de 240 t/h, Comprimento máximo 150 m; Velocidade de 3.14 m/s; Inclinação dos roletes de carga de 35°; Pode ser instalado com até 8° de inclinação; Acionamento por sistema motorreductor.
Transportador de Correntes ou <i>Redler</i> – Fluxo de expedição	-	240 t/h	Correntes Transportadoras ou <i>Redler</i> . Fabricante Kepler Weber. Modelo TCRA-400; Capacidade horária de 300 t/h, Comprimento máximo 67 m; Velocidade de 0.72 m/s; Rotação de 36 rpm; Pode ser instalado com até 14° de inclinação; Produzidas com perfilado de aço plano em formato "L"; Opção de transporte nos dois sentidos

Fonte: Kepler Weber e Pagé – catálogo de produtos.