

## Unidades Armazenadoras: *Planejamento e Gerenciamento Otimizado*<sup>1</sup>

Prof. Luís César da Silva

Email: [silvalc@cca.ufes.br](mailto:silvalc@cca.ufes.br) - Website: [www.agais.com](http://www.agais.com)

Para a tomada de decisão sobre a construção de uma unidade armazenadora de grãos é preciso ter claro que se trata de um investimento de: (i) longa vida útil, normalmente 15 anos, e de (ii) alto custo de implantação. Além disso, a operacionalização do sistema envolve a movimentação de produtos valiosos. Portanto, independente da capacidade estática da unidade é de suma importância observar preceitos técnicos e econômicos quando ao planejamento, implantação e operacionalização. Assim, será possível: (i) garantir a guarda e conservação dos produtos armazenados, como também, (ii) consagrar o investimento como gerador de bons resultados financeiros.



Figura 1 – Base para montagem de silo metálico (Gentileza da CASP)

Sob aspecto técnico uma unidade armazenadora deve apresentar adequadamente projetada e estruturada para o recebimento, limpeza, secagem, armazenagem e expedição de grãos. E ser operacionalizada conforme o fluxograma representado na Figura 2.

Dessa forma, estruturalmente, uma unidade deve contar com: (i) edificações – moegas, silos-pulmões, silos armazenadores e/ou graneleiros, (ii) máquinas processadoras – máquinas

---

<sup>1</sup> Parte deste artigo foi publicado na Revista Cultivar Máquinas - Ano III, No. 44 [Caderno Técnico Máquinas] em 08/2005

de pré-limpeza, secadores e máquinas de limpeza, e (iii) transportadores – correias transportadoras, elevadores de caçamba, transportadores helicoidais e transportadores de palhetas. O dimensionamento das edificações e a seleção dos maquinários e transportadores constituem fases importantes do planejamento.

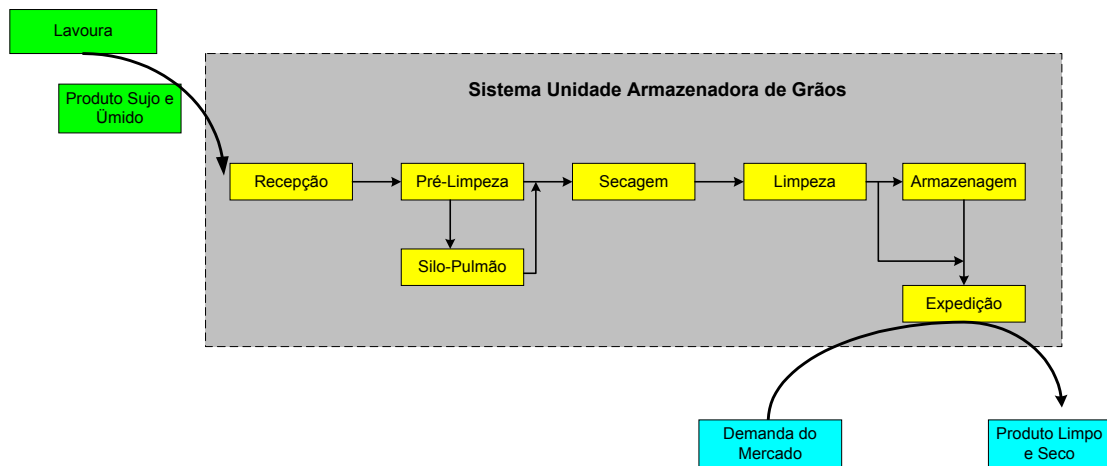


Figura 2 – Fluxograma operacional básico de unidades armazenadoras de grãos

## Planejamento do Empreendimento

No planejamento devem ser considerados aspectos, tais como: localização, leiaute, disponibilidade de energia elétrica, oferta de lenha ou gás e viabilidade econômica.

### a) Definição da Localização

A definição da localização está associada a questões, tais como: (i) à inserção na cadeia produtiva regional, (ii) o uso da infraestrutura de logística, e (iii) a ocorrência de impacto ambiental.

Cadeia produtiva refere ao um conjunto de produtores e/ou empresas integrantes de um processo produtivo em que o objetivo é a oferta de produtos a clientes finais, conforme os padrões exigidos. Deste modo, deverá ser analisado o cenário esperado quando do funcionamento da unidade em relação à cadeia produtiva da região. O que deverá estar fundamentado em resposta de questões, tais como: (1) De onde virá os produtos a serem armazenados e em que quantidades? (2) Quais serão os possíveis destinos dos produtos

expedidos? e (3) Se for uma unidade para atendimento de terceiros, quem serão os concorrentes e qual o potencial de persuasão deles?

Além dessas questões, devem ser observadas as tendências do mercado de grãos em questões como: (i) a comercialização de transgênicos, (ii) a implantação do sistema de identidade preservada de produtos, que funcionará a modelo da rastreabilidade aplicada nas cadeias produtivas de suínos e bovinos, e (iii) o atendimento das exigências dos clientes no que se refere a qualidade física, sanitária e nutricional dos produtos, quesitos estes em alta voga no comércio exterior.

Quanto à logística é preciso ter em mente que se trata de métodos de controle contábil, financeiro e operacional dos fluxos de produtos deste as lavouras até os clientes finais. O que neste caso envolve fatores, tais como: maquinários de colheita, estradas, estruturas de armazenagem e sistemas de transportes e comunicação. Assim, deverão ser analisadas expectativas de cenários quanto ao: (i) fluxo de veículos carregados de grãos úmidos e sujos provenientes das lavouras, isto para cada uma das épocas de colheita, (ii) preços de fretes e disponibilidade de caminhões e/ou vagões ferroviários quando das necessidades de movimentação de cargas, e (iii) qualidade dos serviços de correios, telefonia e Internet, isto devido a atual dinâmica do mercado agrícola.

Quanto a necessidade da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA, isto dependerá do tamanho da unidade e das exigências legais para região onde a unidade localizará. Na elaboração do EIA são determinados os impactos ambientais positivos e negativos. Estes últimos devem ser mitigados, o que envolve investimentos e a depender do valor talvez a melhor opção seja escolher uma nova localização.

## **b) Definição de Leiaute**

Para concepção do leiaute da unidade é necessária a observância de cinco passos básicos.

O primeiro refere à identificação das épocas de colheitas, variedades, quantidades a receber e teores de umidade e impurezas das cargas. Essas informações devem ser obtidas considerando a área de cobertura da futura unidade. Se a unidade for ao nível de fazenda, a área corresponderá a parte agricultável da propriedade. Se a unidade for comercial, a área de abrangência poderá envolver propriedades situadas em vários municípios.

O segundo passo constitui na determinação da capacidade horária do setor de secagem (toneladas/hora). Isto deverá ser definido segundo as expectativas dos fluxos de recebimento diários (toneladas/dia) e o teor de umidade das cargas. A capacidade de secagem

da unidade afeta, por exemplo, a extensão de filas quando do recebimento de produtos. Isto impacta a qualidade do serviço de atendimento, o que pode atrair ou repelir potenciais clientes.

O terceiro passo é conduzido considerando a capacidade de secagem e o teor de impureza das cargas. O uso dessas informações permite: (i) projetar as capacidades estáticas das moegas e silos-plumão, (ii) calcular a capacidade horária dos equipamentos de pré-limpeza e limpeza e (iii) selecionar os tipos e capacidades dos transportadores de grãos.

No quarto passo é definida a capacidade estática dos elementos do setor de armazenagem. Estes elementos, por exemplo, podem ser silos metálicos ou células dos graneleiros. Isto deve ser feito em função das expectativas diárias e mensais dos fluxos de recebimento e expedição de produtos.



Figura 3 – Unidade armazenadora com três silos-plumão (Gentileza da CASP)

E por fim, no quinto passo são determinadas a capacidade estática e as características do setor de expedição. As informações básicas são os tipos de veículos a serem carregados, caminhões ou vagões ferroviários, e as expectativas de fluxos diários de expedição.

Seguido os cinco passos é possível elaborar os projetos: arquitetônico, estrutural, hidráulico, combate a incêndio, telefônico e elétrico.

### **c) Uso de Energia Elétrica e Calorífica**

Da elaboração do projeto elétrico é possível ser determinado a potência instalada da unidade. O que corresponde ao somatório da potência elétrica dos equipamentos a serem

instalados. O valor é expresso em kW (quilo watts) ou kVA (quilo volts ampère). Essa informação é utilizada pela empresa fornecedora de energia elétrica para dimensionar a rede alimentação da unidade. O que inclui tipos de postes, cabos, transformador e os sistemas de proteção e medição. Em regiões onde não há fornecedores de energia elétrica, a informação será útil para a aquisição de geradores.

A energia calorífica é empregada para o aquecimento do ar de secagem. Para tanto pode ser utilizada lenha ou gás. Para as grandes unidades armazenadoras a lenha tem apresentado como melhor alternativa, devido ao menor custo de aquisição. Essa situação poderá alterar em algumas regiões devidos à escassez de lenha e as exigências ambientais. Para a armazenagem ao nível de fazenda encontram disponibilizados no mercado brasileiro silos secadores com queimadores a gás. Estes secadores oferecem comodidades devido ao bom nível de automatização. Vide as Figuras 4 e 5.

Para previsão do consumo de lenha em secadores do tipo cascata podem ser utilizados os fatores de consumo apresentados na Tabela 1. Para o cálculo, o fator de consumo deve ser multiplicado a quantidade de produto a secar. O resultado será o consumo de lenha expresso em metros cúbicos.

Tabela 1 – Exemplo de cálculo para estimativa de consumo de lenha na secagem

Produto	Quantidade de produto a secar (t.)	Fator de consumo (m <sup>3</sup> de lenha/ t. de produto)	Consumo de Lenha (m <sup>3</sup> )
Milho	15.000	0,10	1.500
Soja	45.000	0,04	1.800
Trigo	7.500	0,10	750
<b>Total</b>	<b>67.500</b>		<b>4.050</b>

#### d) Estudo de viabilidade econômica

Uma unidade armazenadora de grãos constitui em um investimento de alta monta. E este está sujeito à interferência de vários fatores que podem possuir comportamento aleatório, exemplo, os preços das sacas de milho e soja ao longo do ano. Deste modo, é essencial que seja procedido a análise financeira para certificar a viabilidade econômica. Para tanto é necessário simular o fluxo de caixa do empreendimento deste a data de implantação até o fim de vida útil, normalmente tomado como 15 anos. Na análise devem ser levados em conta parâmetros econômicos como: o valor presente líquido – VPL; a taxa interna de retorno – TIR, o tempo de retorno do capital (pay-back) e a relação custo benefício.



Gran Finale

Figura 4 – Conjunto: ventilador e queimador de gás utilizados em secadores ao nível de fazenda (Gentileza da Gran Finale)



Gran Finale

Figura 5 – Sistema de armazenagem ao nível de fazenda. Ao centro o silo secador, nas laterais os silos armazenadores (Gentileza da Gran Finale)

### **Gestão Operacional da Unidade**

Quanto à gerência operacional é importante contar com profissionais qualificados. Isto tanto em questões técnicas, como também, econômicas. A qualificação técnica requer conhecimentos sobre: (1) classificação e comercialização de produtos, (2) aplicação da psicrometria – estudo da mistura de vapor de água no ar, (3) operação de secadores, (4)

realização das operações de aeração, seca-aeração, ou secagem combinada, (6) manutenção e regulagem de equipamentos, (7) aplicação das práticas de controle de pragas, (8) compreensão da sistemática de tarifação do uso de energia elétrica, e (9) operação de computador.

No que se refere a questões econômicas é necessário saber levantar os custos operacionais, que pode ser apresentado na forma: (i) global, conforme a equação 1 ou (ii) por unidade de peso do produto processado.

$$C_{op} = C_R + C_L + C_S + C_A + C_E + C_P + C_T + C_D + C_{SA} - R_R \quad [1]$$

em que:

$C_{op}$  = custo operacional

$C_R$  = custo de recepção

$C_L$  = custo de limpeza

$C_S$  = custo de secagem

$C_A$  = custo de armazenagem

$C_E$  = custo de expedição

$C_P$  = custo de pessoal;

$C_T$  = custo de mão-de-obra temporária;

$C_D$  = custo em razão da depreciação da qualidade dos grãos

$C_{SA}$  = custo com seguros e administração;

$R_R$  = receita apurada na venda de resíduos

O perfeito conhecimento da matriz de custos dá fundamentação a definição de estratégias para otimização da unidade. Assim, o administrador terá como determinar as magnitudes dos impactos sobre o custo operacional, mediante a alterações relacionadas a: (1) contratação de pessoal, (2) uso de energia elétrica e calorífica, (3) custos administrativos, (4) seguros, (5) procedimentos operacionais, e (6) possíveis alterações de leiaute.

No entanto, devido à dinâmica do sistema unidade armazenadora grãos e a influências de fatores aleatórios o processo de tomada de decisão torna complexo, devido à dificuldade em correlacionar diferentes fatores, tais como: os fluxos de cargas nos setores de recepção e expedição, teor de umidade e impureza das cargas recebidas, e alternância dos períodos de colheita e tendências de mercado. Para tratar essas questões de forma adequada é recomendado o emprego da técnica de simulação por meio de computadores.

### **Simulação da Dinâmica de Unidades Armazenadoras**

O emprego da técnica de simulação trás benefícios como: (1) previsão de resultados mediante a execução de uma determinada ação, (2) redução de riscos na tomada de decisão, (3) identificação de problemas antes mesmo de suas ocorrências, (4) eliminação de procedimentos que não agregam valor, (5) identificação de gargalos em fluxogramas operacionais, e (6) revelação da integridade e viabilidade técnica e econômica de um projeto.



Diante das facilidades de uso da linguagem EXTEND™ e das potencialidades do uso da técnica de simulação, pesquisadores da UNIOESTE (Universidade Estadual do Oeste do Paraná) em parceria com a UFV (Universidade Federal de Viçosa) e a KSU (Kansas State University), criaram uma biblioteca denominada Grain Facility.

A biblioteca reúne mais de setenta blocos que permitem construir modelos computacionais de unidades existentes e a serem edificadas. Os blocos simulam cada um dos elementos da unidade. Estes modelos permitem simular a chegada de veículos a recepção, o arranjo das filas, uso da estruturas – moegas, silos e graneleiros, funcionamento da máquinas de limpeza e pré-limpeza, secadores, e transportadores. Assim é possível a obtenção de modelos como os apresentados nas Figuras 6 e 7.

Dos blocos podem ser selecionados dados de saída que permitem a elaboração de mais de 20 tipos de relatórios, tais como: (a) quantidades de produtos recebida e processada, (b) consumo mensal ou diário de lenha e energia elétrica para cada tipo de produto processado, (c) número de veículos atendidos e extensão das filas; e (d) índices de uso das edificações, exemplo moegas e células dos graneleiros. Os dados podem ser representados graficamente ou transferidos a uma planilha eletrônica como o Excel.

Como exemplo de aplicabilidade é apresentado na Figura 6 o modelo de uma das unidades da COAMO. Essa unidade recebe anualmente cerca de 74 mil toneladas de produto sendo: 14 mil t de milho, e 54 mil t de soja e 6 mil t. de trigo. A unidade possui quatro moegas, um graneleiro-pulmão com duas células, um graneleiro de 18 mil t com três células, três máquinas de pré-limpeza – 40 t/h, quatro máquinas de limpeza - 30 t/h, um secador de 80 t/h, cinco fitas transportadoras, sete elevadores de caçambas e dois transportadores de paletas.

### **Resultados da Simulação**

Com o uso do modelo foi simulado que cerca de 3,7 mil toneladas de água e 1,3 mil toneladas de impurezas foram removidas. Assim foram obtidas cerca de 69 mil t. de produto limpo. Dessas cerca de 53 mil t passaram pelo setor de armazenagem, e 16 mil t. foram expedidas diretamente.

A máxima ocupação do graneleiro foi com 14,5 mil toneladas de soja. O que ocorreu no mês de abril. As células 1, 2, e 3 do graneleiro foram ocupadas durante 10, 2 e 8 meses, respectivamente.

O consumo anual de lenha foi de 765 t. Especificamente, para secagem de milho, soja e trigo foram simulados os gastos de 386, 296 e 83 toneladas, respectivamente. Sendo que para cada tonelada de milho, soja e trigo secas foram gastos 27, 13 e 16 kg de lenha.



O consumo anual de energia elétrica simulado foi de 182 MWh, sendo 159 MWh no horário fora de pico e 23 MWh no horário de pico. Os maiores valores de demanda foram registrados para os meses de abril e maio com o valor de 266 kW. O consumo específico de energia elétrica foi 2,13; 1,2 e 1,4 kWh por tonelada de milho, soja e trigo processadas, respectivamente.

O secador de 80 t/h da unidade movimentou 37,4 mil t de milho, 31,3 mil t de soja e 8,9 mil t de trigo, isto para secar 12 mil t de milho, 23,0 mil t de soja e 5,0 mil t de trigo. Pois, produtos mais úmidos necessitam passar mais de uma vez pelo secador.

Além dessas informações outras são disponibilizadas pelo modelo. Cabe ao usuário selecionar as necessárias para fundamentar a sua tomada de decisão.

Devido a diversidade dos dados apresentados pelo modelo, estes podem ser utilizados para: (1) definir o tipo ideal de edificações, maquinários, secadores e transportadores; (2) conduzir estudos para verificar a eficiência do sistema; (3) detectar pontos de estrangulamento da unidade, (4) planejar o serviço de manutenção dos equipamentos, (5) otimizar o uso de energia elétrica e lenha; e (6) testar o impacto das diferentes formas de operação sobre o desempenho da unidade ou setores.

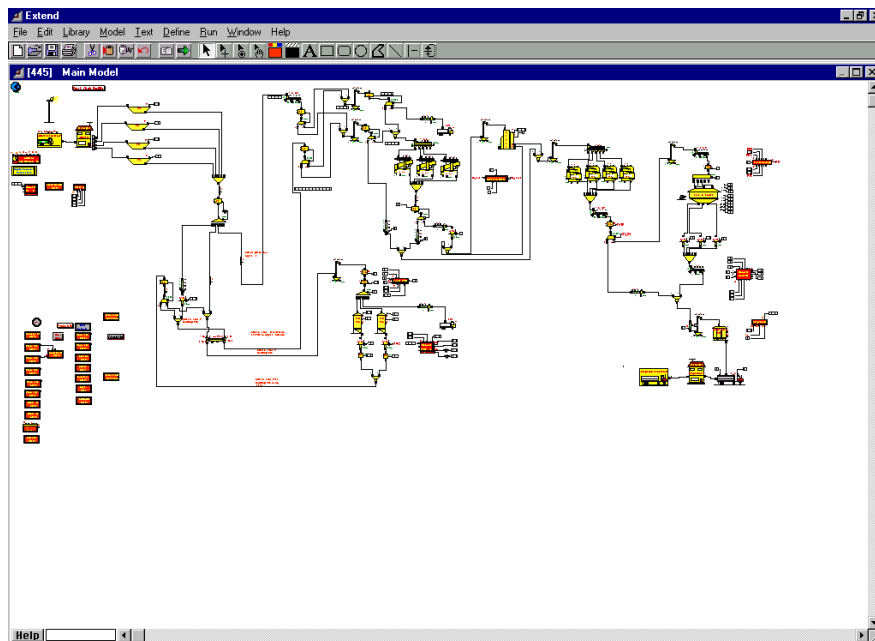


Figura 6 – Modelo computacional de uma das unidades armazenadoras da COAMO

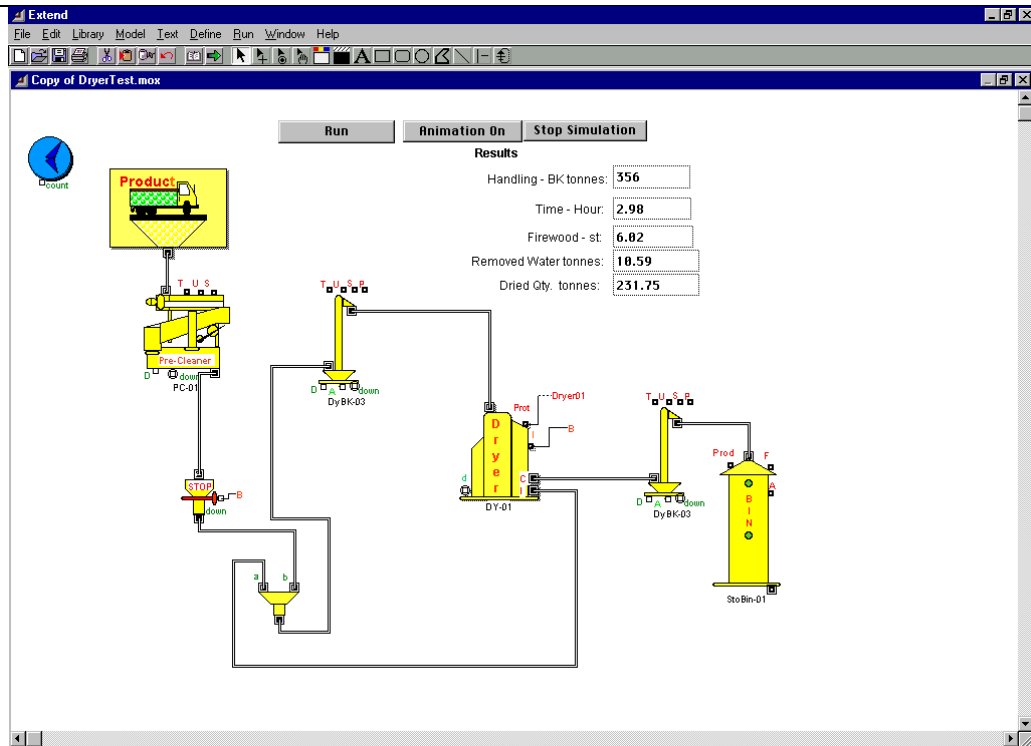


Figura 7 – Modelo para avaliação do sistema de secagem

## Referências

BROOKER, D. B., BAKKER ARKEMA, F. W., HALL, C. W. Drying Cereal Grains. The Avi Publishing Company, Inc. Westport: Connecticut. 1974. 256 p.

LOEWER, O. J., BRIDGES, T. C., BUCKLIN, R. A. *On-farm drying and storage systems*. ASAE Publication 9, American Society of Agricultural Engineers. 1974.

SILVA, J. S. [editor] *Pré-Processamento de Produtos Agrícolas*. Instituto Maria. Juiz de Fora. 1995. 509 p.

SILVA, L. C. *Stochastic Simulation of the Dynamic Behavior of Grain Storage Facilities*. Viçosa: UFV. (Tese Doutorado). 2002.

WEBER, E. A. *Armazenagem Agrícola*. Editora. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba: RS. 2001. 396 p.