

RICARDO CAETANO REZENDE

PROJETO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE
UNIDADES PRÉ-PROCESSADORAS E ARMAZENADORAS
DE GRÃOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do Título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

RICARDO CAETANO REZENDE

PROJETO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE
UNIDADES PRÉ-PROCESSADORAS E ARMAZENADORAS
DE GRÃOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do Título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 18 de junho de 2001.

Prof. Heleno do Nascimento Santos
(Conselheiro)

Prof. Daniel Marçal de Queiroz
(Conselheiro)

Prof. Carlos Antônio Moreira Leite

Prof. Adílio Flauzino Lacerda Filho

Prof. Juarez de Sousa e Silva
(Orientador)

“ Que descansada vida
a do que foge do mundano ruído
e segue a escondida
senda por onde têm ido
os poucos sábios que no mundo têm sido!
Que não lhe enturve o peito
dos soberbos grandes o estado,
nem do dourado teto
se admira, fabricado
do sábio mouro, sem jaspes sustentado!...”.

AGRADECIMENTO

Aos meus Pais, internos e físicos, pelo apoio seguro e constante, pela vigília incondicional e verdadeira, força protetora sem a qual seria impossível todo o aprendizado de vida.

À Cíntia Silva Minafra e Rezende, minha querida e companheira esposa, pelo apoio, estímulo e oportunidade de crescimento comum.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela oportunidade de realização e financiamento do curso.

Aos Departamentos de Engenharia Agrícola (DEA), Economia Rural (DER) e Informática (DPI) da UFV, pelo apoio material e didático.

Ao professor Juarez de Sousa e Silva, pela amizade e orientação, pelas valiosas críticas e sugestões e pelo exemplo profissional.

Aos professores Heleno do Nascimento Santos e Daniel Marçal de Queiroz, pelas idéias, sugestões e pelos conselhos.

Aos professores Francisco Armando da Costa e Carlos Antônio Moreira Leite, pelo apoio, incentivo e estímulo dedicado durante todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Adílio Flauzino Lacerda Filho, pelos ensinamentos, atenção e colaboração indispensáveis à realização deste trabalho.

À Universidade de Uberaba, parceira da UFV, pelo apoio físico, material e profissional, fundamentais às atividades de campo na região do Triângulo Mineiro, especialmente ao professor Márcio Augusto de Sousa Nogueira e sua equipe: Luís César, André e Silvana.

Ao colega Jeremias Lavajoli e equipe, Gerente da unidade de recebimento de grãos da CONAB em Uberaba, MG, pela prestatividade, colaboração e amizade.

Ao Sr. Márcio Ferreira, Chefe Comercial da CAROL, Sra. Leny Borges, Gerente do Atlas Armazéns Gerais e Sr. João Lucas, Gerente da CASEMG, unidades de recebimento de grãos localizadas em Uberaba, MG.

Aos colegas da área de Armazenamento, funcionários e amigos do Departamento de Engenharia Agrícola .

Nenhum trabalho se faz individualmente. Participação, colaboração, apoio, incentivo e amizade são requisitos indispensáveis ao sucesso de uma realização.

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

BIOGRAFIA

RICARDO CAETANO REZENDE, filho de Antolomista Martins de Rezende e Marlene Caetano Rezende, nasceu em Goiânia, GO, em 22 de maio de 1969.

Técnico em Agropecuária diplomado em dezembro de 1987 pela Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal, MG, da Universidade Federal de Viçosa - CEDAF/UFV, diplomou-se como Engenheiro Agrícola nesta Universidade, em agosto de 1993.

No período de setembro a maio de 1994, atuou nas áreas de Engenharia de Projetos e Administração Rural no norte do Estado de Goiás.

Em janeiro de 1995, concluiu o curso de Especialização em Administração Rural pela Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS.

Em setembro de 1996, concluiu o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola da UFV, na área de Processamento de Produtos Vegetais, iniciando, neste mesmo ano e área, o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola da UFV.

A partir de outubro de 1999, desenvolve atividades docentes e administrativas na Universidade Estadual de Goiás - UEG, na Universidade Católica de Goiás – UCG e na Sociedade Educacional Pré-Médico.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xv
RESUMO.....	xxi
ABSTRACT.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Armazenamento de grãos no Brasil.....	6
2.2. Princípios de projetos.....	9
2.3. Seleção do local da instalação.....	10
2.3.1. Sistema de Coordenadas.....	11
2.4. Sistemas de layouts.....	12
2.4.1. Layouts centralizados.....	12
2.4.2. Layouts circulares.....	14
2.5. Modelos computacionais.....	16
2.6. Análise econômica.....	26
2.6.1. Análise de investimento.....	27
2.6.2. Análise de renda e custo.....	28
2.6.3. Análise de custo.....	31
2.6.4. Inflação e planejamento.....	33

Página

2.6.5. Seleção de projetos de investimento.....	33
2.6.5.1. Critério para escolha entre projetos de investimento.....	34
2.6.5.2. Prazo da análise dos projetos.....	35
2.6.5.3. Análise Incremental.....	36
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.1. Variáveis e critérios de projeto.....	39
3.2. Parâmetros técnicos.....	41
3.2.1. Massas e descontos.....	41
3.2.2. Massas específicas.....	42
3.2.3. Fatores de correção.....	43
3.2.4. Capacidades dos equipamentos.....	46
3.2.4.1. Capacidade de projeto.....	46
3.2.4.2. Capacidade selecionada.....	55
3.2.5. Dimensionamento das moegas.....	57
3.2.6. Variáveis técnicas referenciais.....	62
3.2.7. Altura e comprimento dos transportadores.....	64
3.2.7.1. Elevadores de caçambas.....	64
3.2.7.2. Transportador helicoidal.....	66
3.2.8. Cálculos de projeto para sistemas circulares.....	68
3.3. Parâmetros econômicos.....	71
3.3.1. Estimativa de custo.....	71
3.3.2. Medidas para análise de investimento.....	77
3.3.3. Medidas para análise de renda e custo.....	78
3.3.4. Medidas para análise de custo.....	80
3.3.5. Procedimento da análise incremental.....	81
3.3.6. Variáveis econômicas referenciais.....	83
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	85
4.1. Dimensionamento técnico completo.....	87
4.2. Avaliação econômica.....	98
4.3. Dimensionamento de sistema circular.....	118
4.4. Validação teórica.....	121
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
APÊNDICE.....	139

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 - Estimativa de produção de grãos: safras 1998/99, 1999/00 e 2000/01.....	7
2 - Variação da capacidade estática cadastrada e credenciada no Brasil.....	7
3 - Coeficientes de rendimento de secadores, em função da umidade inicial dos grãos.....	45
4 - Valores obtidos para capacidades de equipamentos e desvios.....	58
5 - Quadro de funcionários sugerida para cada alternativa de projeto de investimento	76
6 - Variação média mensal do preço da saca de arroz, milho e soja no período de 1991-2000.....	79
7 - Resultados apresentados por SILVA & HOLLMANN (1998).....	123
8 - Comparação de projetos: Granel x Silva & Hollmann.....	125
9 - Comparação de projeto de uma unidade armazenadora na fazenda apresentado por WEBER (1999), e simulado por GRANDEL.....	126
1A - Valores correspondentes de umidade dos grãos e massa específica para o arroz.....	140
TABELA	Página

2A - Rendimentos das máquinas de pré-limpeza, R_{pl} , em relação ao teor de umidade dos grãos.....	140
3A - Rendimentos de secadores, R_s , em função dos teores de umidade inicial e final dos grãos.....	140
4A - Custo do balanço rodoviária em função de sua capacidade.....	141
5A - Custo do elevador de caçambas em função de sua capacidade.....	142
6A - Custo do transportador helicoidal portátil em função de sua capacidade.....	142
7A - Custo do transportador helicoidal fixo em função de sua capacidade.....	142
8A - Custo da máquina de pré-limpeza em função de sua capacidade..	143
9A - Custo do silo-pulmão, em função de seu volume.....	143
10A - Custo do secador, incluindo fomalha, em função de sua capacidade.....	143
11A - Custo do silo armazenador de fundo plano, incluindo espalhador de grãos e rosca varredoura, em função de seu volume.....	144
12A - Consumo de lenha pela fomalha em função da capacidade do secador.....	146

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 - Tela inicial do programa e seus 4 módulos.....	3
2 - Relação entre capacidade de recepção, investimento fixo, taxa interna de retorno e tempo de retorno do capital investido.....	4
3 - Percentual da capacidade instalada de armazenagem a granel no Brasil, nos Estados Unidos da América do Norte e Argentina.....	8
4 - Sistema de coordenadas usado na locação da instalação.....	12
5 - Instalação centralizada, sugerindo a via de acesso em torno da área de secagem. Fonte: MCKENZIE, 1976.....	13
6 - Típica configuração circular para armazenamento de grãos.....	15
7 - Configuração de descarga para um layout circular.....	16
8 - Vistas superior e lateral de uma moega circular.....	59
9 - Vistas superior, lateral e perspectiva de uma moega retangular simples, com espaço para elevador.....	59
10 - Vistas superior, lateral e perspectiva de uma moega retangular dupla, com espaço para elevador.....	60

FIGURA	Página
--------	--------

11 - Sistema de armazenamento centralizado, indicando algumas variáveis de projeto.....	63
12 - Sistema de armazenamento circular, com rosca ou elevador para descarga da moega, indicando algumas variáveis de projeto.....	64
13 - Especificações de projeto para layout circular de silos.....	68
14 - Tela inicial do aplicativo principal.....	85
15 - Menu principal.....	86
16 - Exemplo de um projeto completo, indicando as variáveis e os critérios iniciais.....	87
17 - Base técnica do projeto, incluindo critérios de otimização.....	88
18 - Condição inicial da tela de seleção de equipamentos.....	89
19 - Seleção da balança.....	89
20 - Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção da balança.....	90
21 - Condição inicial da tela de seleção de layout pré-processador.....	90
22 - Seleção do layout da unidade pré-processadora.....	91
23 - Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção do layout da unidade pré-processadora.....	92
24 - Determinação do tamanho da moega em função das capacidades de carga e descarga da mesma.....	92
25 - Seleção do elevador de caçambas.....	93
26 - Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção dos equipamentos da unidade pré-processadora.....	93
27 - Dados iniciais para o dimensionamento do layout centralizado....	94
28 - Seleção do layout da unidade armazenadora centralizada.....	95

FIGURA	Página
29 - Resultado da seleção de equipamentos para a unidade centralizada.....	95
30 - Resultado técnico da unidade centralizada.....	96
31 - Resultado da seleção de equipamentos para a unidade completa..	97
32 - Resultado técnico da unidade completa.....	97
33 - Informações econômicas 1 para avaliação dos projetos.....	98
34 - Composição do custo variável de produção para 1 ha de milho....	99
35 - Variação média mensal do preço da saca de milho.....	99
36 - Informações econômicas 2 para a avaliação dos projetos.....	100
37 - Alternativas de projetos de investimento.....	101
38 - Base teórica sobre as medidas econômicas.....	101
39 - Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S5.....	102
40 - Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S4.....	102
41 - Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S3.....	103
42 - Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S2.....	103
43 - Composição das despesas gerais referente ao projeto S5.....	104
44 - Composição das despesas gerais referente ao projeto S4.....	105
45 - Composição das despesas gerais referente ao projeto S3.....	105
46 - Composição das despesas gerais referente ao projeto S2.....	106
47 - Composição das despesas gerais referente ao projeto S1.....	106
48 - Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S5	107

49 - Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S4	107
--	-----

FIGURA	Página
--------	--------

50 - Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S3	108
--	-----

51 - Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S2	108
--	-----

52 - Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S1	109
--	-----

53 - Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S5.....	110
--	-----

54 - Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S4.....	110
--	-----

55 - Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S3.....	111
--	-----

56 - Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S2.....	111
--	-----

57 - Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S1.....	112
--	-----

58 - Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S5.....	113
--	-----

59 - Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S4.....	113
--	-----

60 - Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S3.....	114
--	-----

61 - Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S2.....	114
--	-----

62 - Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S1.....	115
--	-----

63 - Análise tabular das medidas econômicas dos 5 projetos alternativos.....	115
--	-----

64 - Análise gráfica das principais medidas econômicas dos 5 projetos alternativos.....	116
---	-----

65 - Análise incremental, apresentado a qualidade dos projetos.....	117
---	-----

66 - Dados iniciais para o dimensionamento do layout circular.....	119
--	-----

67 - Base técnica do projeto circular, incluindo critérios de otimiza-	
--	--

ção.....	119
68 - Seleção automática do silo para execução do projeto circular.....	120
69 - Determinação da capacidade da moega em função do tempo de retenção, para o sistema circular.....	120
FIGURA	Página
70 - Especificações de projeto para a implementação de sistema circular.....	121
71 - Variáveis e os critérios iniciais para comparação metodológica....	124
72 - Resultado técnico da unidade para comparação metodológica.....	124
73 - Variáveis e os critérios iniciais para unidade com 1 silo armazenador.....	127
74 - Resultado técnico da unidade com 1 silo armazenador.....	127
75 - Investimentos fixos em uma unidade com 1 silo armazenador.....	128
76 - Variáveis e os critérios iniciais para unidade com 3 silos armazenadores.....	128
77 - Resultado técnico da unidade com 3 silos armazenadores.....	129
78 - Investimentos fixos em uma unidade com 3 silos armazenadores.	129

LISTA DE SÍMBOLOS

$\sum S_n$	=	somatório dos saldos até o final do horizonte de planejamento, R\$
A	=	comprimento do arco entre silos contíguos, m
a'	=	inclinação mínima da rosca, °
b	=	inclinação do telhado do silo, °
C	=	circunferência do raio central, m
c	=	inclinação para descarga do elevador, °
C_1	=	custo da mão-de-obra, R\$.ano ⁻¹
C_2	=	custo da eletricidade, R\$.ano ⁻¹
C_3	=	custo da lenha, R\$.ano ⁻¹
C_4	=	custo de manutenção e conservação, R\$.ano ⁻¹
CCV	=	capacidade de carga do veículo, t
C_{elctr}	=	custo da eletricidade convencional, R\$
C_{elev}	=	custo do elevador de caçambas, R\$
C_{fat}	=	consumo durante o ciclo de faturamento, kWh
CFT	=	custo fixo total, R\$.ano ⁻¹

CL_{for}	=	consumo de lenha pela fomalha do secador, $m^3 \cdot h^{-1}$
CM	=	capacidade de projeto de um equipamento, $t \cdot h^{-1}$
C_m	=	comprimento da moega, m
CM_{bal}	=	capacidade mínima para balança, t
CM_{ls}	=	capacidade mínima para transportadores (produto limpo e seco), $t \cdot h^{-1}$
CM_{lu}	=	capacidade mínima para transportadores (produto limpo e úmido), $t \cdot h^{-1}$
CM_m	=	capacidade mínima da moega, m^3
CM_{pl}	=	capacidade mínima para máquina de pré-limpeza, $t \cdot h^{-1}$
C_{mpl}	=	comprimento da máquina de pré-limpeza, m
CM_{sec}	=	capacidade mínima para secador, $t \cdot h^{-1}$
CM_{silo}	=	capacidade mínima para silo armazenador, m^3
CM_{sp}	=	capacidade mínima para silo-pulmão, m^3
CM_{su}	=	capacidade mínima para transportadores (produto sujo e úmido), $t \cdot h^{-1}$
CO	=	custo de oportunidade do capital empatado, $R\$ \cdot ano^{-1}$
CO_{pT}	=	custo operacional total, $R\$ \cdot ano^{-1}$
C_{pl}	=	custo da máquina de pré-limpeza, R\$
CR	=	comprimento do transportador helicoidal portátil, m
CRF	=	comprimento da rosca fixa, m
CRF_{max}	=	comprimento máximo do transportador helicoidal fixo (catálogo), m
CR_{ls}'	=	comprimento mínimo da rosca, °
CR_{ls-d}	=	comprimento da rosca de descarga dos silos, m
CR_{lu-1}	=	comprimento do chupim 1 que transporta o produto limpo e úmido, m
CR_{lu-2}	=	comprimento do chupim 2 que transporta o produto limpo e úmido, m
CR_{max}	=	comprimento máximo do transportador helicoidal portátil (catálogo), m
C_{rodov}	=	custo da balança rodoviária, R\$
C_{rosca}	=	custo do transportador helicoidal fixo, R\$
CR_{su}	=	comprimento do chupim que transporta o produto sujo e úmido, m
CS	=	capacidade selecionada de um equipamento, $t \cdot h^{-1}$
CS_{bal}	=	capacidade selecionada da balança, t
C_{sec}	=	custo do secador, R\$
CS_{elev}	=	capacidade selecionada do elevador, $t \cdot h^{-1}$

C_{silo}	=	custo do silo armazenador, R\$
CS_m	=	capacidade selecionada da moega, m ³
C_{sp}	=	custo do silo-pulmão, R\$
CS_{pl}	=	capacidade selecionada da máquina de pré-limpeza, t.h ⁻¹
CS_{rosca}	=	capacidade selecionada do transportador helicoidal fixo, t.h ⁻¹
CS_{sec}	=	capacidade selecionada do secador, t.h ⁻¹
CS_{silo}	=	capacidade selecionada do silo armazenador, m ³
CS_{sp}	=	capacidade selecionada do silo-pulmão, t.h ⁻¹
CS_{THP}	=	capacidade selecionada do transportador helicoidal portátil, t.h ⁻¹
CT	=	custo total, R\$.ano ⁻¹
C_{THP}	=	custo do transportador helicoidal portátil, R\$
CVT	=	custo variável total, R\$.ano ⁻¹
d	=	ângulo de recebimento, °
D	=	diâmetro do silo armazenador, m
D_a	=	depreciação linear, R\$.ano ⁻¹
D_{cap}	=	desvio entre capacidades, %
D_{fat}	=	demanda faturável, kW
D_i	=	desconto no teor de impurezas, t
D_q	=	desconto sobre quebra técnica ou sobretaxa, t
D_{sp}	=	diâmetro do silo-pulmão, m
D_u	=	desconto sobre umidade, t
e	=	ângulo entre silos, °
E	=	espaço horizontal entre a rosca e a parede do silo, m
ER	=	estimativa de recebimento, t
F	=	fator de segurança de recebimento, %
FC_{as}	=	fator de correção para transportadores que precedem o secador, adimensional
FC_{ds}	=	fator de correção para transportadores que sucedem o secador, adimensional
FC_{pl}	=	fator de correção para a máquina de pré-limpeza, adimensional
G	=	distância da superfície até a cobertura do silo, m
H	=	altura de carga atual, m

H'	=	altura mínima de carga, m
h_2	=	altura da seção inferior da moega
H_{elev}	=	altura do elevador, m
H_{ls-1}	=	altura do elevador que transporta o produto limpo e seco, m
H_{ls-2}	=	altura de descarga para o elevador de caçambas, m
H_{lu-1}	=	altura do elevador que transporta o produto limpo e úmido, m
H_{lu-2}	=	altura do elevador que transporta produto do silo-pulmão ao secador, m
H_m	=	altura total da moega, m
H_{pl}	=	altura da máquina de pré-limpeza, m
H_{sec}	=	altura do secador, m
H_{silo}	=	altura do silo armazenador, m
H_{sp}	=	altura do silo-pulmão, m
H_{su}	=	altura do elevador que transporta o produto sujo e úmido, m
i	=	inclinação máxima, °
I	=	investimento inicial, R\$
JP	=	jornada de pré-processamento, h.dia ⁻¹
JR	=	jornada de recebimento, h.dia ⁻¹
L_m	=	largura da moega, m
L_{sec}	=	largura do secador, m
MBT	=	margem bruta total, R\$.ano ⁻¹
ME	=	massa específica do produto, kg.m ⁻³
ME_f	=	massa específica final, kg.m ⁻³
ME_{fa}	=	massa específica final do arroz, kg.m ⁻³
ME_{fm}	=	massa específica final do milho, kg.m ⁻³
ME_{fs}	=	massa específica final da soja, kg.m ⁻³
ME_i	=	massa específica inicial, kg.m ⁻³
ME_{ia}	=	massa específica inicial do arroz, kg.m ⁻³
ME_{im}	=	massa específica inicial do milho, kg.m ⁻³
ME_{is}	=	massa específica inicial da soja, kg.m ⁻³
ME_{ref}	=	massa específica de referência, kg.m ⁻³
M_{ls}	=	massa do produto limpo e seco, t

M_{lsa}	=	massa do produto limpo e seco após armazenagem, t
M_{lu}	=	massa do produto limpo e úmido, t
M_{su}	=	massa do produto sujo e úmido, t
n	=	horizonte de planejamento, anos
N	=	número de silos admissíveis, adimensional
NS	=	número de silos, adimensional
P	=	distância entre moega e silo, m
P_1	=	custo variável de produção, R\$.sc ⁻¹
P_2	=	preço do produto no final do armazenamento, R\$.sc ⁻¹
P_c	=	comprimento da corda, m
PMV	=	peso médio do veículo, t
PR	=	período de recebimento, dias
QT	=	quebra técnica, % a.m.
R	=	raio central do sistema, m
RBT	=	renda bruta total da pós-colheita, R\$.ano ⁻¹
$RLOp$	=	renda líquida operacional, R\$.ano ⁻¹
RLT	=	renda líquida total, R\$.ano ⁻¹
r_m	=	raio central da moega, m
R_n	=	receita nominal, R\$.ano ⁻¹
RRC	=	relação receita-custo, adimensional
$SPPA$	=	sistemas pré-processadores e armazenadores de grãos
S_n	=	saldo financeiro no ano n , R\$
T	=	espaço livre vertical entre a rosca e o topo do silo, m
TA	=	tempo de armazenagem, meses
T_{cons}	=	tarifa de consumo, R\$.kWh ⁻¹
TD	=	tempo de descarga do veículo, min
T_{dem}	=	tarifa de demanda, R\$.kWh ⁻¹
TI	=	teor de impurezas, %
TIR	=	taxa interna de retorno, % a.a
$TRCI$	=	tempo de retorno do capital investido, anos
T_x	=	taxa anual de juros, decimal

t_x	=	taxa mensal de juros, decimal
U	=	largura de descarga, m
U_f	=	umidade dos grãos após a secagem, % bu
U_i	=	umidade dos grãos na recepção, % bu
V_{fc}	=	valor final do capital, R\$
V_{ic}	=	valor inicial do capital, R\$
VPL	=	valor presente, R\$

RESUMO

REZENDE, Ricardo Caetano, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001. **Projeto e avaliação econômica de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos**. Orientador: Juarez de Sousa e Silva. Conselheiros: Daniel Marçal de Queiroz e Heleno do Nascimento Santos.

Desenvolveu-se uma metodologia voltada para projeto e avaliação econômica de sistemas pré-processadores e armazenadores de grãos (SPPA), na fazenda, com os seguintes objetivos: *(a)* identificação de novos critérios de projeto; *(b)* individualização dos sistemas de pré-processamento e armazenamento; *(c)* implementação de layouts centralizados e circulares; *(d)* implementação de banco de dados para seleção automática de máquinas e equipamentos; *(e)* agregação da renda entre custo de produção e preço de venda; *(f)* avaliação econômica e a tomada de decisão sobre diferentes alternativas de projetos de investimento; e *(g)* estruturação de sub-rotinas na forma de softwares individuais e interdependentes. Como resultados, obteve-se um software que integra 17 aplicativos, utilizando-se o software Quattro Pro[®] for Windows[®], versão 6.0, para a programação de todas sub-rotinas. Cerca de 12.000 tipos distintos de projetos podem ser elaborados, para diferentes graus de automação e tipos de expansão. Dezenas de novos critérios para projeto foram implementados,

possibilitando grande flexibilidade ao sistema. O banco de dados, que é automaticamente acessado para a seleção das máquinas e equipamentos, foi individualmente estruturado. Quanto à análise econômica, 5 diferentes alternativas de projetos de investimentos são apresentadas, de acordo com o custo de produção e o tempo de armazenamento desejado, sendo a tomada de decisão realizada pela análise incremental dos fluxos de caixa (projetos mutuamente excludentes). O software possibilita ainda que sistemas implantados possam ser avaliados quanto aos fundamentos técnicos e econômicos, atuando como padrão comparativo para reestruturações. Módulos independentes para seleção de balanças rodoviárias, custo de produção, simulação de secagem em baixas temperaturas e quantificação das propriedades do ar foram desenvolvidos, bem como a geração de novas equações para capacidades de equipamentos, fatores de correção, custos, entre outras. Como conclusões principais, pode-se afirmar que a metodologia desenvolvida permite um dimensionamento técnico criterioso e otimizado para SPPA, apresentando resultados reais e objetivos; a melhor tomada de decisão entre diferentes alternativas é apresentada segundo critérios econômicos; e quando tecnicamente projetada, adequadamente avaliada e bem manejada, a alocação de recursos em uma unidade pré-processadora e armazenadora de grãos na fazenda constitui um investimento rentável.

ABSTRACT

REZENDE, Ricardo Caetano, D.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2001.
Design and economical evaluation of grain pre-processing and storage facilities. Adviser: Juarez de Sousa e Silva. Committee members: Daniel Marçal de Queiroz and Heleno do Nascimento Santos.

A methodology was developed concerning to the project and economical evaluation of the pre-processing and storage systems for grains (SPPA), in farm aiming at: (s) identification of new project criteria; (b) individualization of the pre-processing and storage systems; (c) implementation of circular and centralized layouts; (d) database implementation for automatic selection of machines and equipments; (e) income aggregation between the cost of production and selling price; (f) economical evaluation and the decision making to different alternatives of investment projects; and (g) structuration of sub-routines under form of individual and interdependent softwares. As a result, an software integrating 17 applications was obtained by using the software Quattro Pro ® for Windows, version 6.0 for programming all sub-routines. About 12.000 different types of projects might be elaborated for different automation grades and expansion types. Dozens new project criteria were implemented, so turning possible a large flexibility to the system. The database that is automatically

accessed for selection of the machines and equipments was individually structured. In relation to the economical analysis, 5 different alternatives for investment projects are presented according to the cost of production and the desired storage time, while the decision making was accomplished by the incremental analysis of the cash flows (mutually excluding projects). The developed software also turns possible to the implanted systems to be appraised in relation to the technical and economical bases, while acting as comparative pattern for restructurations. Independent modules for selection of load balance, cost of production, drying simulation at low temperatures and quantification of the air properties were developed, as well as the generation of new equations for equipment capacities, correction factors, costs, among others. As main conclusions, it may be mentioned that the developed methodology allows for a judicious technical dimensioning optimized for SPPA and presenting real and objective results, where as the best decision making among different alternatives is presented according to economical criteria. When technically projected, appropriately evaluated and well managed, the resource allocations in a grain pre-processing and storage unit in constitutes a profitable investment.

1. INTRODUÇÃO

O armazenamento em fazendas constitui prática de suma importância, tanto para complementar a estrutura armazenadora urbana quanto para minimizar as perdas a que estão sujeitos os produtos colhidos. Sabe-se, no Brasil, que essas perdas chegam a 30% ou mais, ocasionadas pelo ataque de pragas, uso de instalações inadequadas e falta de conhecimentos técnicos.

O atual sistema de escoamento da safra brasileira prejudica o sistema de armazenagem, em razão da estrutura precária dos sistemas de transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário. Esta situação onera, principalmente, o produtor que comercializa seu produto, na maioria das vezes, a preços inferiores ao de custo de produção.

No Brasil, graças à acentuada estacionalidade de preços durante o ano agrícola, à carência de infra-estrutura e serviços de comercialização, aos riscos a que estão sujeitos os produtores e à premência dos compromissos financeiros assumidos, os produtores se vêem obrigados a vender sua produção ao intermediário ou à indústria, na fase da colheita. Em consequência, obtêm preços mais baixos e maior consumo durante a safra, levando à escassez nos meses de entressafra. Este comportamento de mercado proporciona incrementos de preços para os consumidores durante a entressafra, em comparação aos praticados na safra (CYPRIANO, 1988).

Analisando este comportamento, é possível evidenciar a lucratividade potencial da atividade de retenção da produção durante a safra e a venda durante a entressafra.

As propriedades agrícolas brasileiras apresentam inúmeras diferenças entre si tanto em relação aos aspectos tecnológicos, área, produção, produtividade e diversidade de produtos quanto em quantidade ou fração da produção que é retida na fazenda. Daí a necessidade de estudos específicos, antes de definir o tipo de unidade armazenadora mais adequada.

Uma unidade armazenadora, tecnicamente projetada e convenientemente localizada, constitui uma das alternativas para aumentar o retorno econômico dos sistemas produtivos de grãos.

A simulação matemática é um importante instrumento de análise de sistemas, por representar um processo físico com maior rapidez e menor custo que a experimentação do mesmo. Sendo o computador o elemento fundamental para a resolução das equações de simulação, o uso de um software “especialista” poderá permitir o planejamento do sistema de pré-processamento e armazenamento de grãos, através da programação eficiente da produção, finalidade e época de colheita do produto, capacidades estática e dinâmica e otimização econômica do sistema fornecendo o custo e a viabilidade desse sistema.

REZENDE (1997) desenvolveu uma metodologia voltada ao dimensionamento de sistemas de pré-processamento e armazenamento de grãos, à seleção de máquinas e equipamentos e à análise econômica dos sistemas dimensionados. O milho foi tomado como produto-padrão para desenvolver os subsistemas citados, considerando layout de unidades pré-processadoras e armazenadoras com capacidade de recebimento entre 500 e 6.000 t do produto úmido e sujo.

Como produto final, obteve-se um modelo computacional em que a programação de todas as sub-rotinas utilizadas foi realizada no software Quattro Pro[®] para Windows[®], versão 6.0, por meio de “macros” (Figura 1). O modelo inclui um banco de dados que, após o dimensionamento da unidade, é

automaticamente acessado para seleção de máquinas e equipamentos necessários ao fluxograma. Também foi desenvolvido um módulo complementar e independente para a determinação das propriedades do ar ambiente e do de secagem. Gerou-se equações para estimar rendimento, custo, cadência, altura e comprimento, dentre outras.



Figura 1 - Tela inicial do programa e seus 4 módulos.

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- o modelo computacional simulou, com lógica, o dimensionamento e a análise econômica, apresentando resultados reais e objetivos;
- o fluxograma considerado demonstrou que, após várias simulações e avaliações de rentabilidade, tornou-se economicamente viável para dimensionamento superior à capacidade igual a 1.000 t (Figura 2); e
- a alocação de recursos em uma unidade pré-processadora de grãos na fazenda, quando tecnicamente projetada, avaliada e manejada adequadamente, constitui investimento de alta rentabilidade para o agricultor e, ou, empresa agrícola, apesar do elevado custo de implantação.

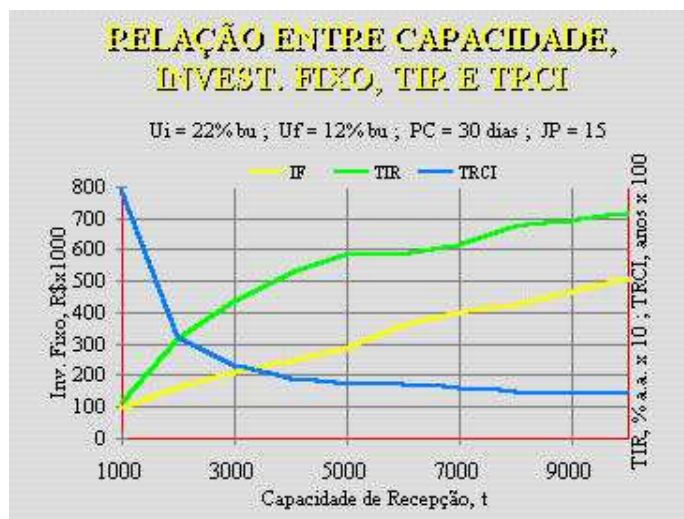


Figura 2 - Relação entre capacidade de recepção, investimento fixo, taxa interna de retorno e tempo de retorno do capital investido.

Entretanto, verificou-se a necessidade de aprimoramento no modelo como:

- dimensionamentos realizados para fluxogramas centralizados em linha impossibilitando modificação ou expansão;
- informações sobre máquinas e equipamentos produzidos no mercado nacional eram incompletas, tanto em relação às características técnicas como, e principalmente, ao custo de aquisição. Dados inexistentes eram estimados por equações que fornecem aproximação plausível para que os resultados sejam consistentes, podendo, em alguns casos, apresentar desvios em relação ao valor real;
- o banco de dados com estas informações não admitia alterações ou modificações. Por exemplo, o custo dos equipamentos considerados tinha como base a época de julho/96 e necessitam ser atualizados, mas o modelo atual não permite correções;
- considerou-se como renda do pré-processamento e armazenagem o diferencial entre o preço de entressafra e o preço de safra capitalizado até o período da venda do produto. Este procedimento, embora identificasse criteriosamente o retorno bruto em valor real atribuído à

implantação do sistema na fazenda, não agregavam a renda (positiva ou negativa) entre o custo de produção e preço de venda, impossibilitando comparações entre alternativas de investimentos; e

- verificou-se que o modelo apresentava grande potencial prático, tanto para a realização de avaliações específicas como para a implementação de projetos de expansão e de racionalização em unidades pré-processadoras de grãos já implantadas.

Devido a necessidade de dimensionar, planejar, otimizar, racionalizar e de obter sistemas energeticamente mais eficientes, este trabalho tem por objetivo básico transformar o modelo computacional desenvolvido por REZENDE (1997), alterando a estrutura existente nos seguintes pontos:

- identificar novos critérios de projeto, acompanhando atividades em unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos;
- individualizar o sistema de pré-processamento e armazenamento, aumentando a flexibilidade para a elaboração e avaliação de projetos;
- desenvolver e implementar um banco de fluxogramas para layouts centralizados e circulares, atentando para alternativas de expansão e níveis de automação, utilizando arroz, milho e soja como exemplos;
- ampliar banco de dados para seleção automática de máquinas e equipamentos, baseado no fabricante, implementando opções de busca, inclusão, exclusão, modificação e atualização de informações necessária aos diferentes subsistemas;
- agregar a renda entre custo de produção e preço de venda, possibilitando comparações entre alternativas de investimentos;
- elaborar metodologia que contemple a avaliação econômica e a tomada de decisão sobre três alternativas de projetos de investimento, no mínimo, assumindo como referência a ausência de investimento;
- reestruturar todas as sub-rotinas na forma de softwares individuais e interdependentes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Armazenamento de grãos no Brasil

O Brasil tem capacidade para armazenar aproximadamente 90 milhões de toneladas de grãos, valor 5% menor que a produção brasileira de grãos. A Companhia Nacional de Abastecimento estima, para a safra 2000/2001, 94,3 milhões de toneladas (Tabelas 1 e 2).

Entretanto, dos armazéns existentes, quase a metade é do tipo convencional e, destes, aproximadamente 70% encontram-se abaixo do padrão técnico exigido para a conservação de produtos agrícolas (SILVA, 2000).

A estrutura brasileira de armazenagem de grãos apresenta-se distribuída da seguinte forma: 5% nas propriedades agrícolas, 88% em unidades coletoras (cooperativas, armazéns, indústrias, armazéns gerais e comércios), 2% em unidades intermediárias (terminais intermodais) e 5% em unidades terminais (portos, indústrias e comércios).

Segundo SILVA (1995), a armazenagem nos países desenvolvidos iniciou na fazenda e evoluiu para sistemas coletores, intermediários e terminais. No Brasil ocorreu o contrário, pois a estrutura de armazenagem evoluiu dos sistemas terminais e intermediários para os coletores, geralmente representados pelas cooperativas, resultando em atividade tipicamente urbana.

Tabela 1 – Estimativa de produção de grãos: safras 1998/99, 1999/00 e 2000/01

CULTURA	SAFRA			VARIÇÃO, %	
	98/99 (a)	99/00 (b)	00/01 (c)	(c/a)	(c/b)
Caroço de Algodão	923,8	1.187,4	1.424,1	54,2	19,9
Amendoim Total	172,4	171,6	196,0	13,7	14,2
Amendoim 1ª Safra	138,2	146,5	167,7	21,3	14,5
Amendoim 2ª Safra	34,2	25,1	28,3	-17,3	12,7
Arroz	11.582,2	11.423,1	10.905,5	-5,8	-4,5
Aveia	286,9	194,1	194,1	-32,3	0,0
Centeio	8,0	6,8	6,8	-15,0	0,0
Cevada	314,8	319,3	319,3	1,4	0,0
Feijão Total	2.895,7	3.098,0	2.909,6	0,5	-6,1
Feijão 1ª Safra	1.246,9	1.412,4	1.162,5	-6,8	-17,7
Feijão 2ª Safra	1.354,0	1.455,5	1.517,1	12,0	4,2
Feijão 3ª Safra	294,8	230,1	230,0	-22,0	0,0
Girassol	49,0	97,4	97,4	98,8	0,0
Mamona	31,1	107,4	99,9	221,2	-7,0
Milho Total	32.393,4	31.640,5	38.492,8	18,8	21,7
Milho 1ª Safra	26.742,0	27.715,3	34.567,6	29,3	24,7
Milho 2ª Safra	5.651,4	3.925,2	3.925,2	-30,5	0,0
Soja	30.765,0	32.344,6	35.972,3	16,9	11,2
Sorgo	612,8	781,4	877,1	43,1	12,2
Trigo	2.402,8	1.658,4	2.764,3	15,0	66,7
BRASIL	82.437,9	83.030,0	94.259,2	14,3	13,5

Fonte: CONAB, 2001

Tabela 2 – Variação da capacidade estática cadastrada e credenciada no Brasil

Ano	Unidades Armazenadoras			
	Cadastradas		Credenciadas	
	Nº de U.A.	Cap. estática, t	Nº de U.A.	Cap. estática, t
1992	10.324	68.711.507	6.705	50.394.272
1993	11.711	71.547.891	3.102	24.626.998
1994	14.054	90.445.585	5.401	37.014.859
1995	15.200	88.989.066	7.833	53.041.994
1996	15.186	89.011.456	6.982	48.440.400
1997	15.206	89.715.510	6.793	47.316.992
1998	15.199	90.247.390	6.727	47.593.872

Fonte: CONAB, 2000

Para ilustrar esta situação, e apesar dos esforços realizados, o sistema brasileiro de abastecimento demonstra fragilidade e inadequação (Figura 3). Nos Estados Unidos da América do Norte, 50% da capacidade total de armazenagem está localizada na fazenda e outros 30% em unidades coletoras; na Argentina, estes índices correspondem a 35% e 25%, respectivamente (MARA, 1993).

Apesar da expressiva produção de grãos, a rede armazenadora brasileira é extremamente deficiente tanto em relação à sua distribuição espacial quanto à modalidade de manuseio da produção agrícola.

O crescimento da produção brasileira de grãos nos últimos anos é um indicador da necessidade de formular e efetivar uma política de armazenagem que proporcione ao setor condições de crescimento e modernização compatíveis às alcançadas pela economia agrícola nacional (SILVA, 2000).



Figura 3 – Percentual da capacidade instalada de armazenagem a granel no Brasil, nos Estados Unidos da América do Norte e Argentina.

Assim, existe a necessidade de ampliar de modo considerável o número de unidades armazenadoras que atendam os padrões técnicos de armazenagem. Além disso, é preciso modernizar, recuperar ou construir novas unidades armazenadoras nas regiões carentes. Como a política do governo visa manter apenas uma rede para a armazenagem estratégica, a ampliação da rede brasileira de armazenagem fica a cargo da iniciativa privada (SILVA, 2000).

2.2. Princípios de projetos

A construção de uma unidade pré-processadora e armazenadora de grãos na fazenda provavelmente será um dos mais altos investimentos que o empresário rural deverá fazer. Por este motivo, torna-se muito importante que o sistema seja completa e rigorosamente planejado. O mau dimensionamento ou a locação indevida dos silos e demais equipamentos pode necessitar de altos recursos em sua remodelagem ou modificação quando a instalação necessita ser expandida ou quando equipamentos adicionais são desejados (LOEWER et al., 1994).

Embora existam muitas recomendações que devem ser seguidas quando projetamos uma instalação de pré-processamento e armazenamento de grãos, existem dois princípios que devem ser aplicados se a instalação é para ser utilizada de forma eficiente, conveniente e otimizada. Estes princípios são:

- 1º - *Princípio circuito fechado*: possibilita a saída ou retorno do produto em um ponto específico do sistema. Admite descarregar ou receber grãos em um mesmo local. Isto permite movimentar grãos de um silo para outro ou retorná-lo para o mesmo silo, se desejado. Qualquer silo que não possa ser descarregado ou carregado facilmente não deve ser incluído na instalação (LOEWER et al., 1994).
- 2º - *Princípio de expansão*: o sistema deverá ter o potencial de expansão facilitado ao dobro da capacidade original de instalação, sem violar o 1º princípio. Admite uma área adicional para a armazenagem de forma a necessitar de um mínimo de equipamentos de transporte. Deve ser observado que a melhor locação de um silo na instalação inicial deve permitir caminhos de expansão para novos silos serem acrescentados. Este princípio admite instalações armazenadoras de grãos que crescem com a atividade da propriedade (LOEWER et al., 1994).

2.3. Seleção do local da instalação

Segundo VALLE (1975), a análise dos fatores que permitem definir a melhor localização para uma indústria tem levado os estudiosos do assunto à formulação de teorias capazes de quantificar as diversas influências do espaço geográfico sobre as atividades econômicas.

Conforme HOLLANDA (1983), a localização ótima de uma indústria é aquela que assegura maior diferença entre custos e benefícios, privados ou sociais, ou a que permite maior taxa de rentabilidade. Esse conceito de máxima rentabilidade também deve ser considerado no setor de armazenamento, como, por exemplo, na localização econômica de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos.

WEBER (1962), estabeleceu a localização mais adequada para as indústrias com base em três fatores gerais, a saber: custo de transporte, mão-de-obra e forças de aglomeração (forças que induzem a indústria a concentrar-se numa zona limitada). Afirmou, ainda, que, com relação ao custo de transporte, se os materiais perdem peso durante o processo de elaboração ou transformação em produtos, os centros de produção têm de estar no lugar de origem da matéria-prima e, se o produto aumenta de peso durante a conversão, os centros de produção têm de estar próximos do mercado consumidor.

Para ISARD (1956), na maior parte dos casos, a localização de uma indústria depende, basicamente, dos custos de transporte de matéria-prima e dos produtos acabados, assim como dos custos de produção. Em se tratando de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos, a localização será influenciada pelos custos de transporte e distribuição da produção, sendo os custos de produção substituídos pelo custo da permanência dos produtos nos armazéns, ou seja, o custo da armazenagem.

O problema da localização resume-se, freqüentemente, em saber se a indústria (no caso os armazéns) deve estar localizada em posição mais próxima do mercado consumidor ou deve estar próxima das áreas de produção.

CRUZ (1990), estudou a determinação da localização eficiente e as dimensões ótimas das unidades armazenadoras para instalação no Estado de Minas Gerais, visando minimização conjunta de custos de transporte e instalação de novas unidades. Concluiu que a solução mais econômica, quando se busca a minimização de custos totais conjuntos de transporte e investimento, está na instalação de maior número de unidades com menor capacidade estática, em virtude da não-ocorrência de economias de escala no transporte da produção.

OLIVEIRA (1987), utilizou-se de um algoritmo de programação linear inteira mista para determinar a localização e as dimensões ótimas de unidades armazenadoras comunitárias, por meio da minimização de custos conjuntos de transporte e armazenagem.

Outros fatores de relevância são (LOEWER et al., 1994):

- a) área preferencialmente plana, com drenagem adequada;
- b) disponibilidade de água, combustível, eletricidade e estrada todo o ano;
- c) capacidade para manobrar e estacionar caminhões e carretas próximos aos pontos de carga/descarga e de transporte;
- d) disposição relativa das residências (devido ao ruído, pó e segurança); e
- e) segurança física dos grãos armazenados.

2.3.1. Sistema de Coordenadas

O local deve ser dividido em quadrantes com a finalidade de locação e planificação dos componentes do sistema. Basicamente, faz-se uma rede no local com um ponto central (ou origem) servindo como uma referência para todos os componentes do sistema. Em geral, o ponto central pode ser situado próximo do ponto onde o produto será recebido (descarregado). Traçam-se duas perpendiculares sobre este ponto onde, de acordo com a referência, a linha horizontal é denominada eixo 'x' e a linha vertical eixo 'y' (Figura 4; LOEWER et al., 1994).

Uma terceira dimensão poderá ser adotada, referida como eixo 'z', sendo esta nova coordenada perpendicular a ambos os eixos 'x' e 'y'. Valores positivos

de 'z' encontram-se acima e perpendicular ao nível do terreno, enquanto valores negativos de 'z' referem-se a pontos situados abaixo do ponto central. Se 'z' = 0, seu plano coincide como o plano do ponto central. Esta dimensão é usada para referenciar pontos que estão elevados no terreno como, por exemplo, o ponto de carga de grãos de um silo. Este sistema de coordenada é conhecido como Coordenadas Cartesianas. Se apenas valores de 'x' e 'y' são usados, o sistema é muitas vezes chamado de Coordenadas Retangulares (LOEWER et al., 1994).

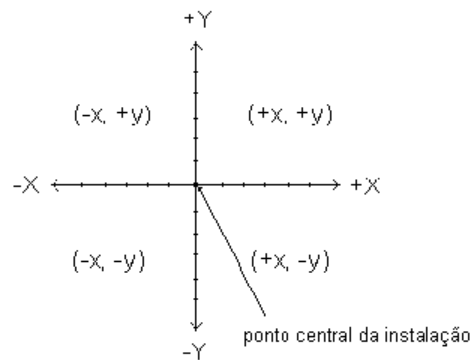


Figura 4 – Sistema de coordenadas usado na locação da instalação.

2.4. Sistemas de layouts

Existem dois esquemas básicos comumente usados em projetos de instalações armazenadoras de grãos: *sistemas centralizados* e *sistemas circulares*, ambos com suas vantagens e desvantagens.

2.4.1. Layouts centralizados

Layouts centralizados (Figura 5), ou em linha, são muito populares por apresentarem as seguintes vantagens (LOEWER et al., 1994):

- a) flexibilidade: a instalação é facilmente adaptada para comportar qualquer número de silos e métodos de secagem;

- b) capacidade de expansão: silos de diferentes tamanhos podem ser facilmente acrescentados ao sistema. Uma expansão ordenada pode ocorrer com duplicação mínima dos equipamentos de transporte já existentes; e
- c) baixa necessidade de manutenção e de operadores, devido à elevada mecanização do sistema e facilidade de transporte de grãos que podem ser retornados ou descarregados em um ponto qualquer.

Entretanto, possui as seguintes desvantagens:

- a) é o sistema que requer maior habilidade em sua construção; e
- b) elevado investimento inicial pode ser necessário para os equipamentos de transporte.

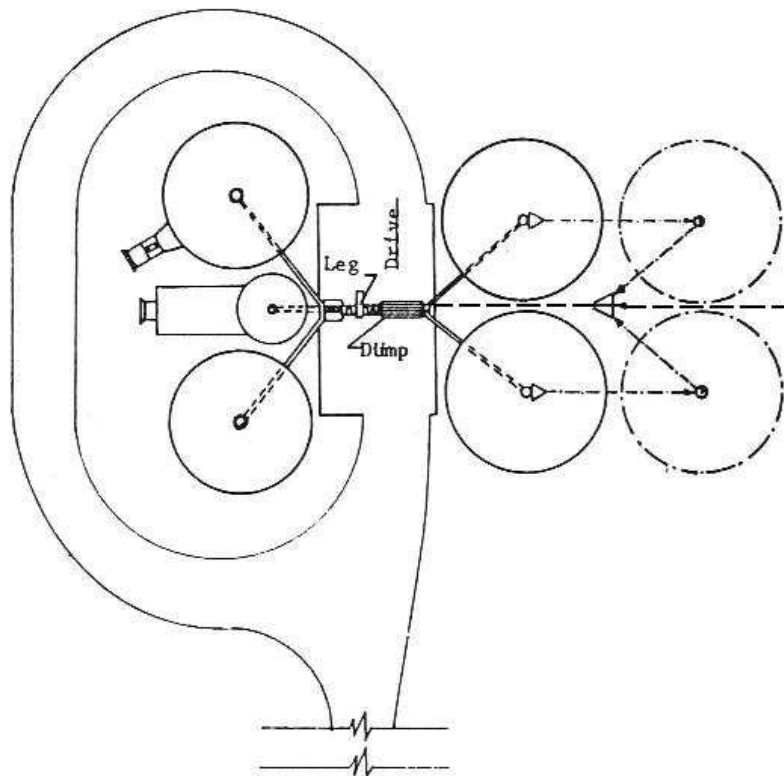


Figura 5 – Instalação centralizada, sugerindo a via de acesso em torno da área de secagem. Fonte: MCKENZIE, 1976

2.4.2. Layouts circulares

Uma configuração pouco comum no Brasil, mas popular nos EUA, para uma instalação de armazenagem de grãos é o layout circular (Figura 6).

Apresenta grande eficiência com o uso de transportadores portáteis.

Entretanto, como desvantagens (LOEWER et al., 1994):

- a) a expansão da instalação é mais difícil do que o layout centralizado, necessitando que todos os silos dentro do círculo sejam do mesmo tamanho para melhor eficiência;
- b) a expansão do círculo inicial pode requerer dois estágios de roscas transportadoras;
- c) a entrada de veículos deve ter um retorno dentro da área de recebimento para descarga; e
- d) se um elevador de caçambas for utilizado, isto geralmente trará uma maior dificuldade se comparado com o layout centralizado.

Neste sentido, é essencial que o projeto inicial considere estes fatores se o sistema é para funcionar eficientemente.

Em layouts circulares, é extremamente importante que as especificações básicas sejam prévia e cuidadosamente determinadas para que a construção obtenha uma ótima eficiência. As prioridades atribuídas aos critérios do projeto, tais como, capacidade do sistema (presente e futura), área do terreno ou distribuição dos transportadores considerados (rosca ou elevador de caçambas) deverão ser definidas pelo projetista, já que estes fatores interagem entre si. Por exemplo, a potência requerida para a rosca diminui desproporcionalmente com a diminuição de sua altura de elevação, considerando constantes os outros fatores. Além disso, o comprimento da rosca necessário para alcançar o alto de um silo pode ser influenciado pela altura da cobertura do mesmo como também pela sua altura total. Desta forma, é insuficiente basear o projeto apenas sobre a área mínima necessária para a alocação dos silos (LOEWER et al., 1994).

São recomendados os seguintes critérios para o projeto de um eficiente sistema circular:

- 1) todos os silos deverão ter o mesmo tamanho;
- 2) todos os silos poderão ser enchidos por um transportador portátil, estendido diretamente da moega central;
- 3) a rosca de descarga de cada silo deverá ser direcionada para um ponto que possa alimentar diretamente um segundo transportador portátil, retornando os grãos para a área central de recebimento.

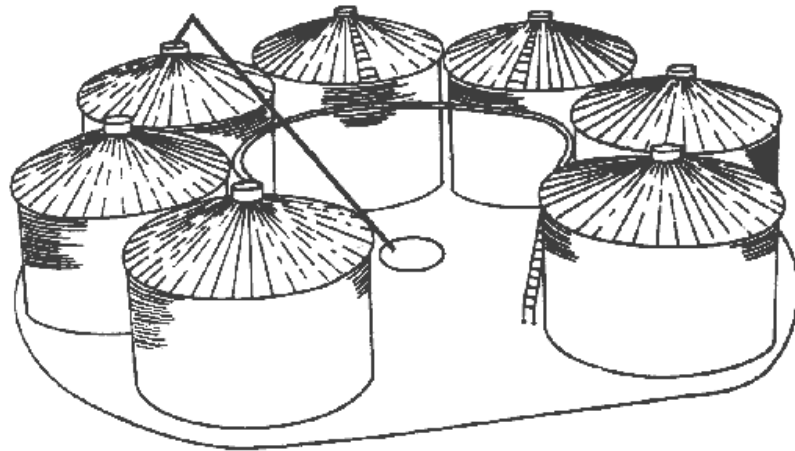


Figura 6 – Típica configuração circular para armazenamento de grãos.

Este último critério permite que os grãos que são descarregados na moega possam ser colocados diretamente em veículos ou em outros silos armazenadores.

Roscas que descarregam silos geralmente são projetadas para alcançar diretamente o ponto de recebimento central (Figura 7), ou podem ser colocadas de forma que dois silos sejam descarregados, alimentando uma rosca de recebimento portátil ao mesmo tempo. A taxa de descarga ou a redução no tempo de recebimento deve ser modificada quando há dupla descarga simultânea (LOEWER et al., 1994).

Devido à importância destas considerações, os seguintes itens devem ser especificados antes de se projetar o espaço requerido para o layout circular:

1. Capacidade presente ou futura, determinada pelo número máximo de silos de um dado diâmetro que podem ser construídos no círculo;
2. Altura da cobertura e sua inclinação;
3. Geometria dos transportadores como comprimentos, espaços livres e ângulos; e
4. Largura da área de recebimento para a entrada de veículos.

Todos os fatores acima influenciam o raio central da instalação. Este raio central é definido como a distância entre os centros da moega e dos silos e é uma dimensão básica em um layout circular. É essencial que o projetista especifique sob qual geometria de rosca estabelecerá o raio central e vice-versa.

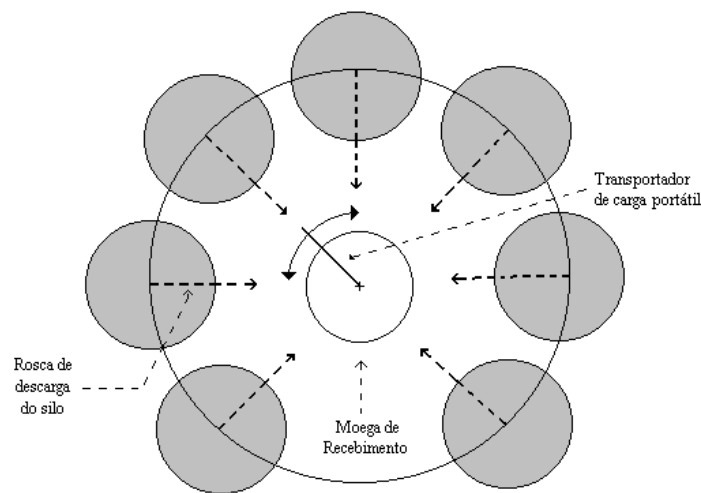


Figura 7 – Configuração de descarga para um layout circular.

2.5. Modelos computacionais

A partir da década de 60, vários modelos computacionais foram desenvolvidos para a área de pré-processamento de grãos. Nos Estados Unidos, especialistas da University of Kentucky, University of Arkansas, University of Nebraska e Purdue University trabalharam diretamente com agricultores,

extensionistas e representantes industriais no sentido de determinar as necessidades existentes em termos de sistemas de secagem e armazenagem de grãos. Muitos planos e modelos, oriundos dessa pesquisa, passaram a constituir diretrizes básicas para programas de computador. Mais recentemente, estes modelos vêm utilizando planilhas eletrônicas (REZENDE, 1997).

A seguir, é apresentada ligeira abordagem sobre os propostos modelos computacionais citados na literatura.

BNDZN – (pronuncia-se "Bin Design") é um modelo computacional estático que utiliza um sistema de coordenadas X, Y, Z para locação de diversos componentes em uma unidade pré-processadora e armazenadora de grãos com layout centralizado. O programa solicita centenas de dados de entrada que podem ser enquadrados em duas categorias: a primeira refere-se às informações físicas como tamanhos, capacidades, locações, etc.; a segunda refere-se às informações econômicas, isto é, o valor dos equipamentos especificados no projeto. Determina as dimensões do projeto, a quantidade de material e as estimativas de custos fixos e anuais para instalações centralizadas de armazenamento de grãos. Duas versões de BNDZN estão disponíveis, diferindo-se apenas quanto à forma de entrada dos dados. A versão “longa” (BNDZNL) admite essencialmente a entrada de todos os parâmetros interativamente. Uma série de dados armazenados pode ser selecionada para facilitar o processo. A versão “curta” (BNDZNS) admite que apenas alguns parâmetros essenciais tenham entrada interativa. Está programado em FORTRAN (LOEWER et al., 1976).

CIRCLE – objetiva determinar o layout de um arranjo circular de silos armazenadores. Dados de entrada incluem a capacidade armazenadora, o número de silos e outras especificações concernentes a parâmetros de projeto de silos e roscas. Informações econômicas não são fornecidas. Originalmente foi um modelo concebido em planilha eletrônica e posteriormente convertido para a linguagem Fortran (LOEWER et al., 1986).

FLATSTOR – fornece informações geométricas para um sistema de armazenagem convencional. Dados de entrada incluem dimensões externas e o ângulo de repouso dos grãos. Como resultados, inclui volumes e configurações da área para a pilha de sacos de grãos, colocada sobre um estrado limitado com dimensões especificadas, e ainda informações sobre o custo de aquisição para um sistema de armazenamento em graneleiro. Originalmente foi um modelo concebido em planilha eletrônica e posteriormente convertido para a linguagem Fortran (LOEWER et al., 1989).

FANSIZE – (Fan Size; tamanho do ventilador) tem o objetivo de fornecer uma estimativa da potência requerida pelo ventilador em duas situações: a) o usuário especifica a quantidade de ar (em pé³) para ser distribuída por bushel de grãos e também o diâmetro do silo, sua altura mínima, máxima e o incremento que deve ser considerado. Calcula-se a potência requerida do ventilador para cada incremento na altura do silo; e b) o usuário especifica o diâmetro do silo e a altura da massa de grãos em seu interior, fornecendo ainda a quantidade mínima, máxima e o incremento de ar (em pé³) que deve ser distribuída por bushel de grãos. Calcula-se a potência requerida do ventilador para cada incremento no fluxo de ar. Nas duas situações, considera-se uma estimativa da eficiência do ventilador em torno de 50%. Ressalta-se que o modelo fornece uma estimativa da potência requerida para o ventilador e que ventiladores em diferentes projetos, apresentam quantidades de ar distribuído também diferentes, ainda que tenham a mesma potência (THOMPSON, 1975).

FANMATCH – (Fan Match; ventilador em série) determina a performance de um ventilador (de fluxo axial ou centrífugo) instalado em um silo com dimensões conhecidas, contendo um especificado tipo de grão. Como dados de entrada, o programa requer a curva de operação do ventilador para que este forneça um fluxo de ar (em pé³/min) com pressão estática regular com o aumento de pontos. Um mínimo de 3 e um máximo de 19 pontos podem ser contemplados. É um programa de grande auxílio na avaliação da performance do

ventilador em sistemas de secagem e de aeração em silos, comparando ainda diferentes tipos de ventiladores. O efeito de se utilizar ventiladores semelhantes em série pode ser estimado pela entrada do fluxo de ar de um ventilador simples e multiplicando-se sua pressão estática associada pelo número de ventiladores a ser usados. Similarmente, o efeito da utilização de mais de um ventilador semelhantes conectados à câmara plenum do silo (em paralelo) pode ser avaliado pela multiplicação do fluxo de ar de um ventilador simples pelo número de ventiladores, se mantiverem a pressão estática (THOMPSON, 1975).

CROSSFLOW – (fluxo cruzado) estima o tempo, o custo e a energia necessária para a secagem de milho ou de sorgo. O usuário deve fornecer o tipo de grão, a temperatura do ar de secagem, o custo do combustível, a umidade inicial e final dos grãos e a capacidade de distribuição do ar pelo ventilador. Assume-se que o ar de secagem movimenta-se perpendicularmente ao fluxo de grãos, daí o termo fluxo cruzado. Este sistema de secagem é típico da maioria dos secadores portáteis de altas temperaturas e da secagem nos silos em batelada. Utiliza a linguagem Fortran (THOMPSON et al., 1968).

NATAIR – (natural air; ar natural) simula o tempo para secar o topo de uma camada de grãos, dada uma umidade final, seja para condições de secagem com ar natural ou a baixas temperaturas. Este modelo também pode ser utilizado para avaliar a aeração. Tanto o milho quanto o sorgo podem ser contemplados. O usuário deve fornecer a temperatura de entrada do ar de secagem e sua umidade relativa, temperatura e umidade inicial e final dos grãos e a capacidade de distribuição do ar pelo ventilador. NATAIR fornece uma estimativa das perdas devido à decomposição da matéria seca no período de secagem. Também pode ser usado para simular processos de seca-aeração. É ideal quando a temperatura dos grãos especificada é maior do que a temperatura de entrada do ar em pelo menos 20 °F. Nesta situação, o programa funcionará até a temperatura dos grãos atingir um máximo de 10 °F acima da temperatura de entrada do ar. Foi programado em Fortran (THOMPSON, 1975).

CONTNBN – avalia o desempenho da secagem em sistemas contínuos utilizando silos. Dados de entrada incluem uma lista de transportadores de grãos, tamanhos dos silos, performance do ventilador e condições do ar de secagem. Modela a dinâmica do processo de secagem dos grãos, determinando se a capacidade de secagem está estrangulando o sistema de fluxo programado. Utiliza a linguagem de simulação GASP IV (BRIDGES et al., 1983).

LAYERD – determina um programa de enchimento do silo para uma camada de grãos. Considera a decomposição da matéria seca e a possibilidade de contaminação por aflatoxina em milho ou sorgo (Bridges et al., 1982, citado por LOEWER et al., 1994).

STIRDRY – foi desenvolvido para fornecer informações gerenciais sobre o uso de dispositivos para revolvimento de grãos em sistemas de secagem em camada única e em lote. Utiliza informações específicas sobre ventiladores e silos, temperaturas de secagem e condições do ar ambiente para comparar estratégias de secagem de milho, com ou sem revolvimento. Avalia 4 opções de sistemas. A *opção 1* é para secagem em camadas, com ar natural ou em baixas temperaturas, onde o programa determina entre um destes 3 tipos de sistemas. Os resultados apresentam uma série de esquemas de secagem sem revolvimento, seguida de uma segunda série que incluem mecanismos de revolvimento. Ambas séries de esquemas são determinadas sob as mesmas condições de secagem, com a exceção de que o usuário pode ajustar a temperatura de secagem com revolvimento, se desejado. Esta alteração fornece alguma indicação das vantagens que o mecanismo de revolvimento oferece. A *opção 2* contempla a capacidade de secagem diária em batelada nos silos, onde o programa determina esta capacidade. Os resultados consistem na capacidade de secagem sem revolvimento, seguida por uma segunda capacidade de secagem usando mecanismo de revolvimento. Ambas capacidades de secagem são determinadas sob as mesmas condições de secagem, exceto que uma oportunidade é fornecida para ajustar a temperatura de secagem com revolvimento, se desejado. Esta

alteração fornece alguma indicação das vantagens que o mecanismo de revolvimento oferece. A *opção 3* contempla o tempo de secagem usando a curva do ventilador para silo cheio ou parcialmente cheio, onde o programa determina este tempo, dada a profundidade da massa de grãos no silo secador. A curva característica do ventilador e a opção de revolvimento dos grãos devem ser especificados. A *opção 4* contempla o tempo de secagem para um fluxo de ar especificado, seja com silo cheio ou parcialmente cheio, onde o programa determina este tempo, dada a profundidade da massa de grãos no silo secador. O fluxo de ar e a opção de revolvimento dos grãos devem ser especificados (BRIDGES et al., 1984).

DUCT – determina o tamanho e a distância entre dutos para um sistema de aeração em armazéns retangulares. Baseia-se na forma da massa de grãos, fluxo de ar necessário, volume dos grãos e critério de espaçamento dos dutos de modo que a distribuição do ar seja relativamente uniforme em toda a massa de grãos. Considera ainda instalações com geometria retangular, estando a massa de grãos nivelada ou “em monte”. Para grãos “em monte”, tanto o poço como os dutos podem ser especificados pelas dimensões da instalação considerando-se que, neste caso, o número máximo de dutos no projeto é 10. O critério adotado para o espaçamento entre dutos na massa “em monte” é que o maior caminho que o ar tenha que percorrer seja igual ou inferior a 1,5 vezes o menor caminho. Para a massa nivelada, o espaçamento máximo entre dutos é a altura dos grãos. Sistemas de aeração tipo positivo (ventilador insuflando o ar) e tipo negativo (ventilador succionando o ar) são considerados, admitindo uma velocidade de projeto para o ar nos dutos de 2.500 fpm para o tipo positivo e 1.500 fpm para o tipo negativo (BRIDGES et al., 1988).

CHASE – é um modelo estático que otimiza os equipamentos de distribuição, secagem e armazenamento de 60 tipos de sistemas diferentes, classificando-os em relação aos custos de aquisição e anual, incluindo opções de comercialização imediata após a secagem ou armazenagem. Fornece também

informações físicas sobre o projeto. Admite as seguintes considerações: a) investimento e custos anuais de um sistema específico; b) ventiladores selecionados para secagem com potência até 20 hp; c) a mão-de-obra destinada para cada sistema; d) número de veículos de transporte para cada sistema é determinado de forma que a colhedora nunca pare, exceto para descarregar; e) custos anuais dos tratores e caminhões destinados para cada sistema é duas vezes o número de dias de colheita dividido por 365; e f) custo do investimento de cada sistema inclui o investimento total de todos tratores e caminhões. Está programado em Fortran (BRIDGES et al., 1979).

SQUASH – (Simulation of Queues involving Unloadings and Arrivals for Systems Harvesting; simulação de filas envolvendo descargas e chegadas para sistemas de colheita) é uma simulação dinâmica que descreve a colheita, distribuição, transporte, secagem e armazenagem de grãos em qualquer momento do dia para quase todos tipos de sistemas na fazenda. Dados de entrada incluem a descrição de colhedoras, veículos de distribuição, capacidade de secagem e dos transportadores e ainda estratégias de administração. Fornece uma listagem dos eventos e gráficos do fluxo dos grãos e atividades diárias dos veículos. Seu objetivo principal é identificar pontos de estrangulamento no sistema como um todo, fornecendo uma série de estratégias para administração e uso dos equipamentos. As questões apresentadas no arquivo de entrada referem-se a diversos tipo de “veículos” de diferentes funções, refletindo as formas em que estes são utilizados para transportar os grãos do campo para a instalação de secagem/armazenagem. Utiliza o modelo Fortran e linguagem de simulação Gasp IV (BENOCK et al., 1981).

EXSQUASH – a proposta deste sistema especialista é, considerando uma série de questões, determinar o estrangulamento em sistemas de colheita, distribuição, transporte, secagem e armazenagem de grãos. As possibilidades de estrangulamento são: a) capacidade de colheita da colhedora; b) número de veículos de distribuição; c) taxa em que os grãos podem ser removidos do

veículo de distribuição; d) tamanho da moega (ou tremonha de recebimento); e) taxa em que os grãos podem ser removidos da moega; f) a capacidade restante do silo armazenador; g) tamanhos dos silos pulmão, dos silos reguladores de fluxo, suas taxas de descargas associadas e, se existirem, dos silos de seca-aeração e suas taxas de descarga; e h) taxas de secagem dos diferentes tipos de sistemas secadores. O programa não contempla a estimativa dos ganhos em performance associados ao aumento das capacidades devido a identificação de qualquer estrangulamento. Em realidade, o usuário deve estar ciente que o aumento na capacidade de um equipamento não estrangulador pode aumentar a colheita diária se este equipamento encontra-se entre a colhedora e o estrangulador. Por exemplo, aumentando-se o tamanho da moega quando o silo pulmão é o estrangulador, a colheita diária aumenta porque a capacidade da moega é uma outra forma de aumentar a capacidade de retenção de grãos úmidos. Constitui um complemento para o SQUASH. Utiliza o sistema especialista EXSYS (LOEWER et al., 1990).

CACHE – o objetivo deste modelo é comparar economicamente as opções de se possuir ou não uma unidade armazenadora na fazenda. Para fazer esta comparação, diversas questões deverão ser respondidas para mostrar as diferenças individuais de manejo nas operações “com” e “sem” uma unidade armazenadora na fazenda. Na avaliação dos resultados, o usuário necessita ter em mente que a ‘linha base’ é mais importante do que como o custo individual dos componentes são divididos. Por exemplo, se todos os custos dos equipamentos são atribuídos à armazenagem e nada à secagem, então o retorno econômico da secagem, tomado em separado, será alto em relação à armazenagem. Entretanto, a ‘linha base’ é a mesma ainda que alguns custos de equipamentos de armazenagem possa ser atribuído à secagem. Outro ponto a ser considerado na avaliação dos resultados é que ajustes são feitos no número de bushels (= 36 litros) devido à retirada de umidade dos grãos. “Perdas” de grãos aparecem como resultado da secagem a um teor de umidade abaixo da base econômica. Esta situação pode existir quando os grãos são armazenados abaixo da base,

aparecendo como valores negativos na locação dos recursos. Todos os grãos deverão ser armazenados mas a capacidade de armazenamento não excede a quantidade produzida. Podem ainda ser consumidos, mas também não excedem a quantidade que foi armazenada. Baseia-se nas seguintes considerações: a) realiza a comparação em se ter ou não secagem e, ou, armazenagem, baseado em um sistema de secagem e, ou, armazenagem de milho; b) assume que todos os grãos colhidos (produzidos na fazenda) serão secados; c) a capacidade de armazenamento não pode exceder a quantidade de grãos que é secada; d) pode admitir uma fábrica de ração na fazenda, se desejado; e) as perdas na colheita estão baseadas em projeções médias temporais no meio oeste dos EUA; f) os parâmetros econômicos estão baseados em valores totais médios do sistema por ano; g) não considera fluxo de caixa; e h) os valores das perdas de colheita estão baseados na média dos valores dos grãos. Utiliza o programa Fortran (LOEWER, 1980; LOEWER et al., 1979).

HARVEST – é um modelo de simulação dinâmica que projeta as perdas de grãos pela máquina no campo, mediante uma série de condições de tempo, taxa de colheita e quantidade de grãos a ser colhido. Utiliza o modelo FORTRAN e a linguagem de simulação GASP IV (LOEWER et al., 1994).

OPTMC – (Optimum Moisture Content; umidade ótima) é um modelo de regressão estático que calcula a umidade ótima dos grãos para iniciar a colheita, dado o valor do milho, o custo do combustível de secagem, a quantidade de grãos a ser colhida e a taxa de colheita. As condições de tempo do oeste de Kentucky foram usadas para gerar as equações de regressão. Com respeito às condições de entrada, os valores mínimo e máximo para os dias de colheita são 1 e 30; os valores mínimo e máximo da umidade dos grãos para iniciar a colheita são 18 e 30 % bu. O código numérico para os secadores do tipo em camadas, em batelada no silo e fluxo contínuo automático em batelada são 1, 2 e 3, respectivamente. Dias de colheita referem-se aos dias necessários para colher o produto se atrasos não ocorrerem. Assume-se que o milho tenha 30 % bu em 1^o de outubro e 18 %

bu em 30 de novembro. Perdas médias diárias de campo são assumidas. Está programado em Fortran (LOEWER et al., 1984).

STIRECON – (Stirring device Economics; economia do dispositivo de revolvimento) calcula a economia da adição de um dispositivo de revolvimento da massa de grãos em um sistema de secagem em silo-secador. Dados de entrada incluem o diâmetro e a altura do silo até a beira do telhado, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem, informações sobre a performance do ventilador, o investimento associado ao dispositivo de revolvimento e o tempo total de secagem. Está programado em Fortran (LOEWER et al., 1984).

PACASACS – este modelo realiza simulação dinâmica do fluxo de sementes através de uma instalação pré-processadora que inclui limpeza, ensacamento e distribuição. Dados de entrada incluem as taxas de pré-processamento das máquinas de limpeza e separador espiral, capacidade dos equipamento de transporte, capacidade de enchimento das ensacadoras e a taxa de trabalho dos operários no ensacamento, empilhamento e distribuição. Fornece uma listagem dos eventos, gráficos do fluxo das sementes e atividades diárias das pessoas e das máquinas. O objetivo primário do modelo é identificar pontos de estrangulamento do sistema como um todo, fornecendo uma série de estratégias para administração e uso dos equipamentos. Os resultados incluem ainda um resumo de estatísticas e gráficos que auxiliam o usuário a determinar a eficiência das operações. Utiliza o modelo Fortran e a linguagem de simulação GASP IV (BUCKLIN et al., 1989).

JAWS – (Joint Analysis of Warehouse Sacking; análise conjunta de armazém de sacaria) é um modelo de simulação de projeto estático que determina uma seleção ótima de equipamentos, associada a preço e custos anuais, para uma instalação pré-processadora de sementes. Dados de entrada incluem taxas de fluxo global e custos dos equipamentos disponíveis. Está programado em Fortran (BUCKLIN et al., 1982).

SILVA (1980), comparando diversos sistemas de secagem na região de Michigan, EUA, utilizou o modelo computacional TELPLAM 03, desenvolvido por Harsh, 1972, para determinar os custos anuais destes sistemas.

Os modelos computacionais existentes no mercado nacional baseiam-se nos modelos acima descritos. Em sua maioria, fundamentam-se em sistemas para dimensionamento e simulação de secagem, propriedades do ar e aeração.

2.6. Análise econômica

Geralmente as decisões sobre investimentos em capital estável, como é o caso da implantação de um sistema de pré-processamento e armazenamento de grãos, envolvem o emprego de montantes elevados de recursos financeiros no presente, cujos benefícios serão obtidos em parcelas ao longo da vida útil produtiva do investimento. A análise do investimento visa determinar sua lucratividade e compará-la às outras opções fornecendo, portanto, elementos fundamentais para o processo de tomada de decisão do empresário (REZENDE, 1997).

Em estudos sobre a lucratividade de um investimento, dois enfoques básicos podem ser utilizados, ou seja, análise de investimento e análise de custo. O primeiro fundamenta-se na teoria de investimentos, segundo a qual a rentabilidade é analisada com base em diversas medidas calculadas a partir do fluxo de caixa do investimento. Dentre as medidas mais importantes, destacam-se a taxa interna de retorno, o tempo de retorno do capital e valor presente. O segundo fundamenta-se na teoria de custos de produção. Nessa abordagem, o valor do capital investido é repartido ao longo de sua vida útil fornecendo uma estimativa média dos custos por período de tempo. A comparação entre os custos decorrentes desse processo e as respectivas receitas médias, por período de tempo, permite inferir sobre a rentabilidade do investimento.

Para fins de análise econômica do sistema de pré-processamento e armazenamento de grãos, optou-se pelo uso de ambos os procedimentos,

proporcionando elementos para uma avaliação detalhada dos aspectos econômicos dos sistemas.

2.6.1. Análise de investimento

Segundo LEITE et al. (1996), a análise de investimento requer a elaboração do fluxo de caixa do investimento, isto é, a previsão de todas as entradas (capital investido e despesas de operação) e todas as saídas (receitas do investimento) por período de tempo ao longo de todo horizonte do projeto (vida útil produtiva).

A avaliação econômica de projetos baseia-se em critérios de rentabilidade. Assim, o projeto é economicamente viável quando gera saldos capazes de remunerar o capital investido.

Neste estudo, as análises de rentabilidade sob a ótica da teoria de investimento são realizadas com base nas seguintes medidas:

a) Tempo de retorno do capital investido (TRCI): representa o período de tempo necessário para que os saldos anuais gerados pelo sistema de pré-processamento e armazenamento paguem completamente o montante total investido na sua implantação. Embora não sendo um índice de rentabilidade econômica propriamente dito, esta medida fornece uma informação importante para o empresário sobre a liquidez do investimento, isto é, o período de tempo em que o capital imobilizado será recuperado.

b) Relação receita-custo (RRC): este critério considera o horizonte de planejamento do pré-processamento e armazenamento, sem contabilizar a variação da moeda com o tempo. Quanto maior for a RRC, melhor o projeto será considerado, pois esta relação mostra o retorno para cada unidade monetária investida no projeto.

c) Valor presente líquido (VPL): é o somatório do fluxo de caixa descontado, ao longo do horizonte do investimento. O fator de desconto é a taxa

real de juros, que representa os custos de oportunidade do capital. De acordo com este critério, um investimento é considerado viável quando seu valor líquido presente for positivo. Neste caso, pode-se garantir que os recursos financeiros aplicados no investimento proporcionarão uma renda líquida superior àquela supostamente obtida, caso o mesmo capital fosse empregado à taxa de juros considerada nos cálculos, isto é, a rentabilidade alternativa do capital. Geralmente, como oportunidade alternativa, utiliza-se a rentabilidade real da caderneta de poupança, uma vez que esta aplicação encontra-se disponível para qualquer investidor.

d) Taxa interna de retorno (TIR): representa a taxa de desconto que torna o valor presente líquido igual a zero (LEITE et al., 1996). Em outros termos, a TIR é a máxima taxa de juros que o investimento poderia suportar, sem tornar-se inviável. Normalmente a TIR estimada para um projeto deve ser comparada com a taxa de juros de mercado. Se a TIR for superior à taxa de juros vigente no mercado, o projeto é aceito, pois resultaria em maior rentabilidade comparativamente ao mercado financeiro ou ao custo de oportunidade do capital.

Essas quatro medidas associadas fornecerão informações sob diferentes aspectos da rentabilidade de implantação do sistema de pré-processamento e armazenamento de grãos.

2.6.2. Análise de renda e custo

Além da análise de rentabilidade considerada sob a ótica da teoria de investimentos (Análise de Investimento), pode-se tomar ainda uma análise de rentabilidade sob a ótica da renda e do custo. Os seguintes parâmetros são, então, considerados:

a) Renda bruta total (RBT): representa os ganhos monetários gerados pelos sistemas (VALE et al., 1996). Considerando toda cadeia do pré-processamento que se estende até o armazenamento, esses ganhos resultam do diferencial de preços, em nível do produtor, ou seja, a diferença entre o custo

variável de produção e preço que ele receberia caso vendesse a produção logo após a colheita (período de safra) ou se esta fosse armazenada e vendida no período de melhor preço (entressafra; REZENDE, 1997).

Quando decide investir num sistema de pré-processamento e armazenamento, o produtor incorrerá em certos custos, o que não aconteceria se ele, simplesmente, vendesse a produção imediatamente. Para que o sistema seja viável, economicamente, é necessário que os custos adicionais advindos com a implantação do sistema sejam inferiores às receitas marginais, isto é, o custo exclusivo da fase de pré-processamento seja menor do que a renda bruta gerada pelo pré-processamento e armazenamento (REZENDE, 1997).

b) Margem bruta total (MBT): é a diferença entre a renda bruta total (RBT) e os respectivos custos variáveis do pré-processamento e armazenamento. Utilizando o conceito de margem bruta, pode-se tirar as seguintes conclusões (VALE et al., 1996):

- se $MBT > 0$: significa que o sistema está remunerando os fatores variáveis empregados e gerando um saldo para remunerar seus custos fixos. Todavia, essa informação não é suficiente para se inferir sobre a lucratividade do sistema (REIS, 1986).

- se $MBT < 0$: nesse caso, os ganhos gerados não cobrem os custos com insumos variáveis, indicando que a atividade é antieconômica. No curto prazo, o abandono da exploração minimiza os prejuízos, sujeitando o produtor apenas aos custos fixos que continuarão a existir (REIS, 1986).

c) Renda líquida operacional (RLOp): é definida como sendo a diferença entre a renda bruta total e os custos operacionais (CopT; VALE et al., 1996). A RLOp positiva indica que o sistema gera renda suficiente para repor todo o capital consumido (insumo e depreciação) e um saldo para remunerar o capital empatado. Nesse caso, pode-se garantir que o sistema de pré-processamento e armazenamento remunera o capital positivamente. Por outro lado, se a RLOp for negativa, tem-se uma situação em que as rendas geradas pelo sistema de pré-processamento e armazenamento não são suficientemente

elevadas para repor o capital empregado, indicando a inviabilidade de longo prazo do sistema (REZENDE, 1997).

d) Renda líquida total (RLT): esta é a principal e mais completa medida de rentabilidade econômica do sistema de pré-processamento e armazenamento. É calculada pela diferença entre a renda bruta total e os custos totais. Como no custo total foram incorporados todos os itens de custos incluindo os custos de oportunidade, ou seja, a remuneração do capital investido, a renda líquida positiva significa que a opção do agricultor em alocar seus recursos para implantar o sistema de pré-processamento e armazenamento proporcionará melhor retorno em relação ao que obteria caso tivesse aplicado os mesmos recursos financeiros no uso alternativo. Da mesma forma, a renda líquida negativa implica que, no máximo, os ganhos líquidos gerados pelo sistema são inferiores aos ganhos que o produtor teria se os recursos financeiros tivessem sido aplicados no uso alternativo (caderneta de poupança, por exemplo). Finalmente, a RLT nula significa que o retorno do capital investido na empresa proporciona o mesmo retorno que teria sido obtido, caso o produtor optasse pelo uso alternativo (VALE et al., 1996; REZENDE, 1997).

Assim, pela análise da RLT pode-se concluir que:

- se $RLT > 0$: a atividade apresenta uma situação de lucro econômico supernormal, indicando sua viabilidade com retornos superiores aos que seriam conseguidos se os mesmos recursos fossem utilizados no uso alternativo. Esse tipo de comportamento estimula a entrada de novos investidores no setor.

- se $RLT = 0$: a atividade apresenta lucro econômico normal, isto é, o capital apresenta remuneração exatamente igual à remuneração proporcionada pelo mercado de fatores. Este é um ponto de equilíbrio de longo prazo.

- se $RLT < 0$: pode-se afirmar que a atividade apresenta prejuízo econômico. Mas se esta atividade conseguir suportar os custos operacionais ($RLOp > 0$), pode-se continuar com ela por determinado período, na perspectiva de que ajustes sobre sua eficiência deverão ser realizados para redução dos custos e melhoria da rentabilidade.

2.6.3. Análise de custo

Para fins de análise econômica, o termo custo significa a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma empresa para produzir determinado bem, devem receber para continuarem fornecendo esses fatores à empresa (HOFFMANN et al., 1987). O conhecimento sobre o comportamento dos custos é fundamental para o efetivo controle da empresa rural e processo da tomada de decisão, além de servir para a análise da rentabilidade dos recursos empregados na atividade produtiva.

No presente trabalho, os custos foram subdivididos em diversas formas, conforme os seguintes conceitos:

a) Custo fixo total (CFT): é simplesmente a soma dos vários tipos de custos fixos, isto é, custos que no caso do sistema de pré-processamento e armazenamento independem da intensidade de uso do sistema. Depreciação do capital, seguros, certos tipos de impostos, mão-de-obra permanente e juros sobre o capital empatado são os principais itens que compõem os custos fixos dos sistemas (REIS et al., 1986).

b) Custo variável total (CVT): engloba os custos que variam diretamente com a intensidade de uso dos sistemas, e é determinado pela soma de cada custo variável individual, incluindo insumos, mão-de-obra, combustível, etc (REIS et al., 1986).

c) Custo total de produção (CT): refere-se à remuneração de todos os fatores de produção, sendo o resultado do somatório do CFT e do CVT (REIS et al., 1986).

d) Custo de oportunidade (CO): também conhecido como juros sobre o capital empatado, é um custo implícito que representa a renúncia de rentabilidade do investidor quando ele decide aplicar seus recursos financeiros no pré-processamento e armazenamento em vez de empregá-lo no mercado financeiro.

Trata-se de um componente fundamental dos custos dos sistemas, considerando que o valor das benfeitorias, máquinas e dos equipamentos que impõem o capital estável do sistema de pré-processamento e armazenamento permanece completamente empatado durante sua vida útil, quando poderia estar gerando dividendos em outras alternativas. O valor médio entre o valor inicial e final do capital é considerado para determinar o seu custo de oportunidade, fornecendo uma aproximação do montante total que ficou empatado durante a vida útil do sistema. O valor médio do capital empatado multiplicado por uma taxa de juros alternativa representa a estimativa de quanto a empresa ou o agricultor deixou de receber, em média, por ano, ao empregar seus recursos no sistema de pré-processamento e armazenamento (VALE et al., 1996; REZENDE, 1997).

e) Depreciação (Da): é um custo não-monetário que reflete a perda do valor do capital com a idade, uso e obsolescência. É também um procedimento contábil que pode ser interpretado como sendo fundos necessários para amortização do capital investido (NORONHA, 1987).

f) Custo operacional total (COpT): é uma medida de custo que engloba todos os custos com insumos e a depreciação do capital. Representa, pois, o consumo de capital circulante (insumos) e capital estável (depreciação) pelos sistemas. Inclui todos os custos variáveis e parte dos custos fixos, a depreciação (REIS et al., 1986).

g) Custo total médio (CTMe): representa exatamente a razão do custo total pela quantidade de produto (REIS et al., 1986) pré-processada e armazenada.

h) Custo variável médio (CVMe): representa exatamente a razão do custo variável pela quantidade de produto (REIS et al., 1986).

i) Custo operacional médio (COpMe): é a relação entre o COpT e a quantidade de produto (REIS et al., 1986).

j) Custo fixo médio (CFMe): representa exatamente a razão do custo fixo pela quantidade de produto (REIS et al., 1986).

2.6.4. Inflação e planejamento

LEITE et al. (1996) enfatizaram que o planejamento, na maioria das vezes, é conduzido pelos retornos e pelos custos em termos reais e não em termos nominais. Retorno real ou custo real implica na exclusão da inflação, ou seja, o fluxo de caixa é elaborado a preços constantes. É importante que em um planejamento não sejam misturados valor em termos real e nominal. Devido à grande incerteza sobre a inflação futura é preferível que o planejamento seja conduzido considerando todo fluxo financeiro em termos reais. Em economias onde haja taxa inflacionária variável como a do Brasil, é conveniente que no planejamento elaborado em termos reais sejam incluídas análises de sensibilidade dos cálculos, pressupondo taxas diferenciais de mudanças nos preços dos produtos e insumos. Com esse propósito, utilizam-se rotinas de programação matemática recentemente desenvolvidos como, por exemplo, @RISK, os quais já possuem essas análises de sensibilidade. Finalmente, os autores ressaltam ainda que além dos efeitos inflacionários, para melhor analisar a viabilidade dos projetos, seria necessário que os riscos biológicos e os efeitos das políticas econômicas e sociais do governo fossem avaliados para, posteriormente, efetuar a tomada de decisão sobre o investimento.

2.6.5. Seleção de projetos de investimento

Em geral, é possível desenvolver mais de uma alternativa para concretizar um mesmo objetivo. Por exemplo, sistemas de pré-processamento e armazenamento de grãos podem apresentar diversos graus de automação. A decisão de se investir em uma unidade completa poderá ser a mais adequada tecnicamente, porém, não economicamente. Assim, uma alternativa seria investir apenas no sistema de pré-processamento, ou apenas no sistema de armazenamento, ou, ainda, não realizar nenhum tipo de investimento.

O investimento de capital para concretizar cada uma dessas alternativas será diferente, crescendo na medida que aumentar o nível de automação do processo. Deve-se entender que o aumento de automação será viável na medida que esse processo conseguir aumentar os retornos positivos através da redução de custos. Cada nível de automação é uma alternativa de realizar a mesma atividade; portanto, cada alternativa é também um projeto de investimento que tem seu próprio fluxo de caixa (LAPONNI, 1996).

No caso de investimentos em unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos, os projetos de investimento são denominados como *projetos mutuamente excludentes*, já que a escolha recai apenas sobre um dos projetos, rejeitando-se os demais.

Quando a aceitação de um projeto não depende da aceitação ou rejeição de outros projetos de investimento trata-se de *projeto de investimento independente*.

2.6.5.1. Critério para escolha entre projetos de investimento

1. *Projetos independentes*: como a aceitação de um projeto não depende da aceitação ou rejeição de outros projetos de investimento, a aplicação direta dos critérios do método do VPL e do método da TIR dará a mesma recomendação (LAPONNI, 1996).
2. *Projetos mutuamente excludentes*: como a aceitação/rejeição de um projeto dependerá da rejeição/aceitação de outros projetos de investimento, a aplicação direta do método VPL e do método da TIR poderão dar recomendações diferentes (LAPONNI, 1996). Critérios:
 - Método do VPL: o melhor projeto de investimento é o projeto que tiver maior VPL;
 - Método da TIR: o melhor projeto de investimento pode não ser o projeto que tiver maior TIR.

LAPONNI, 1996, ressalta ainda que as afirmações anteriores possibilitam as seguintes conclusões quanto à análise de projetos de investimentos mutuamente excludentes:

- a) o método do VPL permite escolher o melhor dos projetos de investimento comparando, simplesmente, os valores dos VPL dos projetos;
- b) o método da TIR não permite selecionar o melhor dos projetos de investimento por simples comparação dos valores das TIR dos projetos.

2.6.5.2. Prazo da análise dos projetos

Para avaliar um projeto de investimento, devemos estabelecer a duração desse projeto, conhecido como horizonte de planejamento, vida útil ou prazo de análise. Como o prazo de análise de um projeto é um elemento que pode mudar a decisão, este prazo deve ser corretamente definido.

Quando realizamos uma seleção entre projetos mutuamente excludentes, todos os projetos devem ter o mesmo prazo de análise. O prazo de análise deve ser definido como política da empresa ou como necessidade do próprio projeto; por exemplo, se o ciclo de vida do produto é de 8 anos, pode-se estabelecer que a duração mínima desse projeto deve ser igual a 8 anos. Quando não existe nenhuma orientação quanto ao prazo de análise, deve-se escolher uma duração adequada, em geral igual à vida útil dos equipamentos ou ao prazo de depreciação permitido (LAPONNI, 1996).

Quando a vida útil dos equipamentos é diferente do prazo de análise, deve-se realizar ajustes. Um caso equivalente acontece na escolha entre projetos. Como cada projeto, pertencente a um conjunto de projetos mutuamente excludentes, pode ter um valor de vida útil diferente das outras, será necessário estabelecer um prazo de análise único e realizar ajustes nas durações dos projetos.

Neste trabalho, adotou-se como prazo de análise a vida útil das instalações e dos equipamentos em 20 anos.

2.6.5.3. Análise incremental

Tratando-se da seleção de projetos mutuamente excludentes e de mesmo prazo de análise, há situações em que a escolha recai sobre um projeto que tem maior valor de investimento em comparação a outro projeto com menor valor de investimento, ambos com VPL positivo. Entenda-se que escolher o projeto que tem menor investimento de capital não assegura que se escolha o melhor projeto. Caso contrário, a avaliação de projetos de investimento se limitaria à procura e desenvolvimento contínuo de projetos cujos valores de investimento sejam cada vez menores. Portanto, com esta atitude poderíamos estar deixando de aproveitar projetos com retornos superiores ao estabelecido. Deve-se ter presente que é a diferença entre projetos que origina a oportunidade de escolher o melhor projeto de investimento (LAPONNI, 1996).

Levando-se em consideração todas essas idéias, foi estabelecido um procedimento, denominado com análise incremental, que permite escolher o melhor projeto tendo como objetivo a maximização do retorno do capital investido. A análise incremental permite recomendar o projeto que requeira o maior investimento para o qual cada incremento de capital foi financeiramente justificado.

Ao se analisar a possibilidade de investir, espera-se que os resultados futuros investindo em um novo projeto sejam melhores que os resultados sem realizar este novo investimento. No fluxo de caixa do novo investimento são definidas a data do investimento inicial, a duração do projeto e todas as estimativas dos retornos até o final do projeto. A princípio, o novo investimento será atraente se o fluxo de caixa com investimento for maior que o fluxo de caixa sem investimento, caso contrário não teria nenhum sentido realizar este novo investimento. Ainda mais, se espera que o valor presente da empresa seja maior que o valor presente sem o investimento (LAPONNI, 1996).

Portanto, para que um novo investimento seja aceito, o valor presente líquido do seu fluxo de caixa incremental deverá ser positivo, $VPL > 0$. Nesse

caso, o capital investido será recuperado, remunerado com o custo de capital e, ainda, o projeto gerará um lucro extra igual, na data zero, ao valor do VPL.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola, em conjunto com os Departamentos de Economia Rural e Informática da Universidade Federal de Viçosa. Em atendimento aos objetivos iniciais, acompanhamentos de atividades, em campo, foram realizados nas unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, Companhia de Armazéns e Silos do Estado de Minas Gerais – CASEMG e Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia – CAROL, situadas na cidade de Uberaba, Minas Gerais.

A programação das sub-rotinas utilizadas pelo modelo foi realizada no software Quattro Pro[®] para Windows[®], versão 6.0. Por meio de "macrocomandos", ou simplesmente "macros", reproduziu-se o comportamento das teclas, as ações do "mouse" e comandos do menu. As ações eram gravadas na medida em que eram realizadas, obtendo-se, desse modo, uma seqüência de comandos que, associada à botões, executa as "macros" automaticamente. Este procedimento possibilita rapidez e versatilidade na obtenção de resultados.

Foram utilizados computadores pessoais, com processador Pentium[®], memória RAM 32 MB e monitor de 14", com resolução 800x600 pixels, em High Color.

O arroz, o milho e a soja foram utilizados como produtos-referenciais.

3.1. Variáveis e critérios de projeto

Inicialmente, para o dimensionamento e avaliação econômica de qualquer projeto, eram solicitadas pelo programa as seguintes informações técnicas:

1. Estimativa de recebimento, t;
2. Período de recebimento, dias;
3. Fator de segurança de recebimento, %;
4. Umidade (máxima) dos grãos na recepção, % bu;
5. Teor de impureza dos grãos, %;
6. Umidade dos grãos após a secagem, % bu;
7. Jornada de recebimento, h.dia⁻¹;
8. Jornada de pré-processamento, h.dia⁻¹;
9. Tempo de descarga do veículo, min;
10. Peso médio do veículo, t; e
11. Capacidade de carga do veículo, t.

As seguintes opções foram incluídas para o dimensionamento:

- a) Unidade completa: pré-processadora e armazenadora, adotando-se layout centralizado ou circular para os silos;
- b) Unidade pré-processadora; e
- c) Unidade armazenadora, adotando-se layout centralizado ou circular para os silos.

Quanto ao produto, foram consideradas as seguintes opções individuais:

- Arroz;
- Milho; e
- Soja.

Pode-se agregar ao dimensionamento técnico:

- Balança: rodoviária, rodo-ferroviária ou ferroviária; e
- Análise econômica completa: investimentos fixos, despesas operacionais, fluxos de caixa e medidas de rentabilidade, que inclui a análise incremental para escolha do melhor projeto.

Foram assumidas as seguintes considerações:

1. Para os dimensionamentos:

- a) a infra-estrutura das instalações como disponibilidade de área, coberturas, escritório, instalações e comandos elétricos, instalações hidro-sanitárias, entre outras pertinentes ao sistema de pré-processamento e armazenamento, necessitavam de projetos específicos que fugiam ao escopo deste trabalho; porém, seus custos poderiam ser estimados e agregados aos investimentos fixos;
- b) um ou dois fluxos de recebimento empregando layout centralizado ou circular para um mesmo produto;
- c) desconto integral do teor de impurezas na massa de grãos;
- d) secagem realizada em alta temperatura, em secadores de fluxos mistos;
- e) armazenamento realizado em silos de fundo plano, com sistemas de aeração e termometria.

2. Para as análises econômicas:

- a) vida útil de instalações e equipamentos igual a 20 anos;
- b) custo variável de produção, em $R\$.ha^{-1}$, abrangendo as etapas:
 - calagem;
 - terraceamento;
 - preparo do solo (convencional);
 - plantio;
 - tratos culturais; e
 - colheita e encargos diversos.
- ❖ preço de venda dos produtos segundo a variação média mensal observada nos últimos 10 anos;
- ❖ utilização de capital próprio para investimentos imediatos, com ausência de financiamentos ou amortizações no fluxo de caixa; e
- ❖ única safra no ano (safra principal).

3.2. Parâmetros técnicos

Os parâmetros técnicos utilizados nos dimensionamentos, como descontos, capacidades, etc., foram obtidos por meio de equações, a quais serão descritas a seguir, bem como os valores das constantes de projeto.

3.2.1. Massas e descontos

- Massa do produto sujo e úmido pode ser estimada pela equação 1:

$$M_{su} = ER + \frac{ER \cdot F}{100} \quad (1)$$

em que,

M_{su} = massa do produto sujo e úmido, t;

ER = estimativa de recebimento, t;

F = fator de segurança de recebimento (valor acrescido sobre ER , considerando-se um pico no recebimento), %.

- Desconto no teor de impurezas pode ser estimado pela equação 2:

$$D_i = \frac{M_{su} \cdot TI}{100} \quad (2)$$

em que,

D_i = desconto no teor de impurezas, t;

TI = teor de impurezas, %.

- Massa do produto limpo e úmido pode ser estimada pela equação 3:

$$M_{lu} = M_{su} - D_i \quad (3)$$

em que,

M_{lu} = massa do produto limpo e úmido, t.

- Desconto sobre umidade estimado pela equação 4:

$$D_u = M_{lu} \cdot \left(1 - \frac{100 - U_i}{100 - U_f} \right) \quad (4)$$

em que,

D_u = desconto sobre umidade, t;

U_i = umidade dos grãos na recepção, % bu;
 U_f = umidade dos grãos após a secagem, % bu.

- Massa do produto limpo e seco (equação 5):

$$M_{ls} = M_{lu} - D_u \quad (5)$$

em que,

M_{ls} = massa do produto limpo e seco, t.

- Desconto sobre quebra técnica (equação 6):

$$D_q = M_{ls} - M_{ls} \cdot \left(1 - \frac{QT}{100}\right)^{TA} \quad (6)$$

em que,

D_q = desconto sobre quebra técnica ou sobretaxa, t;

QT = quebra técnica, % a.m. (igual a 0,3% a.m., para arroz, milho, feijão, sorgo, soja, trigo, cevada, centeio e triticales; CONAB, 2000);

TA = tempo de armazenamento, meses.

- Massa do produto limpo e seco após armazenagem (equação 7):

$$M_{lsa} = M_{ls} - D_q \quad (7)$$

em que,

M_{lsa} = massa do produto limpo e seco após armazenagem, t.

3.2.2. Massas específicas

As massas específicas inicial e final (ME_i e ME_f) do arroz, do milho e da soja foram calculadas em função de seus teores de umidade inicial e final (U_i e U_f), respectivamente, por meio de equações.

Para arroz, as equações 8 e 9, obtidas da regressão linear simples a partir dos valores citados por BROOKER et al., 1982 (Tabela 1A - Apêndice), para o intervalo de 12 a 18% bu e com um coeficiente de determinação de 0,9610 são:

$$ME_{ia} = 520,61 + 5,2055 \cdot U_i \quad (8)$$

$$ME_{fa} = 520,61 + 5,2055 \cdot U_f \quad (9)$$

em que,

ME_{ia} = massa específica inicial do arroz, kg.m^{-3} ;

ME_{fa} = massa específica final do arroz, kg.m^{-3} .

Para o milho, adaptou-se a equação fornecida por NELSON (1980), para o intervalo de 10 a 35% bu, obtendo-se as equações 10 e 11:

$$ME_{im} = 701,9 + 16,76 \cdot U_i - 1,1598 \cdot U_i^2 + 0,01824 \cdot U_i^3 \quad (10)$$

$$ME_{fm} = 701,9 + 16,76 \cdot U_f - 1,1598 \cdot U_f^2 + 0,01824 \cdot U_f^3 \quad (11)$$

em que,

ME_{im} = massa específica inicial do milho, kg.m^{-3} ;

ME_{fm} = massa específica final do milho, kg.m^{-3} .

Para a soja, adaptou-se a equação fornecida por BRUSEWITZ (1975), para o intervalo de 15 a 40% bu, obtendo-se as equações 12 e 13:

$$ME_{is} = 734,5 - 2,19 \cdot U_i + 0,0070 \cdot U_i^2 \quad (12)$$

$$ME_{fs} = 734,5 - 2,19 \cdot U_f + 0,0070 \cdot U_f^2 \quad (13)$$

em que,

ME_{is} = massa específica inicial da soja, kg.m^{-3} ;

ME_{fs} = massa específica final da soja, kg.m^{-3} .

3.2.3. Fatores de correção

As capacidades de operação dos transportadores (elevadores de caçambas, roscas fixas e móveis, e correias) são influenciadas pela variação da massa específica do produto (ME), antes e depois da secagem, em relação àquela considerada pelos fabricantes desses equipamentos, correspondente a um valor fixo de ME igual a 750 kg.m^{-3} (ME_{ref}). Isto é, a capacidade dos equipamentos, fornecida por seus fabricantes em t.h^{-1} , está em função de uma massa específica de 750 kg.m^{-3} (vide dados técnicos de equipamentos nos catálogos dos fabricantes).

Portanto, entende-se que a capacidade do transportador, em massa, poderá diminuir ou aumentar de acordo com a massa específica do produto por ele transportado (LACERDA FILHO, 1994).

Por exemplo, na seleção de um elevador de caçambas com capacidade de 20 t.h^{-1} :

- Se $ME < ME_{ref}$ então capacidade $< 20 \text{ t.h}^{-1} \Rightarrow$ subdimensionamento
- Se ME do produto = ME_{ref} então capacidade = 20 t.h^{-1} ; e
- Se $ME > ME_{ref}$ então capacidade $> 20 \text{ t.h}^{-1} \Rightarrow$ superdimensionamento

Os desvios de ME_i e ME_f em relação a ME_{ref} devem ser considerados em projetos otimizados, por meio de *fatores de correção*, evitando assim sub ou superdimensionamentos.

Neste trabalho, os *fatores de correção*, poderão ou não ser adotados, e foram classificados da seguinte forma:

- a) *balança, moega(s), silo(s)-pulmão e silos armazenadores*: não há a necessidade de correção já que toma-se para estes equipamentos capacidades em t e em m^3 .
- b) *transportadores que precedem o secador* (equação 14):

$$FC_{as} = \frac{ME_{ref}}{ME_i} \quad (14)$$

em que,

FC_{as} = fator de correção para transportadores que precedem o secador, adimensional.

- c) *transportadores que sucedem o secador* (equação 15):

$$FC_{ds} = \frac{ME_{ref}}{ME_f} \quad (15)$$

em que,

FC_{ds} = fator de correção para transportadores que sucedem o secador, adimensional.

d) *máquina de pré-limpeza*: as capacidades fornecidas pelos fabricantes normalmente relacionam-se a teores de umidade igual ou menor que 18 % bu. Os valores apresentados na Tabela 2A (Apêndice), fornecidos por WEBER (1995), foram ajustados para a equação 16, no intervalo de 15 a 22% bu e coeficiente de determinação de 0,9971:

$$FC_{pl} = \left[\frac{472,3243 - 128,4837 \cdot \ln(U_i)}{100} \right]^{-1} \quad (16)$$

em que,

FC_{pl} = fator de correção para a máquina de pré-limpeza, adimensional.

e) *secador*: as capacidades de catálogo fornecidas pelos fabricantes relacionam-se a redução no teor de umidade de 18 para 13 % bu. Para diferentes valores de umidade inicial recomenda-se a aplicação de coeficientes de rendimento, como os apresentados da Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de rendimento de secadores, em função da umidade inicial dos grãos

U_i , % bu	Coeficiente de rendimento, decimal
26	0,44
24	0,42
22	0,56
20	0,71
18	1,00
16	1,10

Fonte: QUEIROZ et al. (1988)

Entretanto, os valores de rendimentos de secadores, apresentados na Tabela 3A (Apêndice) e fornecidos por WEBER (1995), são mais conservadores sendo, portanto, utilizados neste trabalho. Tais valores foram ajustados em função de U_i e U_f para a equação 17, no intervalo de 13 a 24% bu, em secadores de fluxo misto e coeficiente de determinação de 0,9623:

$$FC_{sec} = \left[\frac{85,2699 - 11,1995 \cdot U_i + 16,8185 \cdot U_f}{100} \right]^{-1} \quad (17)$$

em que

FC_{sec} = fator de correção para o secador, adimensional.

3.2.4. Capacidades dos equipamentos

As capacidades dos equipamentos foram assim classificadas:

3.2.4.1. Capacidade de projeto

a) Para a balança (equação 18):

$$CM_{bal} = PMV + CCV \quad (18)$$

em que

CM_{bal} = capacidade mínima para balança, t;

PMV = peso médio do veículo, t; e

CCV = capacidade de carga do veículo, t.

b) Para a moega: como sua capacidade depende do fluxo de grãos que entra e sae da mesma (LOEWER et al., 1994), esta poderá funcionar como caixa de passagem, silo-pulmão ou armazenagem temporária. Neste trabalho, equações foram desenvolvidas para a obtenção da capacidade da moega para as seguintes situações:

b.1) *Capacidades de carga e descarga baixas*: considera que os grãos serão recebidos ao longo de toda a jornada de recebimento e retirados da moega durante toda a jornada de pré-processamento, equilibradamente; como esta situação não contempla a existência do silo-pulmão, o tamanho da moega deverá ser suficiente para reter a quantidade de grãos necessária ao pré-processamento, durante o período de não recebimento. A equação 19 é válida quando a jornada de recebimento é menor do que a jornada de pré-processamento e, ou, quando o

valor obtido é maior ou igual ao tamanho mínimo da moega (de acordo com suas características construtivas). Caso estas condições não sejam atendidas, adota-se o tamanho mínimo (vide item 3.2.5).

$$CM_m = \frac{1000}{ME_i} \cdot \frac{M_{su}}{PR} \cdot \left(1 - \frac{FC_{as} \cdot JR}{JP} \right) \quad (19)$$

em que

CM_m = capacidade mínima da moega, m³;
 1000 = fator de transformação de unidades: t → kg, adim.;
 ME_i = massa específica inicial, kg.m³;
 M_{su} = massa do produto sujo e úmido, t;
 PR = período de recebimento, dias;
 FC_{as} = fator de correção para transportadores que precedem o secador, adim. (vide equação 14);
 JR = jornada de recebimento, h.dia⁻¹; e
 JP = jornada de pré-processamento, h.dia⁻¹.

b.2) *Capacidades de carga média e descarga baixa*: considera que os grãos serão recebidos na metade da jornada de recebimento e retirados da moega durante toda a jornada de pré-processamento, isto é, o tempo entre chegadas de caminhões é 2 vezes menor se comparado com a capacidade de carga baixa; esta situação também não contempla a existência do silo-pulmão e o tamanho da moega deverá ser suficiente para reter a quantidade de grãos necessária ao pré-processamento. A equação 20 é válida quando a jornada de recebimento é menor do que a jornada de pré-processamento e, ou, quando o valor obtido é maior ou igual ao tamanho mínimo da moega (de acordo com suas características construtivas). Caso estas condições não sejam atendidas, adota-se o tamanho mínimo (vide item 3.2.5).

$$CM_m = \frac{1000}{ME_i} \cdot \frac{M_{su}}{PR} \cdot \left(1 - \frac{FC_{as} \cdot JR}{2 \cdot JP} \right) \quad (20)$$

b.3) *Capacidades de carga alta e descarga baixa*: considera que o tempo entre chegadas de caminhões é igual ao tempo de descarga dos mesmos na moega, isto é, admite que todos os caminhões estarão em fila para a descarga. Não há silo-pulmão, e o tamanho da moega deverá ser suficiente para reter a quantidade de grãos necessária ao pré-processamento, durante o período de recebimento e de não recebimento. A equação 21 é utilizada para estas condições.

$$CM_m = \frac{1000}{ME_i} \cdot \frac{TD \cdot M_{su}}{60 \cdot PR \cdot CCV} \cdot \left(\frac{60 \cdot CCV}{TD} - \frac{M_{su} \cdot FC_{as}}{PR \cdot JP} \right) \quad (21)$$

em que

TD = tempo de descarga do veículo, min;

60 = fator de transformação de unidades: min \rightarrow h, adim.; e

CCV = capacidade de carga do veículo, t.

b.4) *Capacidades de carga baixa e descarga média*: considera que os grãos serão recebidos ao longo de toda a jornada de recebimento e que a capacidade de descarga da moega seja aumentada de forma a possibilitar uma redução no tamanho da moega pela metade, em relação à situação b.1, com a inclusão do silo-pulmão. A equação 22 expressa esta situação.

$$CM_m = \frac{1000}{2 \cdot ME_i} \cdot \frac{M_{su}}{PR} \cdot \left(1 - \frac{FC_{as} \cdot JR}{JP} \right) \quad (22)$$

b.5) *Capacidades de carga média e descarga média*: considera que os grãos serão recebidos na metade da jornada de recebimento e que a capacidade de descarga da moega seja aumentada de forma a possibilitar uma redução no tamanho da moega pela metade, em relação à situação b.2, com a inclusão do silo-pulmão. A equação 23 expressa esta situação.

$$CM_m = \frac{1000}{2.ME_i} \cdot \frac{M_{su}}{PR} \cdot \left(1 - \frac{FC_{as} \cdot JR}{2.JP} \right) \quad (23)$$

b.6) *Capacidades de carga alta e descarga média*: considera que o tempo entre chegadas de caminhões é igual ao tempo de descarga dos mesmos na moega e que a capacidade de descarga da moega seja aumentada de forma a possibilitar uma redução no tamanho da moega pela metade, em relação à situação b.3, com a inclusão do silo-pulmão. A equação 24 expressa esta situação.

$$CM_m = \frac{1000}{2.ME_i} \cdot \frac{TD.M_{su}}{60.PR.CCV} \cdot \left(\frac{60.CCV}{TD} - \frac{M_{su}.FC_{as}}{PR.JP} \right) \quad (24)$$

b.7) *Capacidades de carga baixa, média ou alta e descarga alta*: considera-se que as capacidades de carga e descarga da moega sejam iguais, adotando-se o tamanho mínimo para a moega; opta-se pela não retenção do produto na moega e sim no silo-pulmão. Como valor mínimo para a capacidade de moegas retangulares e circulares, adotou-se neste trabalho o valor de 9,0 m³, recomendado por MCKENZIE et al., 1974 (versão preparada pela Abrasilos).

c) Para silo-pulmão: considerou-se a inclusão deste equipamento nas situações b.4 a b.7, descritas anteriormente. Ao se considerar uma capacidade de descarga média para a moega, a capacidade do silo-pulmão poderá ser obtida por meio do valor de CM_m na equação 22, 23 ou 24, descontando-se o teor de impurezas. Conhecido o valor de CM_m , utiliza-se a equação 25.

$$CM_{sp} = CM_m - \left(\frac{CM_m.TI}{100} \right) \quad (25)$$

em que

CM_{sp} = capacidade mínima para silo-pulmão, m³;

CM_m = capacidade mínima da moega, m³;

TI = teor de impurezas, %.

Considerando-se uma capacidade de descarga alta para a moega, a capacidade do silo-pulmão poderá ser obtida por meio do valor de CM_m na equação 19, 20 ou 21, descontado-se o teor de impurezas e o valor mínimo fixado para o tamanho da moega. Assim, conhecido o valor de CM_m , utiliza-se a equação 26.

$$CM_{sp} = CM_m - \left(\frac{CM_m \cdot TI}{100} \right) - 9,0 \quad (26)$$

Exemplificando, pode-se considerar os seguintes dados para a obtenção das capacidades da moega e silo-pulmão, nas diferentes situações apresentadas anteriormente:

Produto = milho	$U_i = 23$ % bu	$JP = 22$ h.dia ⁻¹
$ER = 10.000$ t	$U_f = 13$ % bu	$TD = 15$ min
$PR = 45$ dias	$TI = 3$ %	$PMV = 11$ t
$F = 10$ %	$JR = 12$ h.dia ⁻¹	$CCV = 25$ t
$FC_{as} = 1,078$	$ME_i = 695,8$ kg.m ⁻³	

Nº de moegas: 1		Caminhões/dia: 9,8									
Situação de carga-descarga		B-B	M-B	A-B	B-M	M-M	A-M	B-A	M-A	A-A	
Capac. carga	t.h ⁻¹	20,37	40,74	100,00	20,37	40,74	100,00	20,37	40,74	100,00	
Capac. descarga	t.h ⁻¹	11,98	11,98	11,98	16,17	26,36	55,99	21,96	43,92	107,80	
Tempo entre chegadas	h	1,23	0,61	0,25	1,23	0,61	0,25	1,23	0,61	0,25	
Retenção	moega	t	100,72	172,58	215,17	50,36	86,29	107,58	6,26	6,26	6,26
		m ³	144,76	248,04	309,25	72,38	124,02	154,62	9,00	9,00	9,00
	silo-pulmão	t	0	0	0	48,85	83,70	104,36	91,44	161,14	202,45
		m ³	0	0	0	70,21	120,30	149,99	131,42	231,60	290,97

d) Para transportadores (produto sujo e úmido):

d.1) quando a capacidade de descarga da moega é baixa, independente de sua capacidade de carga (situações b.1, b.2 e b.3 anteriores), utiliza-se a equação 27:

$$CM_{su} = \frac{M_{su} \cdot FC_{as}}{PR \cdot JP} \quad (27)$$

em que

CM_{su} = capacidade mínima para transportadores (produto sujo e úmido), $t.h^{-1}$.

d.2) quando as capacidades de carga e descarga da moega são baixa e média, respectivamente (situação b.4 anterior), utiliza-se a equação 28:

$$CM_{su} = \frac{M_{su}}{2.PR} \left(\frac{1}{JR} + \frac{FC_{as}}{JP} \right) \quad (28)$$

d.3) quando as capacidades de carga e descarga da moega são médias (situação b.5 anterior), utiliza-se a equação 29:

$$CM_{su} = \frac{M_{su}}{PR} \left(\frac{1}{JR} + \frac{FC_{as}}{2.JP} \right) \quad (29)$$

d.4) quando as capacidades de carga e descarga da moega são alta e média, respectivamente (situação b.6 anterior), utiliza-se a equação 30:

$$CM_{su} = \frac{30.CCV}{TD} + \frac{M_{su}.FC_{as}}{2.PR.JP} \quad (30)$$

d.5) quando as capacidades de carga e descarga da moega são baixa e alta, respectivamente (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 31:

$$CM_{su} = \frac{M_{su}.FC_{as}}{PR.JR} \quad (31)$$

d.6) quando as capacidades de carga e descarga da moega são média e alta, respectivamente (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 32:

$$CM_{su} = \frac{2.M_{su}.FC_{as}}{PR.JR} \quad (32)$$

d.7) quando as capacidades de carga e descarga da moega são altas (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 33:

$$CM_{su} = \frac{60.CCV.FC_{as}}{TD} \quad (33)$$

e) Para máquina de pré-limpeza: sua capacidade encontra-se diretamente atrelada às capacidades dos transportadores do item anterior. Desta forma, e como o fator FC_{as} (utilizado nas equações 27 a 33) é diferente do fator FC_{pl} (item 3.2.3., literal d), a equação 34 permite a obtenção da capacidade de projeto deste equipamento, conhecido o valor de CM_{su} .

$$CM_{pl} = CM_{su} \frac{FC_{pl}}{FC_{as}} \quad (34)$$

em que

$$CM_{pl} = \text{capacidade min. para máquina de pré-limpeza, t.h}^{-1}.$$

f) Para transportadores (produto limpo e úmido): de modo geral, as capacidades dos transportadores após a máquina de pré-limpeza é a mesma daqueles que antecedem este equipamento. Como critério de otimização, adotou-se neste trabalho cálculo diferenciado destas capacidades, em função da redução de massa ocasionada pela eliminação das impurezas. À semelhança do literal d, as equações utilizadas são as 35 a 41, observando-se que a diferenciação consiste na substituição de M_{su} por M_{ls} . Este critério poderá ser desconsiderado tomando-se o resultado de qualquer das equações 27 a 33; assim, CM_{lu} e CM_{ls} poderão ser igualadas a CM_{su} .

f.1) quando a capacidade de descarga da moega é baixa, independente de sua capacidade de carga (situações b.1, b.2 e b.3 anteriores), utiliza-se a equação 35:

$$CM_{lu} = \frac{M_{lu}.FC_{as}}{PR \cdot JP} \quad (35)$$

em que

CM_{lu} = capacidade mínima para transportadores (produto limpo e úmido), t.h⁻¹.

f.2) quando as capacidades de carga e descarga da moega são baixa e média, respectivamente (situação b.4 anterior), utiliza-se a equação 36:

$$CM_{lu} = \frac{M_{lu}}{2.PR} \left(\frac{1}{JR} + \frac{FC_{as}}{JP} \right) \quad (36)$$

f.3) quando as capacidades de carga e descarga da moega são médias (situação b.5 anterior), utiliza-se a equação 37:

$$CM_{lu} = \frac{M_{lu}}{PR} \left(\frac{1}{JR} + \frac{FC_{as}}{2.JP} \right) \quad (37)$$

f.4) quando as capacidades de carga e descarga da moega são alta e média, respectivamente (situação b.6 anterior), utiliza-se a equação 38:

$$CM_{lu} = \frac{30.CCV}{TD} + \frac{M_{lu}.FC_{as}}{2.PR.JP} \quad (38)$$

f.5) quando as capacidades de carga e descarga da moega são baixa e alta, respectivamente (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 39:

$$CM_{lu} = \frac{M_{lu}.FC_{as}}{PR.JR} \quad (39)$$

f.6) quando as capacidades de carga e descarga da moega são média e alta, respectivamente (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 40:

$$CM_{lu} = \frac{2.M_{lu}.FC_{as}}{PR.JR} \quad (40)$$

f.7) quando as capacidades de carga e descarga da moega são altas (situação b.7 anterior), utiliza-se a equação 41:

$$CM_{lu} = \frac{60.\left[CCV - \left(CCV \cdot \frac{TI}{100}\right)\right].FC_{as}}{TD} \quad (41)$$

g) Para secador: a capacidade de projeto deste equipamento é calculada de acordo com a jornada de pré-processamento (*JP*) e não pela relação carga e descarga da moega, como nos equipamentos anteriores (equação 42).

$$CM_{sec} = \frac{M_{lu}.FC_{sec}}{PR \cdot JP} \quad (42)$$

em que

$$CM_{sec} = \text{capacidade mínima para secador, t.h}^{-1}.$$

h) Para transportadores (produto limpo e seco): à semelhança do literal f, novo critério de otimização, em função da redução de massa pela secagem é aplicado. Independente do uso ou não deste critério, a alteração de ME_i para ME_f é ajustada substituindo-se o fator de correção FC_{as} por FC_{ds} . A capacidades de projeto destes equipamentos também é calculada conforme literal anterior (equação 43).

$$CM_{ls} = \frac{M_{ls}.FC_{ds}}{PR \cdot JP} \quad (43)$$

em que

CM_{ls} = capacidade mínima para transportadores (produto limpo e seco), $t.h^{-1}$.

i) Para silo armazenador (equação 44):

$$CM_{silo} = \frac{1000 \cdot M_{ls}}{1,06 \cdot ME_f \cdot NS} \quad (44)$$

em que

CM_{silo} = capacidade mínima para silo armazenador, m^3 ;

1000 = fator de transformação de unidades: $t \rightarrow kg$, adim.;

NS = número de silos, adimensional.

Obs.: para o cálculo desta capacidade, admite-se a ME_f para a transformação de unidades (t para m^3) e ainda um índice de compactação de 6 %.

3.2.4.2. Capacidade selecionada

Obtidas as capacidades de projeto, o programa seleciona, individualmente, no banco de dados de cada equipamento, aquele que poderá ser encontrado no mercado e que atenda as condições mínimas do projeto. Raramente a capacidade desejada para um equipamento corresponde àquela oferecida pelo mercado. Assim, a seleção automática busca no banco de dados a capacidade igual ou imediatamente superior àquela de projeto; tem-se, então, a capacidade selecionada (CS).

Foram atualizadas as informações sobre equipamentos e máquinas produzidos pelos principais fabricantes do mercado nacional e, ainda, implementadas sobre outros, possibilitando compor o banco de dados da seguinte forma:

- **Balanças:** possibilita selecionar entre 71 balanças rodoviárias, rodo-ferroviárias e ferroviárias, com capacidades entre 30 e 120 t;
- **Elevadores de caçambas:** contém informações sobre 61 elevadores de caçambas, com capacidades entre 8 e 750 $t.h^{-1}$;
- **Máquinas para limpeza:** contém informações sobre 25 máquinas para limpeza, com capacidades entre 6 e 120 $t.h^{-1}$;

- **Máquinas para pré-limpeza:** contém informações sobre 23 máquinas para pré-limpeza, com capacidades entre 2 e 120 t.h⁻¹;
- **Roscas fixas:** contém informações sobre 24 transportadores helicoidais fixos, com capacidades entre 2 e 211 t.h⁻¹;
- **Roscas portáteis:** contém informações sobre 13 transportadores helicoidais móveis, com capacidades entre 18 e 80 t.h⁻¹;
- **Secadores:** seleciona 35 secadores de fluxos mistos, com capacidades entre 1 e 100 t.h⁻¹;
- **Silos armazenadores:** seleciona 219 silos, com capacidades entre 37,7 e 16.900 m³; e
- **Silos-Pulmão:** seleciona 40 silos-pulmão, com capacidades entre 6,67 e 533,7 m³.

A fim de otimizar o fluxo de produto o projetista deverá atentar-se para as capacidades selecionadas e as de projeto. As capacidades de projeto pressupõem, teoricamente, um fluxo contínuo e normal do produto em todo o sistema de pré-processamento e armazenamento. Entretanto, isto pode não ser verdadeiro para as capacidades selecionadas. Se, por exemplo, a capacidade corrigida de um elevador for igual a 5,0 t.h⁻¹ e a capacidade selecionada for igual a 8 t.h⁻¹, ocasionará um desvio igual a 60%, superdimensionando a capacidade do elevador selecionado. Na seleção dos demais equipamentos, também existirão desvios. Ocorre que as proporções entre os desvios observados não serão as mesmas. Portanto, deve-se realizar quantas seleções forem necessárias para minimizar a diferença entre o maior e o menor desvio.

O desvio entre a capacidade selecionada e a capacidade de projeto é calculado pela equação 45:

$$D_{cap} = 100 \cdot \left(\frac{CS}{CM} - 1 \right) \quad (45)$$

em que

D_{cap} = desvio entre capacidades, %;

CM = capacidade de projeto de um equipamento, t.h⁻¹; e

CS = capacidade selecionada de um equipamento, t.h⁻¹.

Para estimar estas capacidades e seus respectivos desvios, considerando-se as diferentes situações de carga e de descarga da moega, imaginou-se um projeto com os seguintes dados:

Produto = milho	$U_i = 23 \% \text{ bu}$	$JP = 22 \text{ h.dia}^{-1}$
$ER = 10.000 \text{ t}$	$U_f = 13 \% \text{ bu}$	$TD = 15 \text{ min}$
$PR = 45 \text{ dias}$	$TI = 3 \%$	$PMV = 11 \text{ t}$
$F = 10 \%$	$JR = 12 \text{ h.dia}^{-1}$	$CCV = 25 \text{ t}$
$FC_{as} = 1,078$	$ME_i = 695,8 \text{ kg.m}^{-3}$	

Substituindo-se estes valores nas equações 1 a 45, obtêm-se os resultados apresentados na Tabela 4.

3.2.5. Dimensionamento das moegas

Existem dois tipos de moegas para a recepção que poderão ser adotadas nos sistemas de pré-processamento e, ou, de armazenamento:

- moega circular; e
- moega retangular simples ou dupla.

Estas moegas podem ser visualizadas nas Figuras 8, 9 e 10, com as respectivas indicações dos transportadores.

Tabela 4 - Valores obtidos para capacidades de equipamentos e desvios

Equipamento	n°	item	un.	Situação de carga-descarga da moega								
				B-B	M-B	A-B	B-M	M-M	A-M	B-A	M-A	A-A
Balança	01	FC	ad.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		CM	t	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0
		CS	t	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
		D_{cap}	%	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
Moega	01	FC	ad.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		CM	m ³	144,76	248,04	309,25	72,38	124,02	154,62	9,0	9,0	9,0
		CS	m ³	144,76	248,04	309,25	72,38	124,02	154,62	9,0	9,0	9,0
		D_{cap}	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elevador (SU)	01	FC	ad.	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078
		CM	t.h ⁻¹	12,0	12,0	12,0	16,2	26,4	56,0	22,0	43,9	107,8
		CS	t.h ⁻¹	15,0	15,0	15,0	20,0	30,0	60,0	30,0	50,0	120,0

Pré-limpeza	02	D_{cap}	%	25,2	25,2	25,2	23,7	13,8	7,2	36,6	13,9	11,3	
		FC	ad.	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440	1,440
		CM	t.h ⁻¹	8,0	8,0	8,0	10,8	17,6	37,4	14,7	29,3	72,0	
		CS	t.h ⁻¹	8,0	8,0	8,0	15,0	20,0	40,0	15,0	30,0	75,0	
Elevador (LU)	02	D_{cap}	%	0,0	0,0	0,0	38,9	13,6	7,0	2,3	2,3	4,2	
		FC	ad.	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	1,078	
		CM	t.h ⁻¹	11,6	11,6	11,6	15,7	25,6	55,8	21,3	42,6	104,6	
		CS	t.h ⁻¹	15,0	15,0	15,0	20,0	30,0	60,0	30,0	50,0	120,0	
Silo-pulmão	01	D_{cap}	%	-	-	-	1,5	0,2	7,5	2,4	32,0	5,0	
		FC	ad.	-	-	-	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
		CM	m ³	-	-	-	70,2	120,3	150,0	131,4	231,6	291,0	
		CS	m ³	-	-	-	71,3	120,5	161,2	134,6	305,6	305,6	
Secador	01	D_{cap}	%	-	-	-	1,5	0,2	7,5	2,4	32,0	5,0	
		FC	ad.	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159	2,159	
		CM	t.h ⁻¹	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	
		CS	t.h ⁻¹	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Elevador (LS)	01	D_{cap}	%	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
		FC	ad.	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	
		CM	t.h ⁻¹	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	
		CS	t.h ⁻¹	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
Rosca carga silo	02	D_{cap}	%	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	
		FC	ad.	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	
		CM	t.h ⁻¹	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	
		CS	t.h ⁻¹	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	
Silo armazenador	04	D_{cap}	%	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	
		FC	ad.	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
		CM	m ³	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	2915,8	
		CS	m ³	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	2960,5	
Rosca descarga silo	04	D_{cap}	%	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
		FC	ad.	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	
		CM	t.h ⁻¹	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	
		CS	t.h ⁻¹	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	
Rosca fixa retorno	01	D_{cap}	%	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	
		FC	ad.	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	
		CM	t.h ⁻¹	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	
		CS	t.h ⁻¹	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	

FC = fator de correção; CM e CS = capacidades mínima e selecionada; D_{cap} = desvio entre capacidades

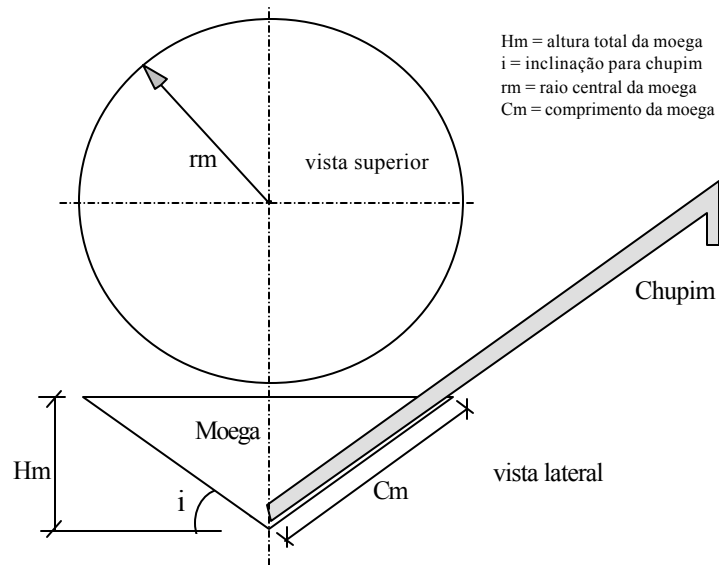


Figura 8 – Vistas superior e lateral de uma moega circular.

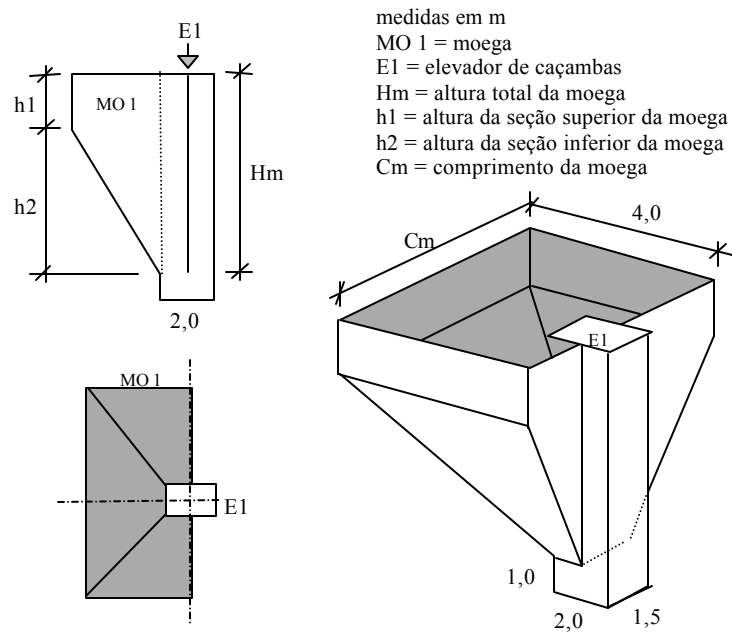


Figura 9 – Vistas superior, lateral e perspectiva de uma moega retangular simples, com espaço para elevador.

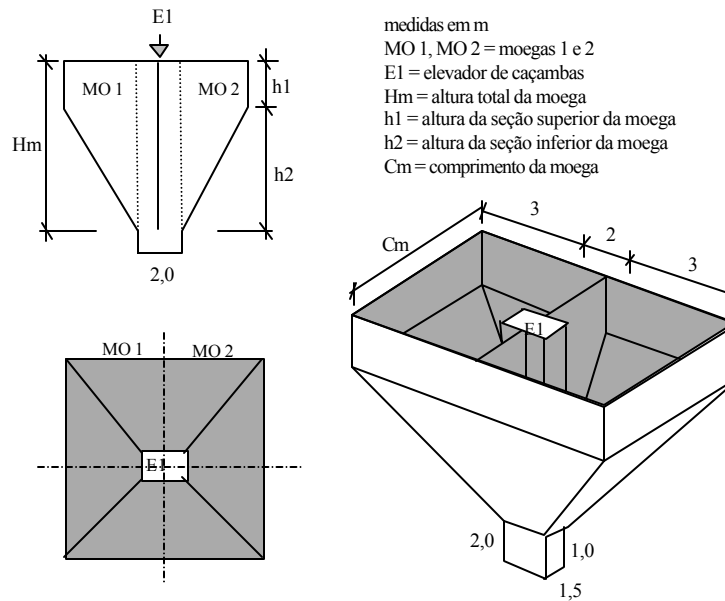


Figura 10 – Vistas superior, lateral e perspectiva de uma moega retangular dupla, com espaço para elevador.

Os critérios de dimensionamento são os seguintes:

a) Moega circular:

- Raio central da moega (equação 46):

$$r_m = \sqrt[3]{\frac{3}{\pi} \cdot CS_m \cdot \text{tg}(90 - i)} \quad (46)$$

em que

r_m = raio central da moega, m;
 CS_m = capacidade selecionada da moega, m³; e
 i = inclinação máxima igual a 30°.

- Altura total da moega (equação 47):

$$H_m = \frac{r_m}{\text{tg}(90 - i)} \quad (47)$$

em que

H_m = altura total da moega, m.

- Comprimento da moega (equação 48):

$$C_m = \sqrt{r_m^2 + H_m^2} \quad (48)$$

b) Moegas retangulares:

- Altura total da moega (equação 49):

$$H_m = \frac{CS_m - 9}{C_m \cdot L_m} + h_2 \quad (49)$$

em que

H_m = altura total da moega, m;
 CS_m = capacidade selecionada da moega, m³;
 C_m = comprimento da moega, m;
 L_m = largura da moega, m; e
 h_2 = altura da seção inferior da moega.

Conforme observado no item b.7 (p. 49), adotou-se neste trabalho um valor mínimo para a capacidade de moegas retangulares e circulares igual a 9,0 m³. Este volume representa as seguintes dimensões:

- $r_m = 2,46$ m; $H_m = 1,42$ m e $C_m = 2,84$ m para moegas circulares (vide Figura 8); e
- $L_m = 4$ m; $C_m = 4,5$ m; $h_1 = 0$ m e $h_2 = 3$ m ($\Rightarrow H_m = 3$ m) para moegas retangulares (vide Figura 9).

A princípio, mantendo-se constantes L_m , C_m e h_2 , uma capacidade para a moega maior do que 9 m³ só poderá ser obtida aumentando-se sua altura, fazendo $h_1 > 0$. Baseando-se nestas considerações, a equação 49 subtrai da capacidade de projeto (CS_m) a capacidade mínima para a moega, obtendo-se o volume necessário à seção superior da mesma. Sendo esta uma seção retangular, obtêm-se h_1 dividindo-se o volume encontrado pela sua área ($L_m \cdot C_m$).

Para evitar moegas de grandes profundidades e conseqüentes problemas com o lençol freático, relacionou-se H_m com C_m dentro dos limites:

- $C_m = 4,5$ m se $H_m \leq 4$ m;
- $C_m = 6,5$ m se $4 < H_m \leq 6$ m;
- $C_m = 8,5$ m se $6 < H_m \leq 8$ m;
- $C_m = 10,5$ m se $8 < H_m \leq 10$ m; ou
- $C_m = 12,5$ m se $H_m > 10$ m.

Assim, retoma-se à equação 49, refazendo-se os cálculos com um valor de C_m compatível com o limite estipulado para H_m , mantendo-se as demais variáveis constantes.

3.2.6. Variáveis técnicas referenciais

Ao considerar o dimensionamento de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos, determinados valores foram adotados como critérios do projetista ou especialista para a execução dos cálculos. Neste trabalho, serão considerados os seguintes valores obtidos nas unidades, em contato direto com técnicos e fabricantes e ainda nas referências citadas.

- Período de recebimento: $PR = 60$ dias;
- Folga sobre o recebimento: $F = 10$ %;
- Umidade dos grãos na recepção: $U_i = 23$ % bu;
- Teor de impureza: $TI = 3$ %;
- Umidade dos grãos após a secagem: $U_f = 13$ % bu (armazenamento até 12 meses, em silos com sistema de aeração; FLANDERS et al., 1998);
- Jornada de recebimento: $JR = 12$ h.dia⁻¹;
- Jornada de pré-processamento: $JP = 22$ h.dia⁻¹;
- Tempo de descarga do veículo: $TD = 15$ min;
- Peso médio do veículo: $PMV = 11$ t;
- Capacidade de carga do veículo: $CCV = 25$ t.

Sistema de armazenamento centralizado (Figura 11):

- Inclinação para descarga do elevador: $c = 45^\circ$;
- Distância entre paredes de silos: $S = 0,8$ m;
- Distância entre linhas de silos: $L = 2$ m; e
- Distância entre moega e silo: $P = 2$ m.

Sistema de armazenamento circular (Figura 12; LOEWER et al., 1994):

- Distância entre paredes de silos: $S = 0,8$ m;
- Inclinação para descarga do elevador: $c = 45^\circ$;
- Distância horizontal entre rosca e silo: $E = 0,3$ m;
- Distância vertical entre rosca e silo: $T = 0,3$ m; e
- Espaço mínimo para entrada de veículo: $U' = 6$ m.

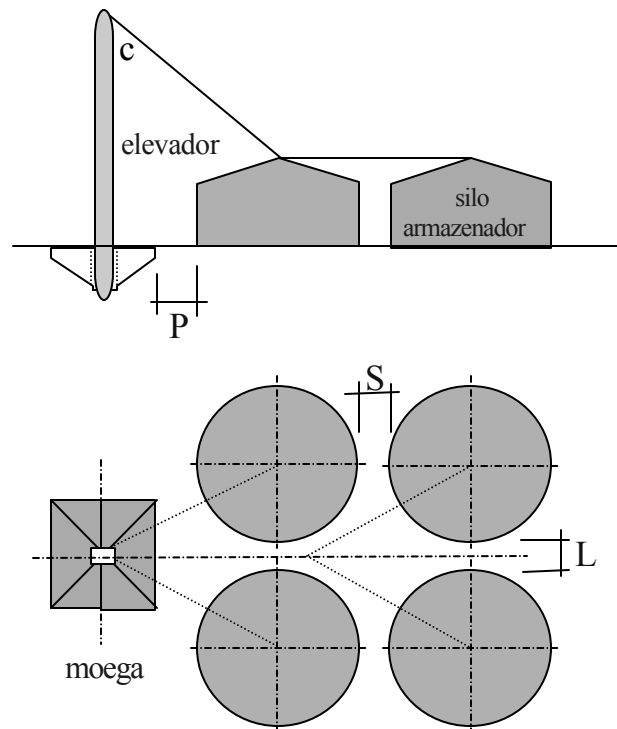


Figura 11 – Sistema de armazenamento centralizado, indicando algumas variáveis de projeto.

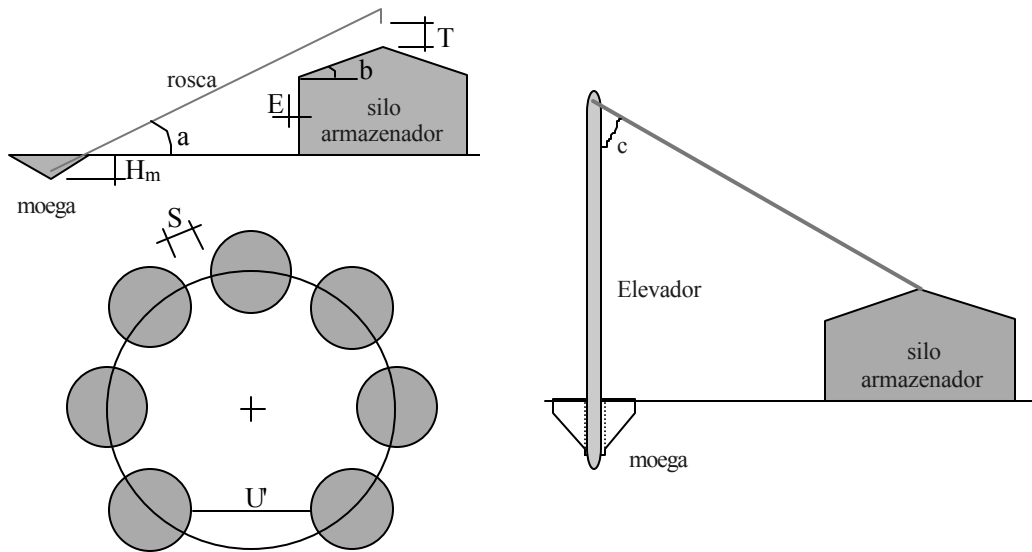


Figura 12 – Sistema de armazenamento circular, com rosca ou elevador para descarga da moega, indicando algumas variáveis de projeto.

3.2.7. Altura e comprimento dos transportadores

Em cada layout selecionado, existe uma distribuição de máquinas e equipamentos. Porém, tanto a altura dos elevadores como o comprimento dos transportadores helicoidais fixos ou móveis, são funções do diâmetro, comprimento, largura e altura da moega, máquina de pré-limpeza, silo-pulmão, secador e silo armazenador. As equações 50 a 57 são utilizadas para calcular a altura dos elevadores e o comprimento dos transportadores helicoidais portáteis (chupim) para sistemas armazenadores circulares.

3.2.7.1. Elevadores de caçambas

Para determinar as alturas dos elevadores de caçambas considera-se que após a elevação, o produto escoará livremente, por gravidade. Adota-se então, como valor mínimo, um ângulo igual a 45° formado entre a horizontal e o duto condutor de grãos.

A altura do elevador que transporta o produto da moega retangular para a máquina de pré-limpeza é obtida pela equação 50:

$$H_{su} = H_m + H_{pl} + \frac{C_{mpl}}{2} + 3 \quad (50)$$

em que

H_{su} = altura do elevador que transporta o produto sujo e úmido, m;

H_m = altura total da moega, m;

H_{pl} = altura da máquina de pré-limpeza, m; e

C_{mpl} = comprimento da máquina de pré-limpeza, m.

Obs.: considera-se 2 m a distância horizontal até o equipamento seguinte (variável) e 1 m a altura do poço, abaixo da moega.

A altura do elevador que transporta o produto da máquina de pré-limpeza ao silo-pulmão é obtida pela equação 51:

$$H_{lu-1} = H_{sp} + \frac{D_{sp}}{2} + 2 \quad (51)$$

em que

H_{lu-1} = altura do elevador que transporta o produto limpo e úmido, m;

H_{sp} = altura do silo-pulmão, m; e

D_{sp} = diâmetro do silo-pulmão, m.

Obs.: considera-se 2 m a distância horizontal até o equipamento seguinte (variável). Se a máquina de pré-limpeza é o equipamental final, tem-se o elevador terminal, com altura de 6 m (recomendada).

A altura do elevador que transporta o produto do silo-pulmão ao secador é obtida pela equação (52):

$$H_{lu-2} = H_{sec} + \frac{L_{sec}}{2} + 2 \quad (52)$$

em que

H_{lu-2} = altura do elevador que transporta o produto do silo-pulmão ao secador, m;

H_{sec} = altura do secador, m; e

L_{sec} = largura do secador, m.

Obs.: considera-se 2 m a distância horizontal até o equipamento seguinte (variável). Se o silo-pulmão é o equipamento final, tem-se o elevador terminal, com altura de 6 m (recomendada).

A altura do elevador que transporta o produto para os silos armazenadores no sistema centralizado é obtida pela equação 53 (vide Figura 11). Para sistema circular, vide item 3.2.8.

$$H_{ls-1} = \sqrt{\frac{\left(L_m + P + \frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{D+L}{2}\right)^2}{\text{tg}(c)}} + H_{silo} + (H_m + 1) \quad (53)$$

em que

H_{ls-1} = altura do elevador que transporta o produto limpo e seco, m;

D = diâmetro do silo armazenador, m;

L_m = largura da moega, m;

P = distância entre moega e silo, m;

H_{silo} = altura do silo armazenador, m;

H_m = altura total da moega, m; e

c = inclinação para descarga do elevador (mín. 45°), °.

Obs.: considerando-se moega simples, $L_m = 0$; sem moega, $(H_m + 1) = 0$.

3.2.7.2. Transportador helicoidal

Para determinar o comprimento dos transportadores helicoidais móveis, foram desenvolvidas e adotadas as equações 54, 55 e 56.

O comprimento do transportador helicoidal que transporta o produto da moega circular para a máquina de pré-limpeza é obtido pela equação 54.

$$CR_{su} = C_m + \frac{H_{pl}}{\text{sen}(i)} + \frac{C_{mpl}}{2 \cdot \cos(i)} \quad (54)$$

em que

CR_{su} = comprimento do chupim que transporta o produto sujo e úmido, m;

C_m = comprimento da moega, m;

H_{pl} = altura da máquina de pré-limpeza, m;

C_{mpl} = comprimento da máquina de pré-limpeza, m; e
 i = inclinação máxima, ° (= 30°).

O comprimento do transportador helicoidal que transporta o produto da máquina de pré-limpeza ao silo-pulmão é obtido pela equação 55:

$$CR_{lu-1} = \frac{H_{sp}}{\text{sen}(i)} + \frac{D_{sp}}{2 \cdot \cos(i)} \quad (55)$$

em que

CR_{lu-1} = comprimento do chupim 1 que transporta o produto limpo e úmido, m;
 H_{sp} = altura do silo-pulmão, m;
 D_{sp} = diâmetro do silo-pulmão, m; e
 i = inclinação máxima, ° (= 30°).

O comprimento do transportador helicoidal que transporta o produto do silo-pulmão ao secador é obtido pela equação 56.

$$CR_{lu-1} = \frac{H_{sec}}{\text{sen}(i)} + \frac{L_{sec}}{2 \cdot \cos(i)} \quad (56)$$

em que

CR_{lu-2} = comprimento do chupim 2 que transporta o produto limpo e úmido, m;
 H_{sec} = altura do secador, m;
 L_{sec} = largura do secador, m; e
 i = inclinação máxima, ° (= 30°).

Quanto ao cálculo do comprimento dos transportadores fixos, têm-se as seguintes situações:

- a) transportadores superiores e de retorno: a distância do centro do 1º silo ao centro do último silo (Figura 11) corresponde ao comprimento dos transportadores; tem-se CR_{ls-s} e CR_{ls-r} , respectivamente, que transportam o produto limpo e seco; e
- b) roscas de descarga dos silos (equação 57; Figura 11):

$$CR_{ls-d} = \sqrt{\left(L_m + P + \frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{D+L}{2}\right)^2} \quad (57)$$

em que

CR_{ls-d} = comprimento da rosca de descarga dos silos, m.

3.2.8. Cálculos de projeto para sistemas circulares

A metodologia utilizada para os cálculos de projeto de sistemas circulares adotada neste trabalho foi adaptada de LOEWER et al. (1994) e será descrita a seguir. A Figura 13 ilustra as especificações básicas de projeto.

Um transportador helicoidal fixo poderá ser utilizado para transportar o produto do secador até o centro dos silos armazenadores, caso o sistema de pré-processamento seja instalado fora do círculo (situação mais comum). Seu comprimento pode ser determinado pela soma dos raios central e do silo, considerando-se, ainda, uma distância horizontal entre a parede do silo armazenador e do secador, a ser definida conforme as características do projeto.

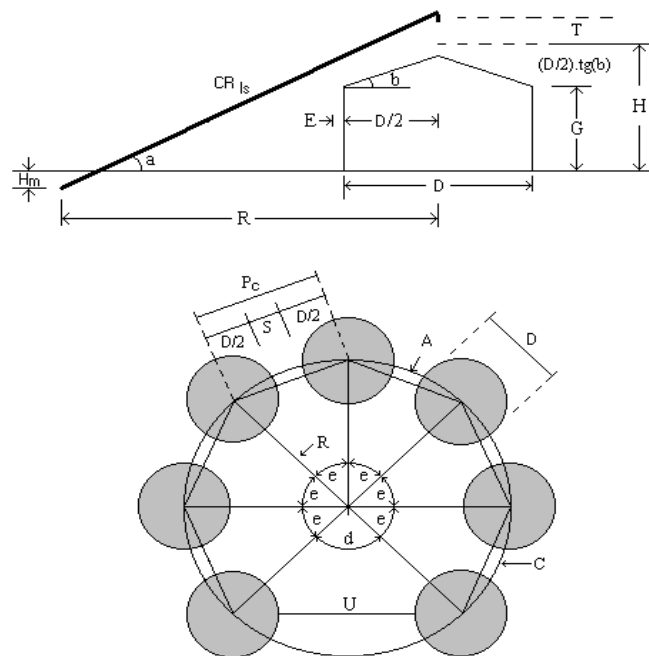


Figura 13 - Especificações de projeto para layout circular de silos.

- Altura mínima de carga (equação 58):

$$H' = G + \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg}(b) + T \quad (58)$$

em que

H' = altura mínima de carga, m;
 G = distância da superfície até a cobertura do silo, m;
 D = diâmetro do silo armazenador, m;
 b = inclinação do telhado do silo, °; e
 T = espaço livre vertical entre a rosca e o topo do silo, m.

- Inclinação mínima da rosca (equação 59):

$$a' = \operatorname{arctg} \left(\frac{T + \frac{D}{2} \cdot \operatorname{tg}(b)}{\frac{D}{2} + E} \right) \quad (59)$$

em que

a' = inclinação mínima da rosca, °
 E = espaço horizontal entre a rosca e a parede do silo, m.

- Comprimento mínimo da rosca (equação 60):

$$CR'_{ls} = \frac{H' + H_m}{\operatorname{sen}(a')} \quad (60)$$

em que

CR'_{ls} = comprimento mínimo da rosca, °.

Arredonda-se o valor de CR'_{ls} para o inteiro superior e tem-se o comprimento requerido para a rosca, CR_{ls} , em m. Com o valor de CR_{ls} , calcula-se a altura de carga atual.

- Altura de carga atual (equação 61):

$$H = CR_{ls} \cdot \operatorname{sen}(a') - H_m \quad (61)$$

em que

H = altura de carga atual, m.

- Raio central do sistema (equação 62):

$$R = \sqrt{CR_{ls}^2 - (H + H_m)^2} \quad (62)$$

em que

R = raio central do sistema, m.

- Comprimento da corda (equação 63):

$$P_c = D + S \quad (63)$$

em que

P_c = comprimento da corda, m.

- Ângulo entre silos (equação 64):

$$e = 2 \arcsen \left(\frac{P_c}{2R} \right) \quad (64)$$

em que

e = ângulo entre silos, °.

- Comprimento do arco entre silos contíguos (equação 65):

$$A = \frac{R \cdot e}{57,3} \quad (65)$$

em que

A = comprimento do arco entre silos contíguos, m.

- Circunferência do raio central (equação 66):

$$C = 2 \cdot \pi \cdot R \quad (66)$$

em que

C = circunferência do raio central, m.

- Número de silos admissíveis (equação 67):

$$N = \frac{C}{A} \quad (67)$$

em que

N = número de silos admissíveis, adimensional.

Arredonda-se o valor de N para o inteiro inferior e tem-se o número máximo de silos que podem ser construídos, NS , em unidades.

- Ângulo de recebimento (equação 68):

$$d = \frac{C - A \cdot (NS - 1)}{R} \cdot 57,3 \quad (68)$$

em que

d = ângulo de recebimento, °.

- Largura de descarga (equação 69):

$$U = 2R \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{d}{2}\right) - D \quad (69)$$

em que

U = largura de descarga, m.

Se U é menor do que a largura mínima admitida para a descarga, U' , em m, faz-se $NS-1$ e calcula-se novamente d e U até que $U \geq U'$.

- Altura de descarga para o elevador de caçambas (equação 70):

$$H_{Is-2} = \operatorname{tg}(c) \cdot R + G + \operatorname{tg}(b) \cdot \left(\frac{D}{2}\right) + H_m \quad (70)$$

em que

H_{Is-2} = altura de descarga para o elevador de caçambas, m.

3.3. Parâmetros econômicos

3.3.1. Estimativa de custo

Neste trabalho, persistiu a dificuldade relacionada à obtenção de informações precisas sobre máquinas e equipamentos, através de seus fabricantes. Assim, regressões foram realizadas com os resultados reais para a obtenção de equações, descritas a seguir, capazes de fornecer valores aproximados. Estas equações apresentam valores referentes a outubro/2000, em reais.

- Custo da balança rodoviária

Para estimar do custo das balanças rodoviárias, utilizou-se a equação 71, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9941, em relação aos valores da Tabela 4A (Apêndice), para a faixa de 30 a 80 t:

$$C_{rodov} = 6200,1879 \cdot e^{0,0178 \cdot CS_{bal}} \quad (71)$$

em que

C_{rodov} = custo da balança rodoviária, R\$; e

CS_{bal} = capacidade selecionada da balança, t.

Obs.: neste trabalho, utilizou-se apenas as balanças rodoviárias.

- Custo da moega

O custo das moegas, retangular e circular, foi determinado considerando-se um valor estimado para sua construção que, no caso, é $C_{mr} = \text{R\$ } 337,00$ e $C_{mc} = \text{R\$ } 236,00$ por m^3 , respectivamente (INFORMADOR DAS CONSTRUÇÕES, 2000). Esta estimativa baseou-se na seguinte composição de custo e materiais de construção:

1. localização, escavação e transporte até 30 m;
2. compactação e acerto de laterais, incluindo fôrma e desfôrma;
4. corte e dobra de ferragem;
5. ferragem de malha dupla;
6. concreto, lançamento e revestimento com impermeabilização; e
7. grade superior e mão-de-obra.

- Custo do elevador de caçambas

Para estimar o custo do elevador de caçambas, utilizou-se a equação 72, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9883, em relação aos valores da Tabela 5A (Apêndice), para a faixa de 20 a 120 t.h^{-1} :

$$C_{elev} = \ln(CS_{elev}) \cdot \left(1646,66 + 106,67 \cdot \frac{H_{elev}}{2} \right) - 101,56 \cdot \left(20,67 + \frac{H_{elev}}{2} \right) \quad (72)$$

em que

C_{elev} = custo do elevador de caçambas, R\$;

CS_{elev} = capacidade selecionada do elevador, $t.h^{-1}$; e
 H_{elev} = altura do elevador, m

Obs.: $\frac{H_{elev}}{2}$ representa o nº de módulos do elevador; arredonda-se ao inteiro superior o resultado da divisão para a equação; equação válida para $6 \leq H_{elev} \leq 40$ m.

- Custo do transportador helicoidal portátil

Para estimar o custo do transportador helicoidal portátil, utilizou-se a equação 73, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9941, em relação aos valores da Tabela 6A (Apêndice), para a faixa de 18 a 60 $t.h^{-1}$:

$$C_{THP} = \frac{1666,4503 \cdot (CS_{THP})^{0,4111} \cdot CR}{CR_{max}} \quad (73)$$

em que

C_{THP} = custo do transportador helicoidal portátil, R\$;
 CS_{THP} = capacidade selecionada do transportador helicoidal portátil, $t.h^{-1}$;
 CR_{max} = comprimento máximo do transportador helicoidal portátil (catálogo), m; e
 CR = comprimento do transportador helicoidal portátil, m.
 Obs.: equação válida para $4 \leq CR_{max} \leq 10$ m.

- Custo do transportador helicoidal fixo

Para estimar o custo do transportador helicoidal fixo, utilizou-se a equação 74, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9919, em relação aos valores da Tabela 7A (Apêndice), para a faixa de 2 a 100 $t.h^{-1}$:

$$C_{rosca} = \frac{5233,81 \cdot (CS_{rosca})^{0,1667} \cdot CRF}{CRF_{max}} \quad (74)$$

em que

C_{rosca} = custo do transportador helicoidal fixo, R\$;
 CS_{rosca} = capacidade selecionada do transportador helicoidal fixo, $t.h^{-1}$;
 CRF_{max} = comprimento máximo do transportador helicoidal fixo (catálogo), m; e
 CRF = comprimento da rosca fixa, m.

Obs.: equação válida para $3 \leq CRF_{max} \leq 25$ m.

- Custo máquina de pré-limpeza

Para estimar o custo da máquina de pré-limpeza, utilizou-se a equação 75, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9201, em relação aos valores da Tabela 8A (Apêndice), para a faixa de 30 a 60 t.h⁻¹:

$$C_{pl} = 6264,4118 \cdot e^{0,0179CS_{pl}} \quad (75)$$

em que

C_{pl} = custo da máquina de pré-limpeza, R\$; e
 CS_{pl} = capacidade selecionada da máquina de pré-limpeza, t.h⁻¹.

- Custo do silo-pulmão

Para estimar o custo do silo-pulmão, utilizou-se a equação 76, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9744, em relação aos valores da Tabela 9A (Apêndice), para a faixa de 48,82 a 553,13 m³:

$$C_{sp} = 1555,4121 \cdot CS_{sp}^{0,5426} \quad (76)$$

em que

C_{sp} = custo do silo-pulmão, R\$; e
 CS_{sp} = capacidade selecionada do silo-pulmão, t.h⁻¹.

- Custo do secador

O custo do secador, incluindo fomalha, foi determinado pela equação 77, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9942, em relação aos valores da Tabela 10A (Apêndice), para a faixa de 10 a 100 t.h⁻¹:

$$C_{sec} = 12796,5507 + 1434,5593 \cdot CS_{sec} \quad (77)$$

em que

C_{sec} = custo do secador, R\$; e
 CS_{sec} = capacidade selecionada do secador, t.h⁻¹.

- Custo do silo armazenador

Para estimar o custo do silo armazenador, incluindo espalhador de grãos e rosca varredoura (sem fundação e instalação), utilizou-se a equação 78, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9983, em relação aos valores da Tabela 11A (Apêndice), para a faixa de 37,6 a 17823,7 m³:

$$C_{silo} = 4451,6076 + 21,2803 \cdot CS_{silo} \quad (78)$$

em que

$$C_{silo} = \text{custo do silo armazenador, R\$; e}$$

$$CS_{silo} = \text{capacidade selecionada do silo armazenador, m}^3.$$

- **Custo da lenha**

O consumo de lenha pela fomalha do secador foi estimado pela equação 79, cujo coeficiente de determinação é igual a 0,9951, em relação aos valores da Tabela 12A (Apêndice):

$$CL_{for} = 0,0455 \cdot CS_{sec} - 0,1094 \quad (79)$$

em que

$$CL_{for} = \text{consumo de lenha pela fomalha do secador, m}^3 \cdot \text{h}^{-1}; \text{ e}$$

$$CS_{sec} = \text{capacidade selecionada do secador, t} \cdot \text{h}^{-1}.$$

O valor de CL_{for} calculado pela equação 79 foi multiplicado pelo n^o de horas de secagem ($= PR \cdot JP$) e pelo volume de lenha (m³ em estêreo) ao preço de R\$ 15,00.m³, na região do Triângulo Mineiro, MG. Tem-se, então, o custo da lenha, C_{lenha} , em R\$, consumida pela fomalha para toda a secagem.

- **Custo de eletricidade**

O custo de eletricidade foi obtido considerando-se a equação 80, para Tarifa Convencional (TARIFAS, 1988), e os preços segundo a Resolução 87 da ANEEL, de 06/04/2000 (CEMIG, 2000):

$$C_{elctr} = (D_{fat} \cdot T_{dem}) + (C_{fat} \cdot T_{cons}) \quad (80)$$

em que

C_{elctr} = custo da eletricidade convencional, R\$;
 D_{fat} = demanda faturável, kW;
 T_{dem} = tarifa de demanda, R\$.kWh⁻¹ (6,1 R\$.kWh⁻¹);
 C_{fat} = consumo durante o ciclo de faturamento, kWh; e
 T_{cons} = tarifa de consumo, R\$.kWh⁻¹ (0,0894 R\$.kWh⁻¹).

- Custo de mão-de-obra

Em Resultados e Discussão verifica-se 5 propostas alternativas de projetos de investimento, denominadas S1, S2, S3, S4 e S5. Cada projeto apresenta potencial crescente das atividades de pré-processamento e armazenamento na propriedade e, desta forma, a necessidade de um número definido de funcionários. A Tabela 5 apresenta uma composição para o quadro de funcionários, sugerida para cada proposta de investimento.

Tabela 5 – Quadro de funcionários sugerida para cada alternativa de projeto de investimento

Função	Quantidade					Salário R\$/mês	Enc. Sociais %	Vínculo mês
	S1	S2	S3	S4	S5			
Gerente geral	0	0	1	1	1	1500,00	102,06 ¹	Fixo
Engenheiro	0	0	0	1	1	1500,00	102,06 ¹	Fixo
Encarregado escritório	0	0	0	1	1	800,00	102,06 ¹	Fixo
Vigilante	0	1	3	3	3	400,00	102,06 ¹	Fixo
Auxiliar de serviços gerais	1	2	4	2	4	200,00	102,06 ¹	Fixo
Encarregado operacional	0	1	1	1	2	800,00	70,02	Safra
Eletricista/Mecânico	0	0	1	1	2	800,00	70,02	Safra
Operador da balança	0	0	2	0	2	400,00	70,02	Safra
Operador do secador	0	0	2	0	2	400,00	70,02	Safra
Laboratorista	0	0	2	1	2	400,00	70,02	Safra
Auxiliar de escritório	0	1	1	1	1	400,00	70,02	Safra
Auxiliar diarista	2	2	4	1	4	15,0.dia ⁻¹	70,02	Safra
Braçagista (chapa)	0	2	4	2	4	0,30.t ⁻¹	70,02 ²	Safra

Fonte: 1 – PASTORE, 1997; 2 – CONAB, 2000

3.3.2. Medidas para análise de investimento

- a) Tempo de retorno do capital investido (equação 81, REZENDE, 1997):

$$TRCI = \frac{I}{R_n} \quad (81)$$

em que

$TRCI$ = tempo de retorno do capital investido, anos;

I = investimento inicial, R\$; e

R_n = receita nominal, R\$.ano⁻¹.

Considera-se que o investimento inicial ocorre totalmente no 1º ano (ano zero) e que nos anos subseqüentes os saldos serão constantes. Pressupõe-se que o sistema de pré-processamento e armazenamento será utilizado em plena capacidade, anualmente, ao longo do horizonte do investimento (REZENDE, 1997).

b) Relação receita-custo (equação 82):

$$RRC = \frac{\sum_{T=1}^{20} S_n}{I} \quad (82)$$

em que

RRC = relação receita-custo, adimensional; e

$\sum S_n$ = somatório dos saldos até o final do horizonte de planejamento ($n = 20$ anos), R\$.

c) Valor presente (equação 83; SILVA, 1994):

$$VPL = -I + \frac{S_1}{(1+T_x)} + \frac{S_2}{(1+T_x)^2} + \dots + \frac{S_{20}}{(1+T_x)^{20}} \quad (83)$$

em que

VPL = valor presente, R\$;

S_n = saldo financeiro no ano n , R\$;

T_x = taxa anual de juros, decimal; e

$1, 2, \dots, 20$ = ano do horizonte de planejamento, anos.

d) Taxa interna de retorno (equação 84; SILVA, 1994):

$$-I + \frac{S_1}{(1+TIR)} + \frac{S_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{S_{20}}{(1+TIR)^{20}} = 0 \quad (84)$$

em que

TIR = taxa interna de retorno, % a.a..

3.3.3. Medidas para análise de renda e custo

a) Renda bruta total da pós-colheita (equação 85; REZENDE, 1997):

$$RBT = 16,67 \cdot M_{lsa} \cdot [P_2 - P_1 \cdot (1 + t_x)^{TA}] \quad (85)$$

em que

RBT = renda bruta total da pós-colheita, R\$.ano⁻¹;

M_{lsa} = massa do produto limpo e seco após armazenagem, t;

t_x = taxa mensal de juros, decimal;

TA = tempo de armazenagem, meses;

P_1 = custo variável de produção, R\$.sc⁻¹; e

P_2 = preço do produto no final do armazenagem, R\$.sc⁻¹.

A correção do custo variável de produção por uma taxa mensal de juros é considerada até o final do período de armazenagem. Dessa forma, assume-se que o produtor poderia vender sua produção logo após a colheita e aplicar a renda obtida no mercado financeiro, gerando dividendos reais de t_x % a.m. Ressalta-se que é considerado como renda bruta total da pós-colheita o diferencial entre o preço de entressafra (preço de venda) e o custo variável de produção capitalizado até o período da venda do produto. Esse procedimento identifica criteriosamente os reais retornos brutos atribuíveis à implantação do sistema de pré-processamento e armazenagem de grãos na fazenda (REZENDE, 1997).

Para estimar o custo variável de produção (até a colheita), foram considerados os seguintes valores (baseados em dados fornecidos pela FAEG - Federação da Agricultura do Estado de Goiás, em outubro de 2000):

- arroz em plantio de sequeiro: 617,8 R\$.ha⁻¹;
- milho em plantio convencional: 743,2 R\$.ha⁻¹; e
- soja em plantio convencional: 559,9 R\$.ha⁻¹.

Para estimar o preço de venda, utilizou-se uma série temporal contendo preços mensais médios recebidos pelos produtores (produto limpo e seco), correspondentes ao período de 1991-2000. Os preços considerados neste estudo para os referidos produtos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Variação média mensal do preço da saca de arroz, milho e soja no período de 1991-2000

Mês	Preço de Venda, em R\$.sc ⁻¹		
	Arroz	Milho	Soja
Janeiro	24,69	14,38	22,70
Fevereiro	24,69	12,88	21,68
Março	22,21	11,78	20,34
Abril	22,00	11,47	19,79
Mai	20,89	11,70	19,92
Junho	21,19	11,49	19,68
Julho	21,24	11,73	19,80
Agosto	21,63	12,53	20,65
Setembro	22,16	12,43	21,28
Outubro	22,97	13,02	22,64
Novembro	23,94	13,96	22,55
Dezembro	24,08	13,66	22,38

Fonte: Caderno de Estatísticas, 2000

b) Margem bruta total (equação 86; VALE et al., 1996):

$$MBT = RBT - CVT \quad (86)$$

em que

$$MBT = \text{margem bruta total, R$.ano}^{-1}; \text{ e}$$

$$CVT = \text{custo variável total, R$.ano}^{-1}.$$

c) Renda líquida operacional (equação 87; VALE et al., 1996):

$$RLOp = RBT - COpT \quad (87)$$

em que

$$RLOp = \text{renda líquida operacional, R$.ano}^{-1}; \text{ e}$$

$$COpT = \text{custo operacional total, R$.ano}^{-1}.$$

d) Renda líquida total (equação 88; VALE et al., 1996):

$$RLT = RBT - CT \quad (88)$$

em que

RLT = renda líquida total, R\$.ano⁻¹; e
 CT = custo total, R\$.ano⁻¹.

3.3.4. Medidas para análise de custo

a) Custo de oportunidade do capital empatado (equação 89; VALE et al., 1996):

$$CO = \frac{V_{ic} + V_{fc}}{2} \cdot T_x \quad (89)$$

em que

CO = custo de oportunidade do capital empatado, R\$.ano⁻¹;
 V_{ic} = valor inicial do capital, R\$;
 V_{fc} = valor final do capital (= 0), R\$; e
 t_x = taxa mensal de juros, decimal.

b) Depreciação linear (equação 90; NORONHA, 1987):

$$D_a = \frac{V_{ic} - V_{fc}}{n} \quad (90)$$

em que

D_a = depreciação linear, R\$.ano⁻¹; e
 n = horizonte de planejamento, anos.

c) Custo fixo total (equação 91; REIS et al., 1986):

$$CFT = CO + D_a \quad (91)$$

em que

CFT = custo fixo total, R\$.ano⁻¹.

d) Custo variável total (equação 92):

$$CVT = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (92)$$

em que

$$\begin{aligned} CVT &= \text{custo variável total, R\$.ano}^{-1}; \\ C_1 &= \text{custo da mão-de-obra, R\$.ano}^{-1}; \\ C_2 &= \text{custo da eletricidade, R\$.ano}^{-1}; \\ C_3 &= \text{custo da lenha, R\$.ano}^{-1}; \text{ e} \\ C_4 &= \text{custo de manutenção e conservação, R\$.ano}^{-1}. \end{aligned}$$

e) Custo total (equação 93; REIS et al., 1986):

$$CT = CFT + CVT \quad (93)$$

em que

$$CT = \text{custo total, R\$.ano}^{-1}.$$

f) Custo operacional total (equação 94; REIS et al., 1986):

$$COpT = CVT + D_a = CT - CO \quad (94)$$

em que

$$COpT = \text{custo operacional total, R\$.ano}^{-1}.$$

3.3.5. Procedimento da análise incremental

As alternativas de projetos de investimento propostas neste trabalho são as seguintes:

- a) *Projeto S1*: sistemas de pré-processamento e armazenagem a cargo de terceiros;
- b) *Projeto S2*: operação de pré-limpeza na fazenda, com operações de secagem e de armazenagem a cargo de terceiros;
- c) *Projeto S3*: sistema de pré-processamento na fazenda e sistema de armazenagem a cargo de terceiros;
- d) *Projeto S4*: sistema de pré-processamento a cargo de terceiros e sistema de armazenagem na fazenda; e

- e) *Projeto S5*: sistemas de pré-processamento e armazenagem na fazenda.

Na condição de projetos mutuamente excludentes, conforme observado anteriormente, apresentar-se-á a metodologia da análise incremental que foi recomendada por LAPONNI (1996) para a tomada de decisão sobre a escolha de projetos.

Sejam n projetos aprovados ($VPL > 0$ ou $TIR > k$) A_1, A_2, \dots, A_n , sendo que o projeto A_j tem um valor de investimento maior que o projeto A_{j-1} . O procedimento da análise incremental aplicado com os métodos do VPL e da TIR, é o seguinte:

1. todos os projetos aprovados são agrupados em ordem crescente do valor (absoluto) do investimento;
2. análise é iniciada aceitando-se o projeto com menor valor de investimento, denominado projeto desafiado, isto é, A_1 . A seguir, desafia-se esse projeto com o projeto seguinte, projeto desafiante A_2 , cujo valor de investimento é maior que o do projeto desafiado;
3. prepara-se o fluxo de caixa incremental, formado pela diferença entre os fluxos de caixa de A_2 e de A_1 , isto é, $A_2 - A_1$. Calcula-se o incremento do valor do investimento e os incrementos dos retornos anuais do projeto desafiante, obtendo o fluxo de caixa incremental, denominado $\Delta(A_2 - A_1)$;
4. calcula-se o VPL ou a TIR do fluxo de caixa incremental $\Delta(A_2 - A_1)$, e aplica-se os critérios conhecidos:
 - a) se $VPL > 0$, ou $TIR > k$, então o projeto A_2 é melhor que o projeto A_1 . Nesse caso, o projeto A_2 é aceito em detrimento do projeto A_1 ;
 - b) caso contrário, se $VPL < 0$ ou $TIR < k$, o projeto desafiante A_2 será rejeitado e o projeto A_1 será mantido;
5. a seguir, o projeto escolhido no item 4 é comparado a um novo projeto A_3 , isto é:

- a) se o projeto A_2 for melhor que A_1 , então o projeto A_2 é comparado ao A_3 ;
 - b) se A_1 for melhor que A_2 , então A_1 é comparado ao A_3 ;
- Repete-se este procedimento, no fluxo de caixa incremental correspondente, isto é, $\Delta(A_3-A_2)$ ou $\Delta(A_3-A_1)$;
6. os itens 3, 4 e 5 deste procedimento serão repetidos até que se esgotem os n projetos de investimento;
 7. Por último, é recomendado o projeto que requeira o maior investimento para o qual cada incremento de capital foi justificado.

3.3.6. Variáveis econômicas referenciais

Similarmente ao dimensionamento de unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos, algumas recomendações ou limites também poderão ser adotados como critérios do projetista ou especialista para as avaliações econômicas dos sistemas projetados. Neste trabalho, os seguintes valores econômicos obtidos por meio de informações diretas nas unidades da CONAB, CASEMG e CAROL, situadas na cidade de Uberaba, Minas Gerais, e utilizadas por REZENDE (1997) foram considerados, para os serviços de terceiros ou próprios, e para a determinação de custos:

- Custo do frete = 5,00 R\$.t⁻¹;
- Custo de recepção = 0,87 R\$.t⁻¹;
- Custo de braçagem/descarga = 0,75 R\$.t⁻¹;
- Custo de pré-limpeza = 1,08 R\$.t⁻¹;
- Custo de secagem = 4,48 R\$.t⁻¹;
- Custo de armazenagem = 0,89 R\$.t⁻¹;
- Custo de expedição = 1,08 R\$.t⁻¹;
- Custo de administração = 10 % sobre massa do produto limpo e seco;
- Taxa de manutenção = 2 % sobre o investimento inicial;
- Custo do projeto = 2 % sobre o investimento inicial;

- Quebra técnica = 0,3 % a.m.;
- Horizonte de planejamento = 20 anos;
- Taxa de juros referencial = 10 % a.a.;
- Custo de instalação = 12 % sobre o custo do equipamento;
- Custo de execução da fundação para a instalação de equipamentos = 15 % sobre o custo do equipamento;
- Custo de execução da fundação para a instalação do silo armazenador = 40 % sobre custo do silo armazenador;
- Custo do sistema de aeração = 5 % sobre custo do silo armazenador; e
- Custo do sistema de termometria = 5 % sobre custo do silo armazenador.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tela inicial do aplicativo principal é apresentada na Figura 14. A tecla *iniciar* permite acesso à tela imediata (Figura 15), mostrando o Menu Principal com seus aplicativos básicos.



Figura 14 - Tela inicial do aplicativo principal.

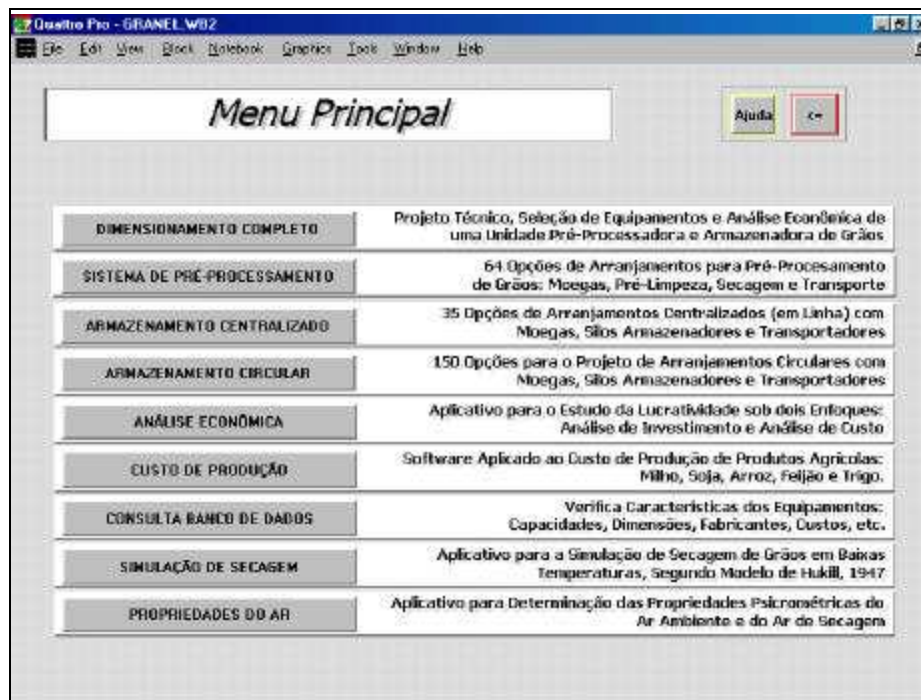


Figura 15 – Menu principal.

O primeiro aplicativo, acessado pela tecla *DIMENSIONAMENTO COMPLETO*, constitui o foco destes Resultados e Discussão, pois possibilita a visualização de todos os dimensionamentos técnicos e as avaliações econômicas para sistemas pré-processadores e armazenadores de grãos - SPPA.

O segundo aplicativo possibilita a seleção de 64 tipos de layouts para sistemas pré-processadores. O terceiro e o quarto aplicativos correspondem a sistemas individualizados para o armazenamento em arranjos centralizados ou circulares, cada um com 35 e 150 opções de layouts, respectivamente.

O aplicativo acessado pela tecla *ANÁLISE ECONÔMICA* foi desenvolvido para avaliação econômica de unidades implantadas, sendo bastante interessante na quantificação de custo e rentabilidade dos sistemas.

Com os demais módulos, de caráter secundário quando tomados individualmente, desenvolveu-se uma metodologia para o projeto e a avaliação econômica de SPPA, integrada em um pacote contendo 17 aplicativos que, inter-relacionados, compõem aproximadamente 12.000 layouts.

4.1. Dimensionamento técnico completo

A seguir, será considerada a estrutura do aplicativo principal por meio de um exemplo completo de dimensionamento e avaliação econômica, conforme as informações contidas na Figura 16. Posteriormente, um segundo exemplo, em caráter ilustrativo, apresentará o dimensionamento de um sistema de armazenagem circular, acompanhado de comentários.

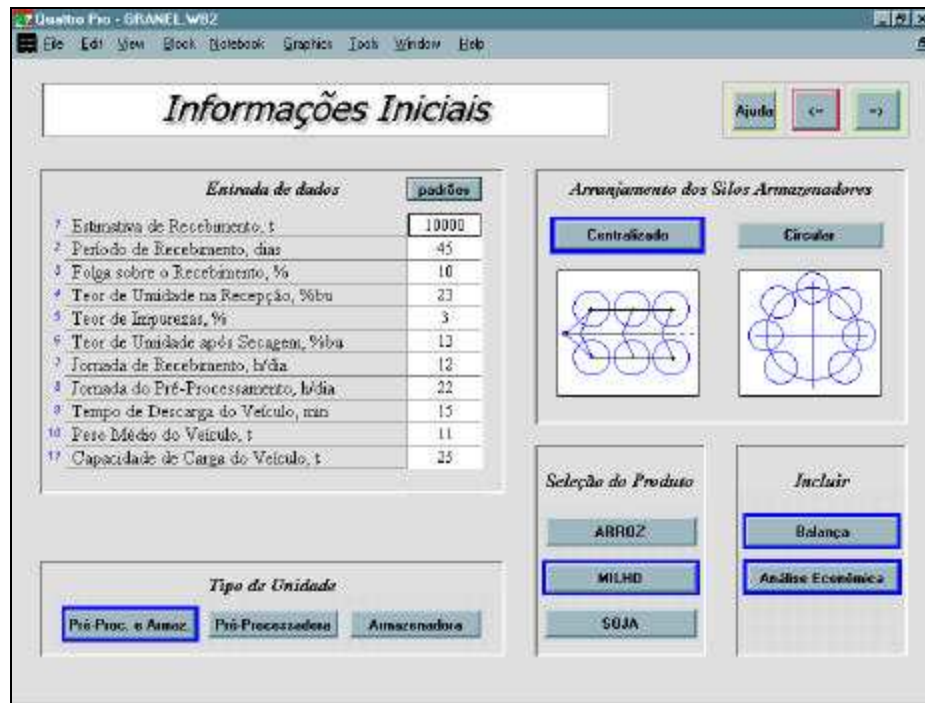


Figura 16 – Exemplo de um projeto completo, indicando as variáveis e os critérios iniciais.

Observe que, pela Figura 16, as principais informações para os dimensionamentos foram solicitadas e, tratando-se de um projeto completo, as duas opções para o layout dos silos são apresentadas. Neste exemplo contempla-se o recebimento de 10.000 t de milho, em sistema centralizado, com balança.

Os critérios de otimização quanto à diferenciação de capacidades e correção da massa específica foram selecionados podendo ser visualizados graficamente na tela da Figura 17.



Figura 17 – Base técnica do projeto, incluindo critérios de otimização.

Caso não fossem diferenciadas, todas as capacidades corrigidas dos equipamentos de transporte seriam iguais a 11,98 t.h⁻¹. Quanto à correção da massa específica, evita-se que com este procedimento as capacidades sejam sub-dimensionadas ($ME_i < ME_{ref}$) ou super-dimensionadas ($ME_i > ME_{ref}$).

Nesta etapa do projeto, não se realiza o desconto de quebra técnica, pois ainda não se conhece o tempo de armazenagem, determinado por critérios econômicos.

A Figura 18 apresenta a condição inicial da tela de seleção de equipamentos. Há 4 setores distintos: a) pesagem; b) sistema de pré-processamento; c) elemento de ligação; e d) sistema de armazenagem.

A balança poderá ser selecionada diretamente através da tecla que leva seu nome (Figura 19). Optou-se por uma balança rodoviária com capacidade para 60 t, selecionada manualmente. A tecla *GRANEL* retorna à tela da Figura 18, agregando ao projeto a balança selecionada (Figura 20).

Em seguida, a tecla *PRÉ-PROCESSAMENTO* possibilita acesso ao aplicativo de opções de layout para este sistema (Figura 21).



Figura 18 – Condição inicial da tela de seleção de equipamentos.



Figura 19 – Seleção da balança.



Figura 20 – Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção da balança.

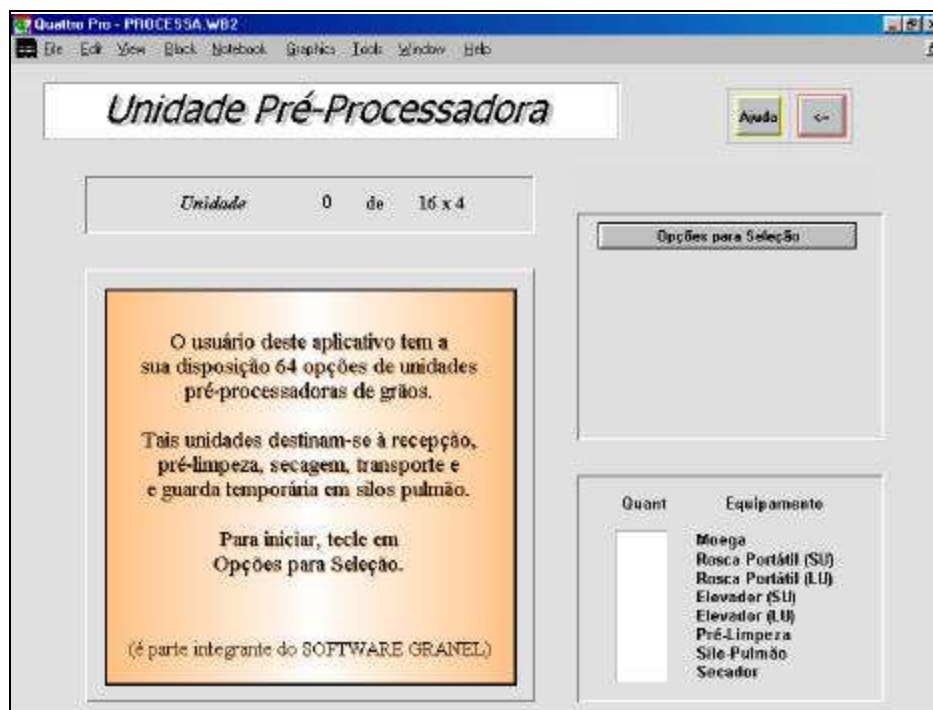


Figura 21 – Condição inicial da tela de seleção de layout pré-processador.

Existem 64 opções de layouts de sistemas de pré-processamento, usando elevador ou transportador helicoidal, em 1 ou 2 fluxos de recebimento. Optou-se pela unidade P-48, com moega retangular simples (Figura 22). Retorna-se à tela da seleção de equipamentos, agregando a quantidade de equipamentos do layout selecionado, liberando assim as teclas para a seleção automática dos mesmos e bloqueando a seleção daqueles que não serão necessários (Figura 23).

Acionando-se a tecla *Moega (SU)*, o sistema de recepção é dimensionado conforme as capacidades de carga e descarga definidas para o mesmo (Figura 24). Retorna-se à tela de seleção de equipamentos, acoplando-se a moega.

Como ilustração, a Figura 25 mostra a seleção do elevador necessário ao projeto. Observe que a capacidade corrigida de $43,9 \text{ t.h}^{-1}$ não está contemplada no banco de dados. Automaticamente, o aplicativo busca uma capacidade superior, mais próxima da desejada, encontrando 3 fabricantes que fornecem o mesmo equipamento. O projetista seleciona um que atenda seus critérios e retorna para a seleção dos demais equipamentos de pré-processamento (Figura 26).



Figura 22 – Seleção do layout da unidade pré-processadora.

Equipamento	Quant	de	Capacidades			Fabricante	Destaca entre Capacidade: Selecionada / Comgida	Modo de Seleção	
			Correção	Mínima	Comgida				Selecionada
Balança	1	1.000	360	360	600	Setimo	66,7%	ATIVADO	
Meiga (SU)	1	1.000	9,0	9,0	9,0	-	0,0%	Pré-Process.	
Chuzom (SU)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Chuzom (LU)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Elevador (SU)	1	1.078	40,7	40,9	0,0	0	0,0%		
Elevador (LU)	2	1.078	39,5	42,6	0,0	0	0,0%		
Pré-Limpeza	2	1.440	20,4	29,3	0,0	0	0,0%		
Silo-Pulmão	1	1.000	231,6	231,6	0,0	0	0,0%		
Secador	1	2.158	10,8	23,3	0,0	0	0,0%		
S7 Rosca ou Elevador	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		DESATIVADO
Meiga (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		Armazenamento
Chuzom (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Elevador (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Rosca Carga Silo	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Silo Amassador	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Rosca Descarga Silo	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Rosca Portátil Retorno	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Rosca Fina Retorno	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		

Figura 23 – Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção do layout da unidade pré-processadora.

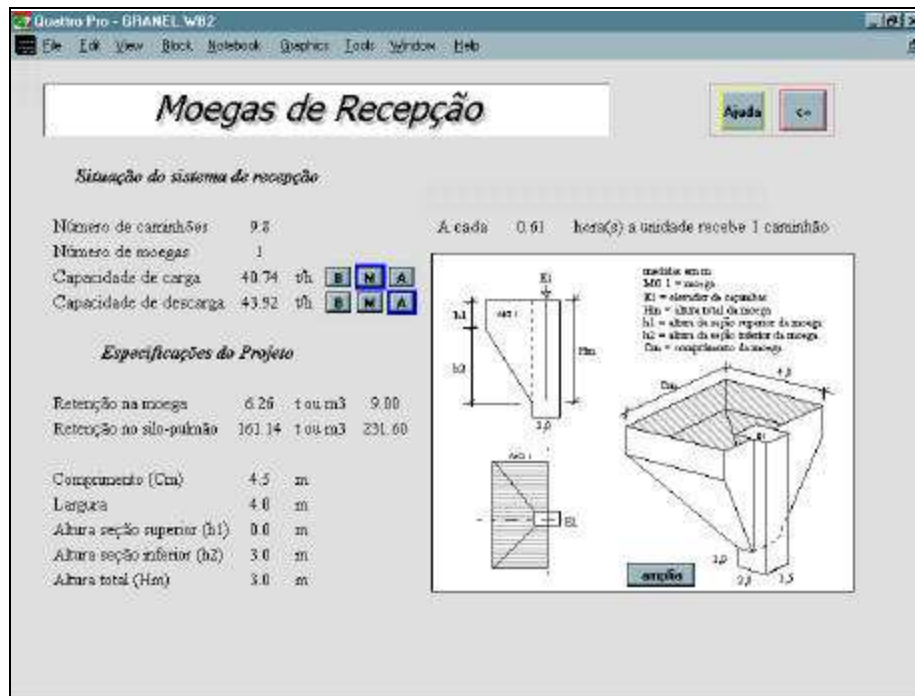


Figura 24 – Determinação do tamanho da moega em função das capacidades de carga e descarga da mesma.

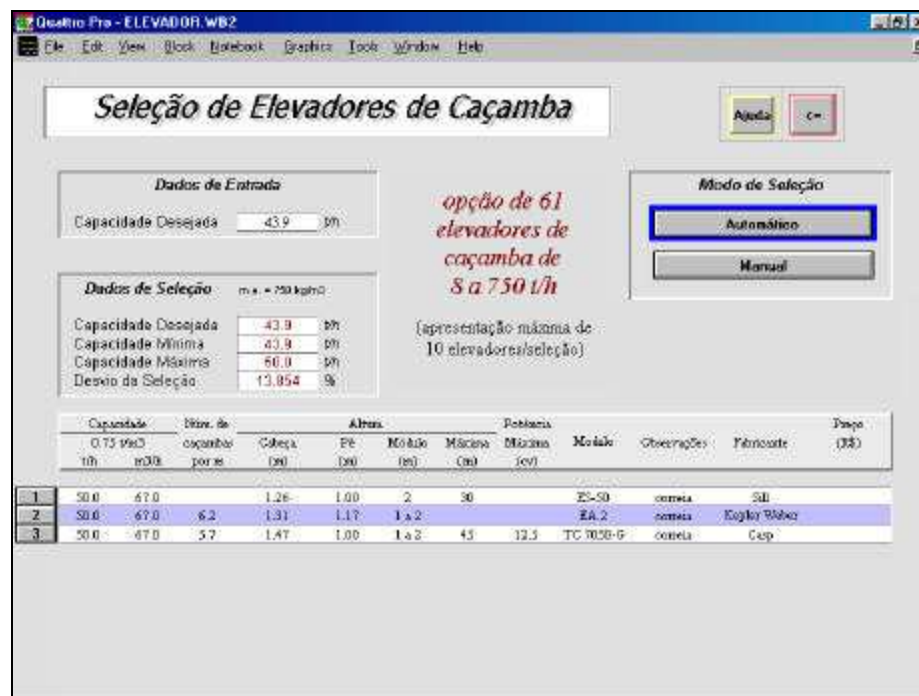


Figura 25 – Seleção do elevador de caçambas.

Equipamento	Quantidade	Valor	Capacidades			Fabricante	Desvio entre Capacidade Selecionada / Comida	Módulo de Seleção	
			(em t); m³ p/ carga e silos	Maxima	Comida Selecionada				
Balança	1	1.000	360	360	600	Setimo	66,7%	ATIVADO	
Moega (SU)	1	1.000	9,0	9,0	9,0	-	0,0%	Pré-Process.	
Chupim (SU)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Chupim (LU)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Elevador (SU)	1	1.078	40,7	43,9	30,0	Keppler Weber	72,9%		
Elevador (LU)	2	1.078	39,5	42,6	30,0	Keppler Weber	77,4%		
Pré-Limpeza	2	1.440	20,4	29,2	30,0	Coccol	12,3%		
Silo Pulverão	1	1.000	231,6	231,6	305,6	Keppler Weber	92,0%	Armazenamento	
Secador	1	2.139	10,2	23,3	30,0	Coccol	28,9%		
S7 Banca ou Elevador	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		DESATIVADO
Moega (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	-	0,0%		
Chupim (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Elevador (LS)	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Banca Carga Silo	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Silo Armazenador	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Banca Descarga Silo	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Banca Portátil Retorno	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		
Banca Fixa Retorno	0	0,000	0,0	0,0	0,0	0	0,0%		

Figura 26 – Condição da tela de seleção de equipamentos após a seleção dos equipamentos da unidade pré-processadora.

Um elemento de ligação poderá ser utilizado quando a instalação dos equipamentos de pré-processamento estiver fora do círculo, em layouts circulares, ou na ausência de um sistema de armazenamento após a unidade pré-processadora. Não ocorrendo estas situações, este poderá ser desativado.

Para o dimensionamento do layout centralizado, aciona-se a tecla *ARMAZENAMENTO*. Algumas informações iniciais sobre o projeto serão exportadas e outras solicitadas, podendo-se utilizar informações referenciais (Figura 27).

Acionando-se a tecla ‘=>’, apresenta-se novamente a tela da Figura 17 para a verificação ou não dos critérios de otimização para este sistema e, em seguida, serão apresentadas 35 opções para a seleção do layout desejado, elegendo-se o projeto *LC 09* para este exemplo (Figura 28).

Conhecido o layout do projeto centralizado, a seleção dos equipamentos para a composição do mesmo é realizada conforme explicado anteriormente para

o elevador de caçambas. A Figura 29 apresenta a tela da seleção completa e a Figura 30 o resultado técnico deste dimensionamento.

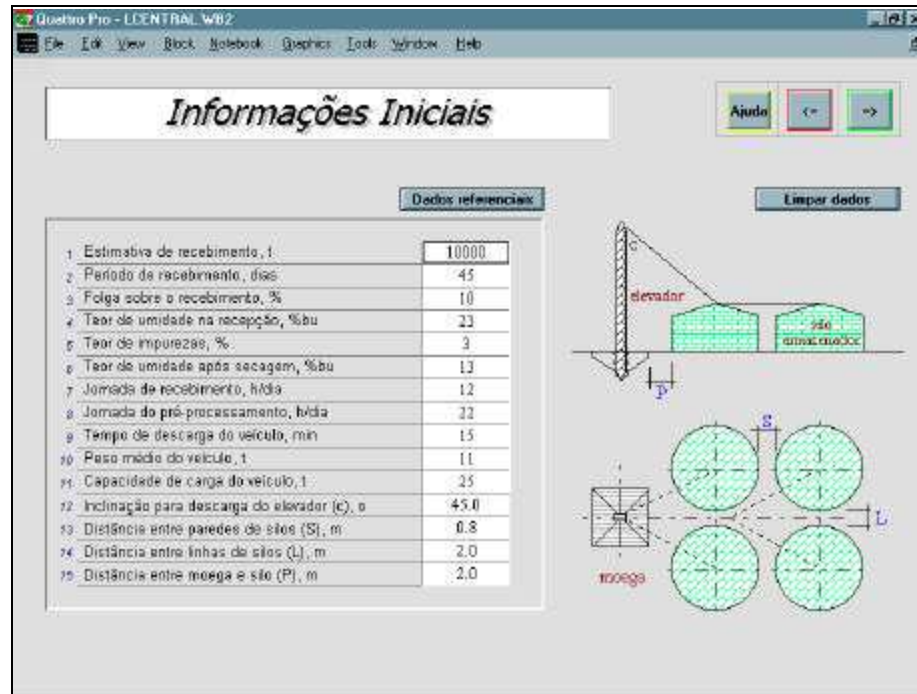


Figura 27 – Dados iniciais para o dimensionamento do layout centralizado.

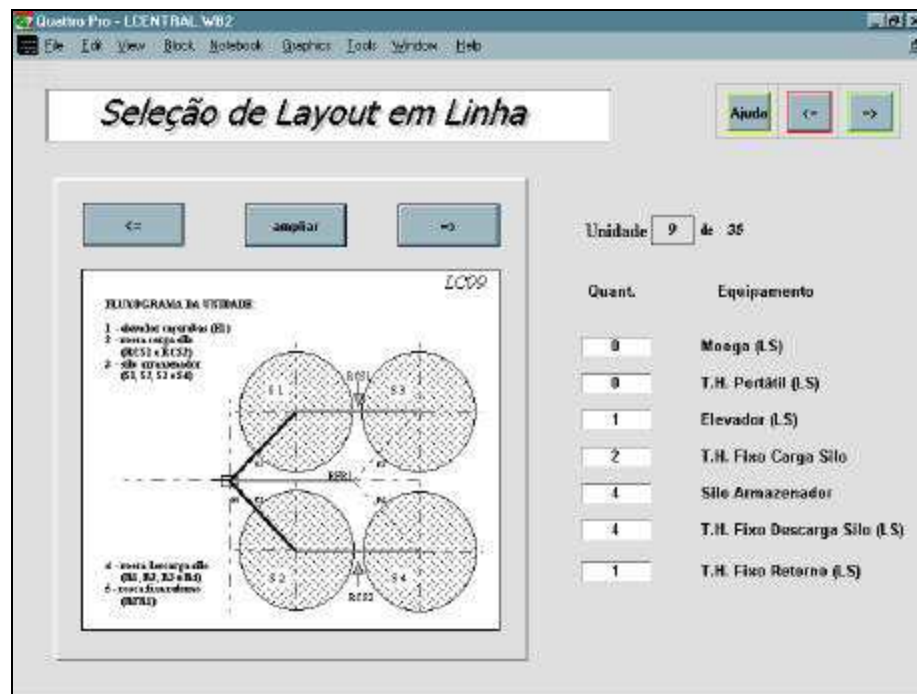


Figura 28 – Seleção do layout da unidade armazenadora centralizada.

The screenshot shows the 'Seleção de Equipamentos' window. The table below represents the data displayed in the interface:

Equipamento	Quant. da Carga	Capacidades			Fabricante	Desvio entre Capacidade Selecionada / Comida	Modo de Seleção
		(em t); Máx.	m ³ p/ carga + silos	Comida			
Mesa (LS)	0	0.000	0.0	0.0	-	0.0%	DESATIVADO
T.H. Portátil (LS)	0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0%	DESATIVADO
Elevador (LS)	1	0.962	9.5	9.4	20.0	143.9%	ATIVADO
T.H.F. Carga Silo	2	0.962	9.5	9.4	11.0	97.4%	ATIVADO
Silo Armazenador	4	1.000	2915.8	2915.8	2960.5	7.5%	ATIVADO
T.H.F. Descarga Silo	4	0.962	9.5	9.4	11.0	97.4%	ATIVADO
T.H.F. Retorno	1	0.962	9.5	9.4	11.0	97.4%	ATIVADO

LS = produto limpo e seco ; T.H.F. = transportador helicoidal fixo

Figura 29 – Resultado da seleção de equipamentos para a unidade centralizada.

The screenshot shows the 'Resultado Técnico' window. The table below represents the data displayed in the interface:

Equipamento	Quant.	Capacidade			Dimensões				Observ.	Modelo	Fabricante	Preço base R\$
		Utilização	h	t	m	Largura	Altura	Diâm.				
Mesa (LS)	0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-	-	0.0
T.H. Portátil (LS)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	0	0	0	0.0
Elevador (LS)	1	20.0	-	-	-	-	33.3	-	conexa	EC-20	Comil	6339.6
T.H.F. Carga Silo (1)	2	11.5	-	-	15.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Koplar Weber	5306.0
T.H.F. Carga Silo (2)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	0	0	0	0.0
Silo Armazenador	4	-	2381.4	2960.5	-	-	20.9	14.6	PP (Esp./R.V.)	145518	Comil	270360.0
T.H.F. Descarga Silo	4	11.5	-	-	12.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Koplar Weber	8983.1
T.H.F. Retorno	1	11.5	-	-	15.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Koplar Weber	2633.0

LS = produto limpo e seco ; T.H.F. = transportador helicoidal fixo

Curso Base, R\$: 293451.7

Figura 30 – Resultado técnico da unidade centralizada.

Ao retornar para a tela de seleção de equipamentos da unidade completa, as informações sobre a unidade armazenadora centralizada serão agregadas ao projeto (Figura 31), ficando concluído, em um primeiro momento, o dimensionamento técnico da SPPA (Figura 32).

É importante a adequação das capacidades selecionadas, buscando minimizar a distância entre os desvios de capacidades, conforme ressaltado na página 57.

Embora este exemplo seja destinado ao dimensionamento de uma unidade completa, com sistemas de pré-processamento e de armazenamento, a metodologia desenvolvida permite retratar e avaliar cada uma de suas partes.

Equipamento	Quant. de	Fator de Correção	Capacidades (em t/d, m³ p/ carga e r/dia)			Fabricante	Desvio entre Capacidade Selecionada / Comida	Modo de Seleção	
			Máxima	Comida	Selecionada				
Balança	1	1,000	360	360	600	Setumo	66.7%	ATIVADO	
Moega (SU)	1	1,000	9.0	9.0	9.0	-	0.0%	Pré-Proces.	
T.H. Portátil (SU)	0	0,000	0.0	0.0	0.0	0	0.0%		
T.H. Portátil (LU)	0	0,000	0.0	0.0	0.0	0	0.0%		
Elevador (SU)	1	1,078	40.7	43.9	30.0	Koplar Weber	72.9%		
Elevador (LU)	2	1,078	39.5	42.6	30.0	Koplar Weber	77.4%		
Pré-Limpeza	2	1,440	20.4	29.2	30.0	Coerd	67.3%		
Silo Pulmão	1	1,000	231.6	231.6	305.6	Koplar Weber	92.0%		
Secador	1	2,139	10.9	23.3	30.0	Coerd	88.9%		
S/ T.H. ou Elevador	0	0,000	0.0	0.0	0.0	0	0.0%		DESATIVADO
Moega (LS)	0	0,000	0.0	0.0	0.0	-	0.0%		Armazenamento
T.H. Portátil (LS)	0	0,000	0.0	0.0	0.0	0	0.0%		
Elevador (LS)	1	0,982	9.5	9.4	30.0	Coerd	113.0%		
T.H.F. Carga Silo	2	0,982	9.5	9.4	11.0	Koplar Weber	77.4%		
Silo Armazenador	4	1,000	2915.8	2915.8	2960.5	Coerd	17.5%		
T.H.F. Descarga Silo	4	0,982	9.5	9.4	11.0	Koplar Weber	77.4%		
T.H. Portátil Retorno	0	0,000	0.0	0.0	0.0	0	0.0%		
T.H. Fixo Retorno	1	0,982	9.5	9.4	11.0	Koplar Weber	77.4%		

Figura 31 – Resultado da seleção de equipamentos para a unidade completa.

Quattro Pro - GRANELL.W02

File Edit View Black Notebook Graphics Tools Window Help

Resultado Técnico

Ajuda <=>

Equipamento	Quant.	Capacidade		Dimensões				Observ.	Modelo	Fabricante	Preço Base R\$	
		t/h	t	Comp	Logura	Altura	Diâm.					
Palanga	1	-	60.0	-	18.0	3.0	-	-	Rodoviária	SEB-3003	Saturo	18039.8
Moega (SU)	1	-	0.0	9.0	4.5	4.0	3.0	0.00	Rotaguba	-	-	2124.0
T.H. Portátil (SU)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	-	0	0	0.0
T.H. Portátil (LU-1)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	-	0	0	0.0
T.H. Portátil (LU-2)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	-	0	0	0.0
Elevador (SU)	1	50.0	-	-	-	10.4	-	ocornia	EA 2	Ecoplet Weber	6216.9	
Elevador (LU-1)	1	50.0	-	-	-	18.0	-	ocornia	EA 2	Ecoplet Weber	7409.9	
Elevador (LU-2)	1	50.0	-	-	-	17.8	-	ocornia	EA 2	Ecoplet Weber	7184.1	
Pré-Limpeza	2	39.0	-	-	3.6	2.1	3.6	0	MPLM-30	Consil	11210.0	
Silo Pólvora	1	-	212.6	305.6	-	-	12.4	7.28	P. Olinco Elev.	2906	Ecoplet Weber	34696.8
Secador	1	39.0	-	-	13.1	3.6	13.9	-	0	CM-30	Consil	55234.0
S/ Bacia ou Elevador	0	0.0	-	-	0.0	-	0.0	0.00	0	0	0	0.0
Moega (LS)	0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0	-	-	0.0
T.H. Portátil (LS)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	0	0	0	0.0
Elevador (LS)	1	29.0	-	-	-	33.3	-	0	-	0	Consil	6539.6
T.H.F. Carga Silo (1)	2	11.5	-	-	15.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Ecoplet Weber	5306.0
T.H.F. Carga Silo (2)	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	0	0.00	0.00	0.0
Silo Armazenador	4	-	3261.4	2960.5	-	-	20.9	14.6	FP/Exp.R.V.	14.5578	Consil	270060.0
T.H.F. Descarga Silo	4	11.5	-	-	12.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Ecoplet Weber	8393.1
T.H. Portátil Rotativo	0	0.0	-	-	0.0	-	-	0.00	0	0	0	0.0
T.H.F. Rotativo	1	11.5	-	-	15.4	-	-	0.16	0	TRUA-160	Ecoplet Weber	2653.0

Custo Base, R\$ 633667.2

Figura 32 – Resultado técnico da unidade completa.

4.2. Avaliação econômica

Como está contemplada no projeto uma análise econômica do sistema dimensionado (Figura 16), a tecla ‘=>’, na Figura 32, aciona o aplicativo para esta avaliação, exportando as informações necessárias ao procedimento.

Similarmente ao dimensionamento centralizado, novas informações serão solicitadas, podendo-se utilizar as informações de referência (Figura 33). Estes resultados econômicos serão utilizados para a elaboração das planilhas de investimentos fixos, despesas gerais, fluxo de caixa e rentabilidade das 5 alternativas de projetos de investimentos e derivadas do projeto completo.

A composição do custo variável de produção pode ser verificada e atualizada, acionando-se a tecla *Cpro*, que é o aplicativo responsável pelo armazenamento destes custos para diversos produtos agrícolas (Figura 34).

A variação mensal do preço da saca de milho (exemplo considerado) poderá ser atualizada acionando-se a tecla que leva seu nome (Figura 35).

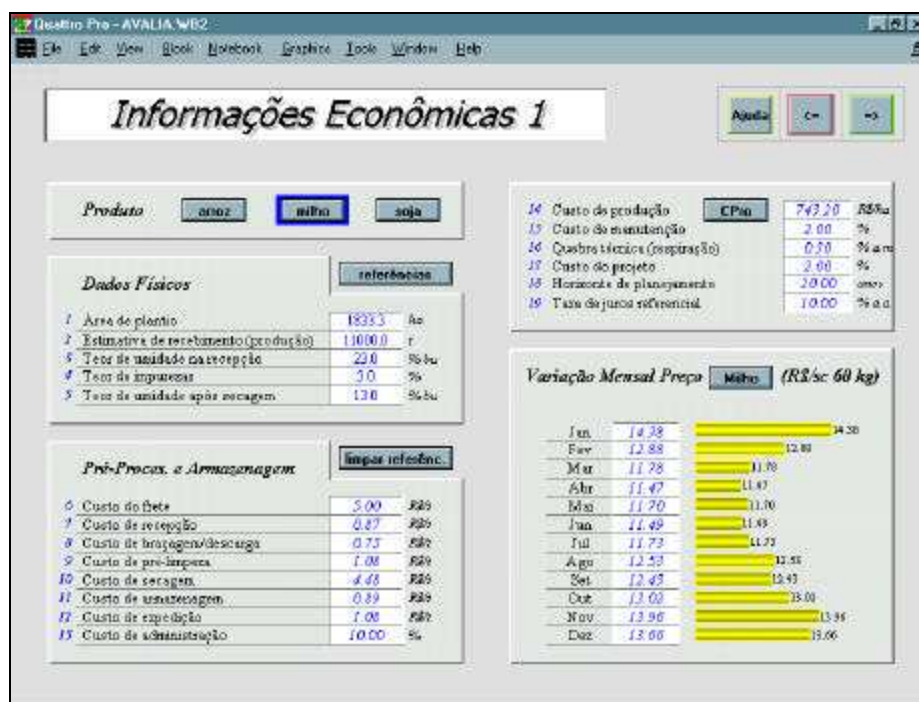


Figura 33 – Informações econômicas 1 para avaliação dos projetos.

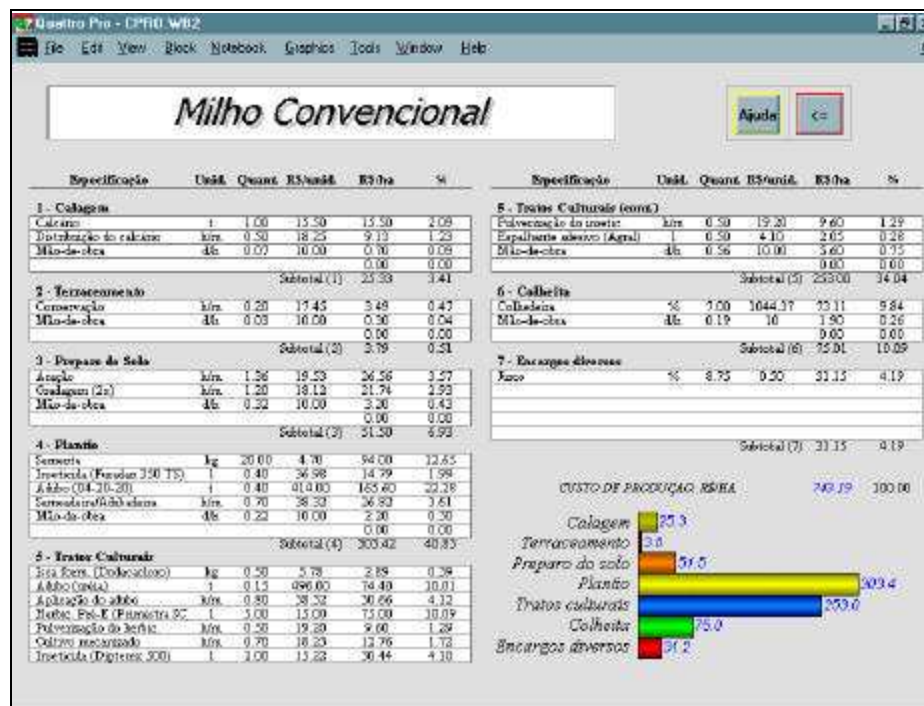


Figura 34 – Composição do custo variável de produção para 1 ha de milho.

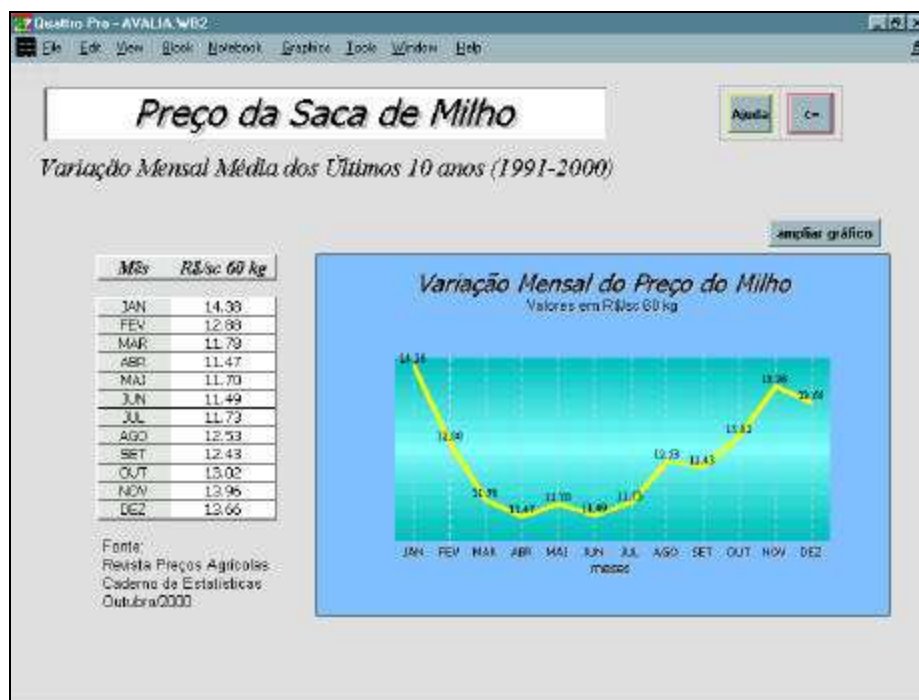


Figura 35 – Variação média mensal do preço da saca de milho.

Passando-se à tela *Informações Econômicas 2* (Figura 36), as informações sobre as especificações dos equipamentos selecionados encontram-se nos respectivos campos do aplicativo porém, as informações % sobre preço base serão solicitadas para a quantificação do custo de aquisição, instalação e fundação (recomenda-se a utilização de informações referenciais; ver página 83).

Caso o preço base de quaisquer dos equipamentos esteja acima ou abaixo daquele de conhecimento do projetista, altera-se a % de aquisição para o equipamento em questão, corrigindo assim o desvio. Pode-se excluir qualquer equipamento, zerando-se a % de aquisição. Ainda como alternativa de projeto, a linha inferior da tela (Figura 36) possibilita a inclusão de informações sobre outro equipamento que possa ser necessário aos sistemas.

A Figura 37 mostra a primeira tela para as avaliações econômicas das 5 alternativas de projetos de investimento: S1, S2, S3, S4 e S5. Os projetos S1, S2,

S3 e S4, derivados de S5, serão igualmente avaliados em termos de custo e de rentabilidade; o projeto S1, por ser ‘testemunha’, não possui investimentos fixos.

Equipamento	Quant	Capacidade unitária		Dimensões, m		Preço base R\$	% sobre preço base		
		t/h	m3	Comprimento	Altura		Aqueção	Instalação	Fundação
Balança	1	-	-	-	-	18039,8	100,0	12,0	20,0
Manga (SU)	1	-	9,0	-	-	2124,0	-	-	100,0
Chupeta (SU)	0	0,0	-	0,0	-	0,0	-	-	0,0
Chupeta (LU-1)	0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Chupeta (LU-3)	0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Elevador (SU)	1	30,0	-	-	16,4	6236,9	100,0	12,0	15,0
Elevador (LU-1)	1	30,0	-	-	18,0	7489,9	100,0	12,0	15,0
Elevador (LU-3)	1	30,0	-	-	17,8	7184,1	100,0	12,0	15,0
Est-Limpeza	3	30,0	-	-	-	11280,0	100,0	12,0	15,0
Silo Pólvora	1	-	305,6	-	-	34896,8	100,0	15,0	15,0
Serivador	1	30,0	-	-	-	55234,0	100,0	12,0	15,0
SV Pólvora ou Elevador	0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manga (LS)	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0
Chupeta (LS)	0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Elevador (LS)	1	30,0	-	-	30,3	6539,6	100,0	12,0	15,0
Roca Carga Silo (1)	1	13,0	-	15,4	-	2662,6	100,0	12,0	15,0
Roca Carga Silo (2)	1	13,0	-	15,4	-	2662,6	100,0	12,0	15,0
Silo Armazenador	4	-	290,3	-	-	27036,0	100,0	12,0	40,0
Roca Descarga Silo	4	13,0	-	12,4	-	2156,1	100,0	12,0	15,0
Roca Portatil Rotomo	0	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Roca Fixa Rotomo	1	13,0	-	15,4	-	2662,6	100,0	12,0	15,0
Termometria	4	-	-	-	-	13518,0	100,0	12,0	-
Aqueção	4	-	-	-	-	13518,0	100,0	12,0	-
Outros									

Figura 36 – Informações econômicas 2 para a avaliação dos projetos.

Projeto S1	Projeto S2	Projeto S3	Projeto S4	Projeto S5
Pré-Processamento e armazenamento a cargo de terceiros.	Pré-Processamento ou fundação, aquecimento e armazenamento a cargo de terceiros.	Pré-Processamento e aquecimento na fundação, armazenamento a cargo de terceiros.	Armazenagem na fundação pré-Processamento e aquecimento a cargo de terceiros.	Pré-Processamento e armazenamento na fundação.
Não há Invest. Fixos	Investimentos Fixos	Investimentos Fixos	Investimentos Fixos	Investimentos Fixos
Despesas Gerais	Despesas Gerais	Despesas Gerais	Despesas Gerais	Despesas Gerais
Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa
Rentabilidade	Rentabilidade	Rentabilidade	Rentabilidade	Rentabilidade

Figura 37 – Alternativas de projetos de investimento.

Antes de iniciar a avaliação das medidas econômicas, a tecla *Ajuda* apresenta uma base teórica sobre conceitos e interpretações (Figura 38).



Figura 38 – Base teórica sobre as medidas econômicas.
As Figuras 39, 40, 41 e 42, ilustram os investimentos fixos dos projetos.



Figura 39 – Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S5.



Figura 40 – Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S4.



Figura 41 – Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S3.

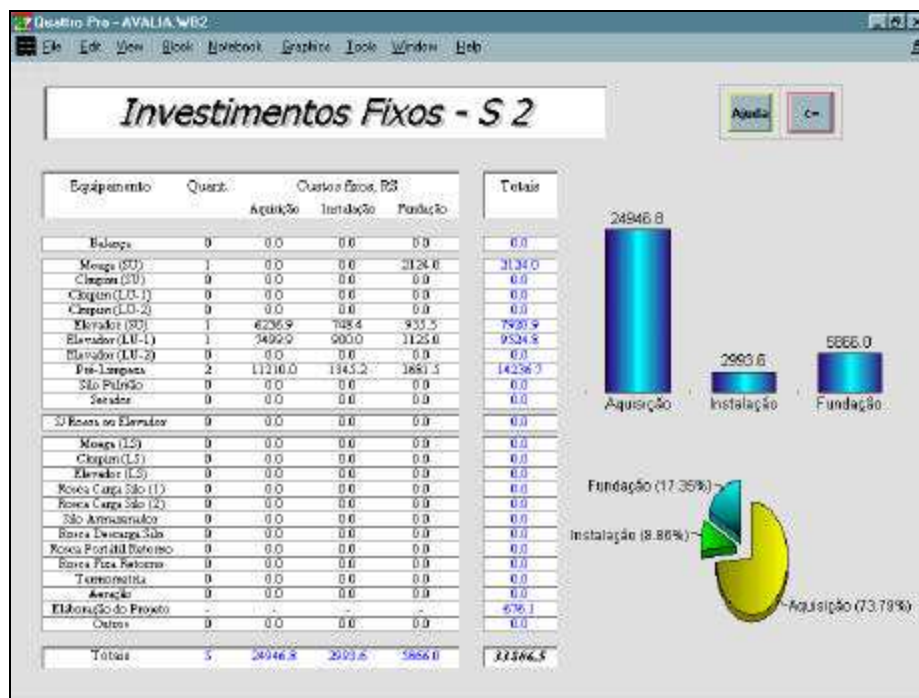


Figura 42 – Composição dos investimentos fixos referente ao projeto S2.

As planilhas de despesas gerais, ilustradas pelas Figuras 43, 44, 45, 46 e 47, referentes aos projetos S5, S4, S3, S2 e S1, respectivamente, indicam o montante de gastos, para cada projeto, com serviços próprios e de terceiros. Em relação a projeto S5, o total de gastos engloba apenas os serviços próprios, já que não foram utilizados serviços de terceiros. O contrário ocorre com o projeto S1.

Aplica-se o desconto referente à quebra técnica em função do número de meses determinado para a armazenagem dos grãos.

Os gastos com energia correspondem ao somatório do consumo de lenha pelo secador e de eletricidade pelos motores dos equipamentos. Os gastos com mão-de-obra podem ser observados nas Figuras 48, 49, 50, 51 e 52.

Estas despesas concentram-se no período de safra, quando a unidade funciona continuamente. Pode-se observar na Figura 45 que a adoção de um tempo de armazenagem igual a 10 meses ocasionou gastos mensais no valor de R\$ 16.312,00 referente ao aluguel de armazém e que, após este período, os gastos registrados nos 2 últimos meses foram relativos a serviços próprios.

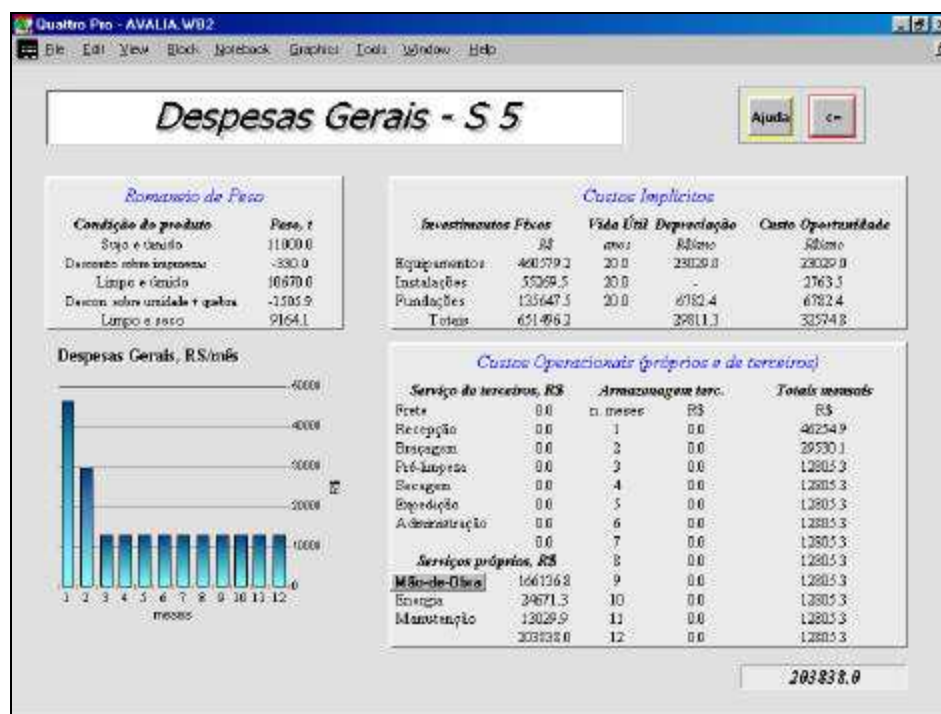


Figura 43 – Composição das despesas gerais referente ao projeto S5.

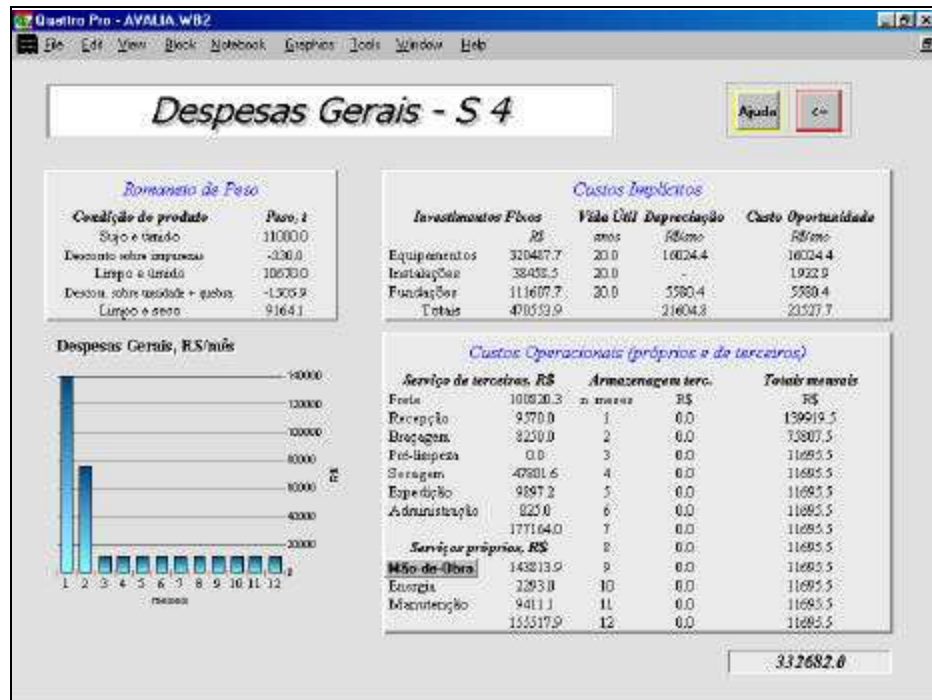


Figura 44 – Composição das despesas gerais referente ao projeto S4.

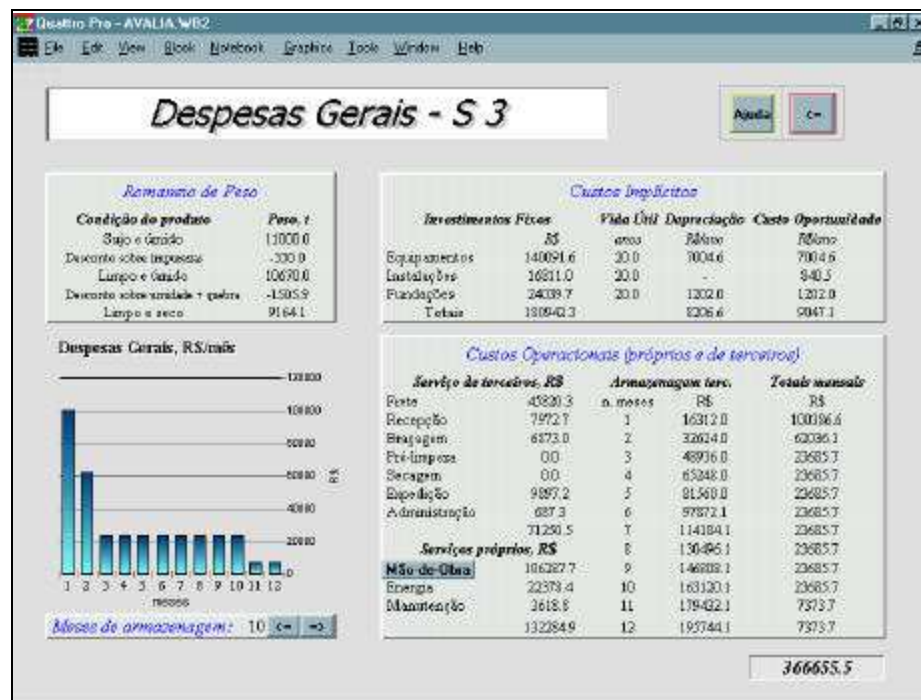


Figura 45 – Composição das despesas gerais referente ao projeto S3.

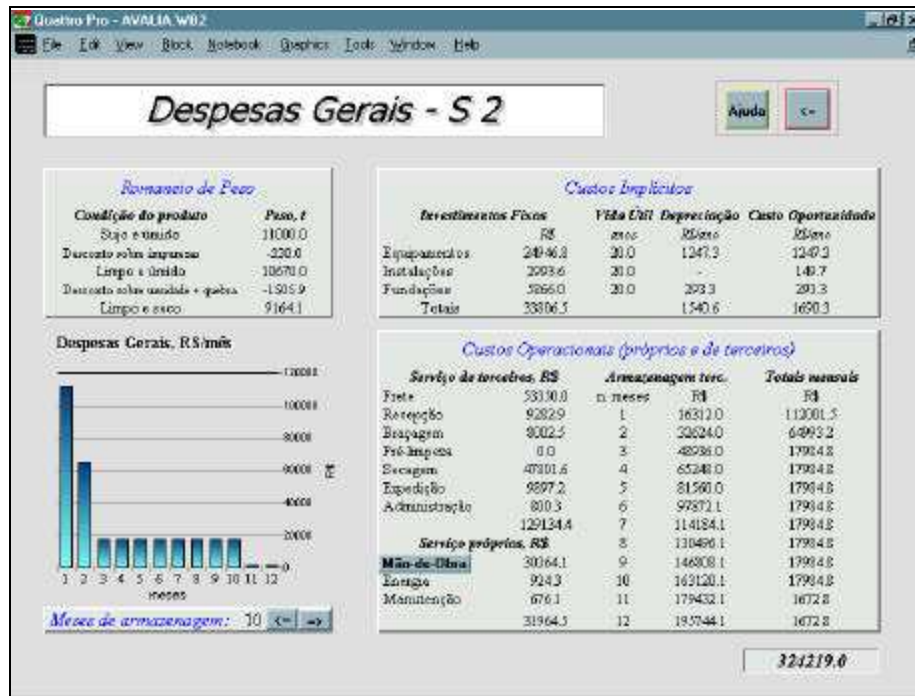


Figura 46 – Composição das despesas gerais referente ao projeto S2.

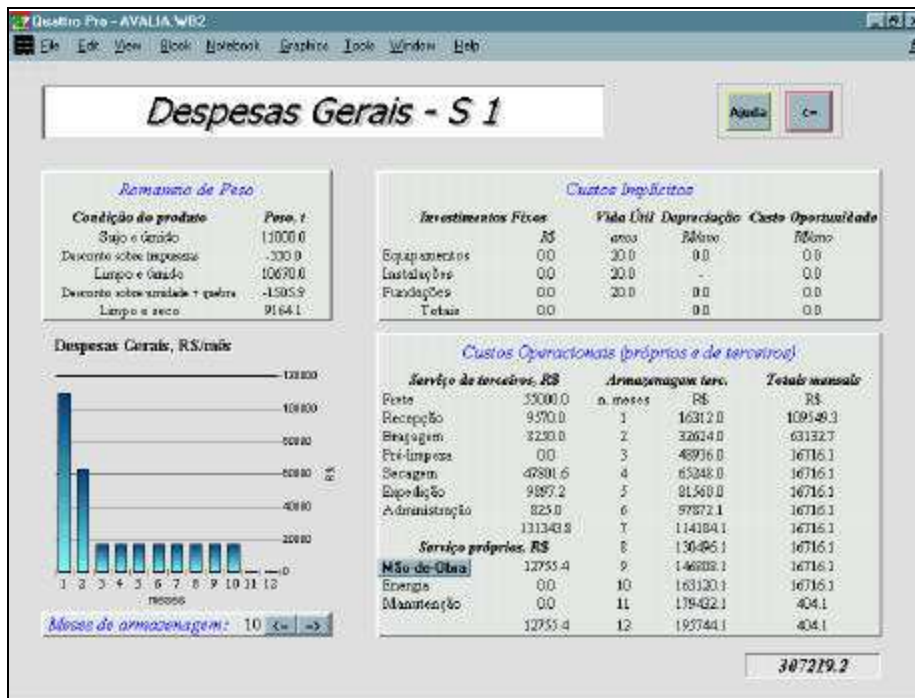


Figura 47 – Composição das despesas gerais referente ao projeto S1.

Quadro Pro - AVALIA.WB2

File Edit View Book Notebook Graphics Tools Window Help

Mão-de-Obra - S 5

Ajudar <-

Função	Qt.	Salário R\$/mês	Encargos Sociais (%)	Vínculo mês	Costo R\$/ano	Costo R\$/t
Gerente Geral	1	1500.00	102.06	12	36370.80	3.31
Engenheiro	1	1500.00	102.06	12	36370.80	3.31
Encargado de Execução	1	800.00	102.06	12	19297.36	1.76
Vigilante	3	400.00	102.06	12	29096.64	2.65
Auxiliar Serviços Gerais	4	200.00	102.06	12	19297.36	1.76
Encargado Operacional	2	800.00	70.02	1.5	4080.48	0.37
Eletricista/Mecânico	2	800.00	70.02	1.5	4080.48	0.37
Operador Balança	2	400.00	70.02	1.5	2040.24	0.19
Operador Sinalizador	2	400.00	70.02	1.5	2040.24	0.19
Laboratorista	2	400.00	70.02	1.5	2040.24	0.19
Auxiliar Administrativo	1	400.00	70.02	1.5	1020.12	0.09
Auxiliar Contábil	4	15.00 R\$/dia	70.02	45 dias	4590.54	0.42
Empregada (Chefe)	4	0.30 R\$/dia	70.02	11000 dias	2616.66	0.51
Totais	29				166136.76	15.10

Figura 48 – Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S5.

Quadro Pro - AVALIA.WB2

File Edit View Book Notebook Graphics Tools Window Help

Mão-de-Obra - S 4

Ajudar <-

Função	Qt.	Salário R\$/mês	Encargos Sociais (%)	Vínculo mês	Costo R\$/ano	Costo R\$/t
Gerente Geral	1	1500.00	102.06	12	36370.80	3.31
Engenheiro	1	1500.00	102.06	12	36370.80	3.31
Encargado de Execução	1	800.00	102.06	12	19297.36	1.76
Vigilante	3	400.00	102.06	12	29096.64	2.65
Auxiliar Serviços Gerais	2	200.00	102.06	12	9698.88	0.88
Encargado Operacional	1	800.00	70.02	1.5	2040.24	0.19
Eletricista/Edificação	1	800.00	70.02	1.5	2040.24	0.19
Operador Balança	0	400.00	70.02	1.5	0.00	0.00
Operador Sinalizador	0	400.00	70.02	1.5	0.00	0.00
Laboratorista	1	400.00	70.02	1.5	1020.12	0.09
Auxiliar Administrativo	1	400.00	70.02	1.5	1020.12	0.09
Auxiliar Contábil	1	15.00 R\$/dia	70.02	45 dias	1140.54	0.10
Empregada (Chefe)	2	0.30 R\$/dia	70.02	11000 dias	2616.66	0.51
Totais	15				143115.99	13.07

Figura 49 – Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S4.

Quadro Pro - AVALIA.WB2

File Edit View Book Notebook Graphics Tools Window Help

Mão-de-Obra - S 3

Ajudar <-

Função	Qt.	Salário R\$/mês	Encargos Sociais (%)	Vínculo mês	Valor R\$/ano	Custo R\$/t
Gerente Geral	1	1500,00	102,06	12	36370,80	3,31
Engenheiro	0	1500,00	102,06	12	0,00	0,00
Encargado de Execução	0	800,00	102,06	12	0,00	0,00
Vigilante	3	400,00	102,06	12	29096,64	2,65
Auxiliar Serviços Gerais	4	200,00	102,06	12	15297,36	1,76
Encargado Operacional	1	800,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Eletricista/Mecânico	1	800,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Operador Bateria	2	400,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Operador Sinalizador	2	400,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Laboratorista	2	400,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Auxiliar Remédico	1	400,00	70,02	1,5	1030,12	0,09
Auxiliar Diarista	4	15,00 R\$/dia	70,02	45 dias	4590,54	0,42
Emprego (Chefe)	4	0,30 R\$/dia	70,02	11000 dias	5616,66	0,51
Totais	25				106227,72	9,66

Figura 50 – Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S3.

Quadro Pro - AVALIA.WB2

File Edit View Book Notebook Graphics Tools Window Help

Mão-de-Obra - S 2

Ajudar <-

Função	Qt.	Salário R\$/mês	Encargos Sociais (%)	Vínculo mês	Valor R\$/ano	Custo R\$/t
Gerente Geral	0	1500,00	102,06	12	0,00	0,00
Engenheiro	0	1500,00	102,06	12	0,00	0,00
Encargado de Execução	0	800,00	102,06	12	0,00	0,00
Vigilante	1	400,00	102,06	12	9698,88	0,88
Auxiliar Serviços Gerais	2	200,00	102,06	12	9698,88	0,88
Encargado Operacional	1	800,00	70,02	1,5	3040,34	0,19
Eletricista/Mecânico	0	800,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Operador Bateria	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Operador Sinalizador	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Laboratorista	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Auxiliar Remédico	1	400,00	70,02	1,5	1030,12	0,09
Auxiliar Diarista	2	15,00 R\$/dia	70,02	45 dias	2295,27	0,21
Emprego (Chefe)	2	0,30 R\$/dia	70,02	11000 dias	5616,66	0,51
Totais	9				10364,85	2,76

Figura 51 – Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S2.

Função	Qtd.	Salário R\$/mês	Encargos Sociais (%)	Vínculo mês	Custo R\$/ano	Custo R\$/t
Gerente Geral	0	1500,00	102,06	12	0,00	0,00
Engenheiro	0	1500,00	102,06	12	0,00	0,00
Executivo de Escritório	0	800,00	102,06	12	0,00	0,00
Vigilante	0	400,00	102,06	12	0,00	0,00
Analista Serviços Gerais	1	200,00	102,06	12	49,44	0,44
Recebeiro Operacional	0	200,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Eletricista/Mecânico	0	200,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Operador Balança	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Operador Serrador	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Laboratorista	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Analista Escritório	0	400,00	70,02	1,5	0,00	0,00
Analista Daniels	2	1500 R\$/mês	70,02	45 dias	2195,27	0,21
Emprego (Chefe)	0	0,50 R\$/h	70,02	11900 h	5616,66	0,51
Totais	3				12755,17	1,16

Figura 52 – Composição dos gastos com mão-de-obra referente ao projeto S1.

Os fluxos de caixa das alternativas dos projetos de investimentos (Figuras 53, 54, 55, 56 e 57, referentes aos projetos S5, S4, S3, S2 e S1, respectivamente), consideram que a colheita será realizada em março, com período de armazenamento entre abril a março do ano seguinte. Deste modo, o custo variável de produção para o mês de março foi capitalizado considerando 12 meses.

Em cada figura, o gráfico mostrado no canto superior esquerdo apresenta os valores mensais da RBT do sistema de pós-colheita, sem o desconto das despesas gerais.

Foi adicionado um indicador da variação da RBT ao longo do tempo de armazenamento, em relação ao mês de abril (mês 1 do armazenamento). Por exemplo: armazenando-se o milho durante 10 meses (comercialização no mês de janeiro), ocorrerá um acréscimo na RBT igual a 58,6%; por outro lado, devido à capitalização do custo variável de produção e da queda no preço de venda, esta

variação seria igual a 19,2% para um armazenamento durante 11 meses (comercialização no mês de fevereiro).

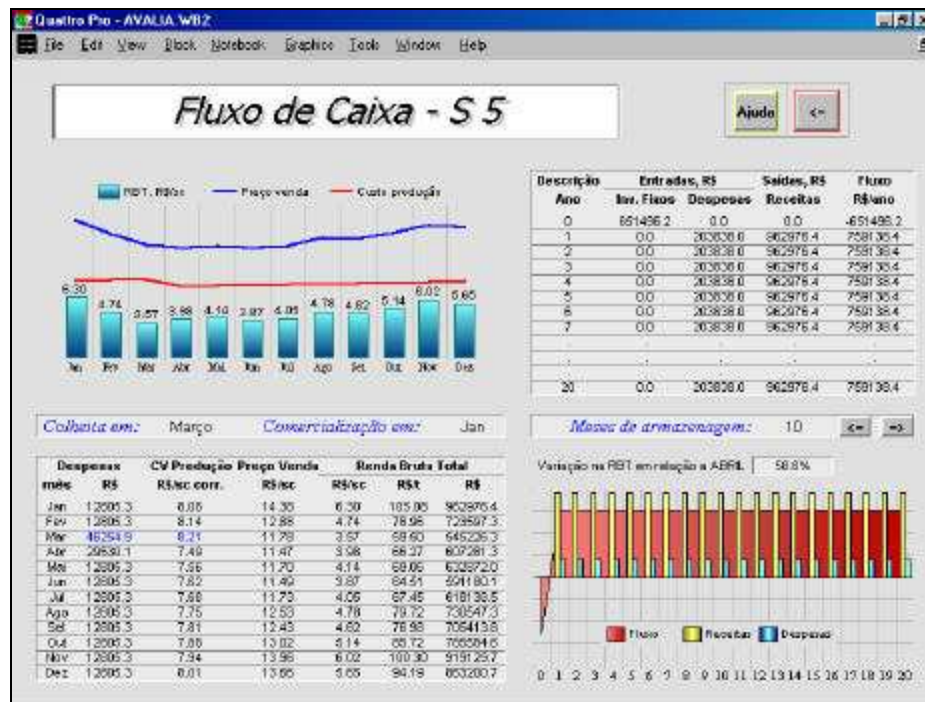


Figura 53 – Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S5.

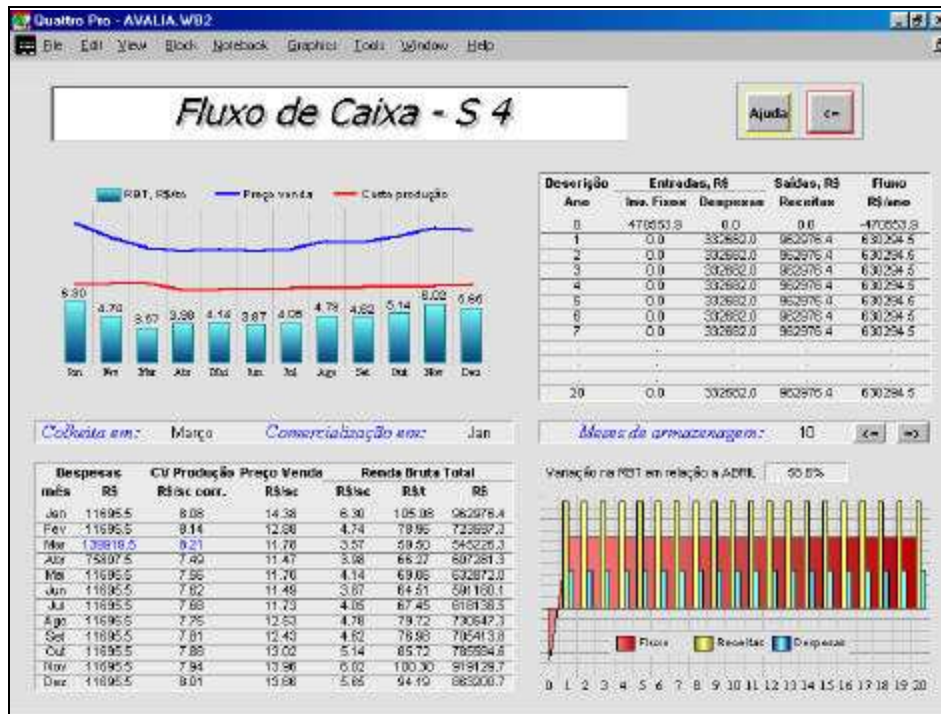


Figura 54 – Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S4.



Figura 55 – Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S3.



Figura 56 – Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S2.



Figura 57 – Composição do fluxo de caixa referente ao projeto S1.

As medidas de custo e de rentabilidade econômica referente aos projetos S5, S4, S3, S2 e S1 são apresentadas nas Figuras 58, 59, 60, 61 e 62.

Com base nestes resultados, verificou-se que o capital empregado na implantação do sistema completo, capital de formação, poderá ser recuperado em 0,9 ano; cada R\$ 1,0 investido proporcionará um retorno igual a R\$ 23,3 dentro do horizonte de planejamento de 20 anos. O VLP é alto e a TIR, reflete que a alocação de recursos neste projeto proporcionará um retorno líquido igual a 116,5% a.a. para o capital empregado. Tomando-se como referência os 10% a.a. fornecidos pela taxa referencial de juros, pode-se concluir que esta unidade é altamente rentável. Os valores de TRCI, RRC e TIR são indicados pela faixa que sobrepõe esses gráficos, mudando conforme o tempo de armazenagem é alterado.

Até o momento, não se pode precisar qual é melhor projeto de investimento. Comparando-se as medidas dos 5 projetos (Figura 63), observa-se valores elevados para as TIR.



Figura 58 – Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S5.



Figura 59 – Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S4.



Figura 60 – Indicadores de rentabilidade referente ao projeto S3.

Quadro Pro - AVALIA.WB2

File Edit View Block Notebook Graphics Tools Window Help

Análise Tabular

	S1			S2			S3			S4			S5		
	RS(ano)	RS(1)	RS(2)	RS(ano)	RS(1)	RS(2)	RS(ano)	RS(1)	RS(2)	RS(ano)	RS(1)	RS(2)	RS(ano)	RS(1)	RS(2)
Investimentos Fixos															
Total	8,8	0,0	0,00	18008,3	2,7	0,22	182942,5	18,7	1,18	420333,9	24,5	1,85	631496,2	21,1	4,27
Equipamentos	8,8	0,0	0,00	18046,8	2,7	0,18	180991,6	15,3	1,82	320687,7	25,0	1,30	600579,2	28,3	3,02
Instalação	8,8	0,0	0,00	2843,0	0,3	0,02	26811,6	1,8	0,11	30436,2	4,2	0,23	33289,3	8,8	0,38
Passagem	8,8	0,0	0,00	5850,0	0,6	0,08	29397,7	2,6	0,16	131007,7	10,2	0,73	333647,5	19,8	0,89
Despesas Gerais															
Total	309339,2	38,5	2,01	329129,9	33,4	2,11	385635,5	40,0	2,88	323862,0	26,3	1,28	208538,0	20,1	1,35
Passagem	11245,4	1,4	0,08	33864,5	3,5	0,21	33228,9	14,4	0,87	125417,6	19,0	1,82	200320,0	22,2	1,25
Tercários	294493,0	37,1	1,93	295265,5	31,9	1,90	348707,6	25,6	1,33	197144,0	19,3	1,35	0,0	0,0	0,00
Fluxo de Caixa															
Total	652757,2			490757,2			290321,8			650184,5			758128,4		
Rentabilidade															
TIR(1 ano)	nd			0,1			0,3			0,7			0,9		
DBC	nd			271,8			68,9			28,8			21,2		
VPL	5975289,7			4912886,2			4428784,4			4428425,1			2942141,1		
TIR(10 anos)	nd			1,069,5			203,4			123,9			1,09,5		
Renda e Custo															
MBT	962839,4	103,1	6,30	962394,4	103,1	6,30	822970,4	103,1	6,30	962970,4	103,1	6,30	962970,4	103,1	6,30
MBT	652757,2	21,6	4,29	628757,5	69,7	4,18	585209,9	65,1	3,94	630294,5	69,6	4,13	729126,4	82,8	4,97
ELCp	652757,2	21,6	4,29	627129,8	69,3	4,17	580214,4	64,2	3,82	629929,7	66,4	4,09	728229,1	79,8	4,78
ELT	652757,2	21,6	4,29	621265,5	69,3	4,16	579097,2	63,2	3,79	623162,0	65,9	3,83	699752,3	78,8	4,55
CO	8,8	0,0	0,00	1890,3	0,2	0,01	2047,4	1,0	0,08	25227,7	2,8	0,12	2229,8	2,8	0,21
Dc	8,8	0,0	0,00	1840,0	0,2	0,01	2005,6	0,9	0,05	21608,8	2,4	0,14	2001,3	2,3	0,20
CPI	8,8	0,0	0,00	2222,0	0,4	0,01	2722,7	1,9	0,11	45122,2	4,9	0,20	6229,1	6,8	0,41
CPV	269339,2	28,5	2,01	284399,0	35,4	2,11	266855,5	40,0	2,88	223862,0	26,3	1,28	208538,0	20,1	1,35
CT	269339,2	28,5	2,01	287480,0	35,7	2,16	313009,2	41,9	3,51	379814,4	41,2	3,47	294224,0	28,1	1,94
COp	269339,2	28,5	2,01	287599,6	35,5	2,11	274962,1	40,6	2,85	254286,7	29,7	1,22	216640,0	22,5	1,59

Figura 63 – Análise tabular das medidas econômicas dos 5 projetos alternativos.

Poder-se-ia argumentar que é preferível não realizar investimento e comercializar a safra logo após sua colheita, pois os resultados mostram que menores investimentos correspondem a maiores valores de TIR. Entretanto, tratando-se de alternativas de projetos de investimento mutuamente excludentes, a tomada de decisão não deverá basear-se nos índices da TIR, e sim nos de VPLs.

A consistência dos dados obtidos é graficamente observada na Figura 64. Para um período igual a 10 meses de armazenagem, tem-se que:

- a) investimentos crescentes implicam em redução nos gastos com despesas gerais à medida que os custos dos serviços de terceiros sejam substituídos por custos de serviços próprios menores;
- b) isoladamente, crescimento no fluxo de caixa é indicativo de crescimento de rentabilidade líquida;
- c) os resultados dos VPLs dos projetos permitem definir qualitativamente o projeto a ser selecionado, porém, esta não é uma decisão quantitativa;



Figura 64 – Análise gráfica das principais medidas econômicas dos 5 projetos alternativos.

d) a utilização na análise incremental para comparação dos fluxos de caixa permite uma aferição quantitativa dos projetos.

Observando-se a Figura 65, conclui-se que o melhor projeto investimento, para a situação do exemplo trabalhado é o projeto completo; todos os projetos foram comparados e este investimento prevaleceu economicamente. Em ordem decrescente de qualidade econômica dos projetos tem-se: S5, S1, S4, S3 e S2.

O projeto S5 é melhor do que o projeto S1 porque a TIR daquele é 14,9% maior do que a TIR deste (valor calculado com base na diferença entre os fluxos de caixa de ambos projetos). Esta TIR reflete os ganhos reais do projeto de investimento S5 para o tempo de armazenamento de 10 meses. Caso esse tempo fosse igual a 8 meses, a TIR do projeto S5 seria igual a 9,0% e S1 prevaleceria, já que o valor da taxa referencial de juros é igual a 10%.

Esta ordem de classificação (armazenamento durante 10 meses e para este exemplo especificamente) mostra que qualquer alternativa de projeto de investimento que não seja a unidade completa é economicamente prejudicial: deve-se continuar a utilizar os serviços de terceiros.

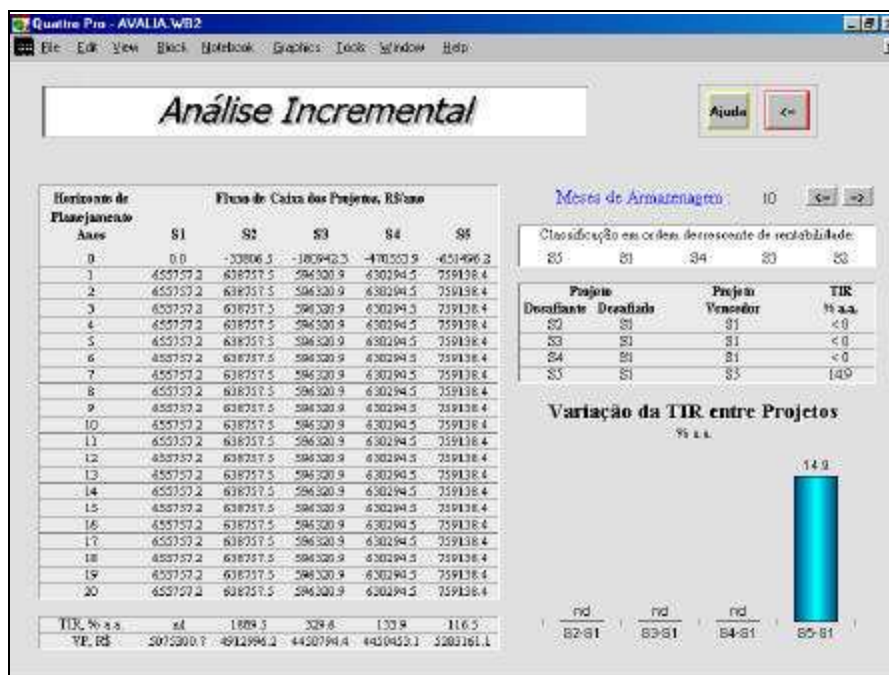


Figura 65 – Análise incremental, apresentado a qualidade dos projetos.

4.3. Dimensionamento de sistema circular

Considerou-se o dimensionamento técnico de um sistema de armazenamento de grãos em layout circular, o exemplo apresentado na Figura 66.

Trata-se de uma unidade de pequeno porte para o recebimento de 1000 t de milho em um sistema de pré-processamento contíguo, já existente. Será utilizado transportador helicoidal portátil para o carregamento dos silos, considerando-se os valores referenciais para as variáveis de projeto.

Os descontos e critério de otimização estão apresentados na Figura 67.

Para a execução dos cálculos do projeto, tomou-se como pré-requisito a seleção do silo armazenador, pois existe a necessidade do conhecimento de suas dimensões. Este procedimento pode ser observado na Figura 68.

Considerou-se quatro alternativas para as moegas: a) ausência de moega; b) moega circular com utilização de transportador helicoidal portátil; c) moega retangular simples para utilização de elevador; e d) moega retangular dupla (Figura 69).

A melhor combinação é obtida pelo aplicativo que faz a adequação dos critérios de projeto com o número desejado de silos, bem como a capacidade de expansão permitida pelo raio central do sistema (Figura 70). Pode-se observar que além dos 5 silos desejados, poderão ser instalados, se necessário, mais 8 silos no raio central, aproveitando-se o equipamento de transporte.

No Brasil, provavelmente devido à pouca utilização deste arranjo para a instalação dos silos armazenadores, os fabricantes de equipamentos não têm disponibilizado transportadores helicoidais portáteis com capacidades e comprimentos viáveis para instalações em propriedades de pequena produção. Verifica-se neste exemplo a necessidade de um transportador helicoidal portátil com um comprimento igual a 19,14 m, e o mercado dispõe de equipamentos com máximo de 10 m de comprimento.

Na literatura, encontram-se exemplos de projetos integrados para sistemas circulares com expansão para fora do círculo principal em linha.

The screenshot shows a software window titled "Dados Iniciais do Sistema" (Initial System Data). It contains a table with 17 rows of data, two diagrams, and several control buttons.

1	Número de silos (opções de 1 a 15 silos)	5
2	Estimativa de recebimento, t	1000
3	Período de recebimento, dias	60.0
4	Folga sobre o recebimento, %	5.0
5	Teor de umidade na recepção, %bu	24.0
6	Teor de impurezas, %	3.0
7	Teor de umidade após secagem, %bu	13.0
8	Jornada de recebimento, h/dia	12
9	Jornada de pré-processamento, h/dia	24
10	Tempo de descarga do veículo, min	20.0
11	Peso médio do veículo, t	11.0
12	Capacidade de carga do veículo, t	9.0
13	Distância entre paredes de silos (S), m	0.8
14	Inclinação para descarga com elevador (c), °	45.0
15	Distância horizontal entre rosca e silo (E), m	0.3
16	Distância vertical entre rosca e silo (T), m	0.3
17	Espaço mínimo para entrada de veículo (U ^o), m	6.0

The diagrams include a 3D perspective view of a conveyor (rosca) and a silo (silo armazenador) with labels for distance E, height T, and width b. Below it is a top-down circular layout of five silos with a central crosshair and a label U^o indicating the vehicle entry space.

Figura 66 – Dados iniciais para o dimensionamento do layout circular.



Figura 67 – Base técnica do projeto circular, incluindo critérios de otimização.

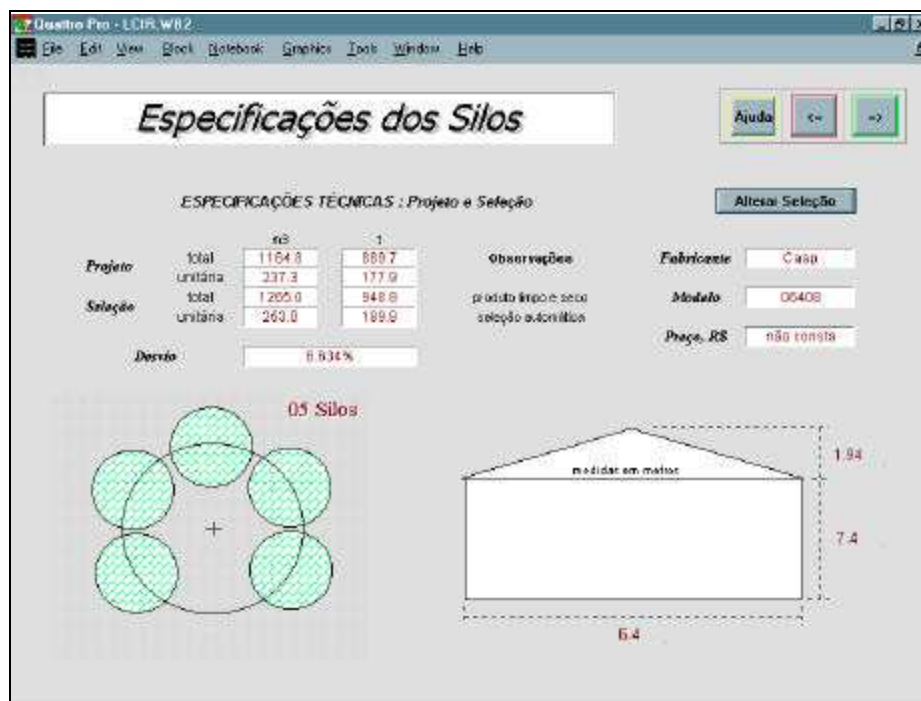


Figura 68 – Seleção automática do silo para execução do projeto circular.

Figura 70 – Especificações de projeto para a implementação de sistema circular.

4.4. Validação teórica

Com o objetivo de subsidiar os resultados obtidos por meio da metodologia desenvolvida neste trabalho, tornou-se necessária a adoção de alguma forma de validação. Assim, ainda que de modo teórico, foram selecionados trabalhos de especialistas para a comparação de resultados, tanto em relação ao dimensionamento técnico quanto à avaliação econômica.

SILVA & HOLLMANN, 1998, desenvolveram um programa computacional, em linguagem Pascal, com o objetivo de prestar auxílio na elaboração de projetos de unidades armazenadoras de grãos. Utilizaram a metodologia apresentada por QUEIROZ et al., 1988, que adota como referência a demanda mensal de produtos a receber e a rotina operacional da unidade armazenadora para o dimensionamento dos sistemas de pré-processamento e armazenamento de grãos. O programa, possuindo as informações técnicas necessárias e por meio de consulta a um banco de dados, procede a indicação dos equipamentos necessários.

Esta primeira comparação de resultados é pertinente pelas seguintes razões: a) trata-se de um programa computacional específico para projetos de unidades; b) a estrutura de dimensionamento, consulta a banco de dados e indicação de equipamentos é idêntica à utilizada por REZENDE (1997); e, principalmente, c) difere no uso metodológico.

Os autores demonstraram a aplicabilidade do programa através das seguintes informações iniciais ou da rotina operacional da unidade armazenadora a ser projetada:

- Duração do período de recebimento por dia: 12 h
- Duração do período de processamento por dia: 22 h

- Número de dias trabalhados por mês: 27 dias
- Capacidade estática média dos veículos transportadores de grãos: 15 t
- Duração média do período de descarga dos veículos transportadores de grãos: 15 min

Consideraram ainda que a unidade receberá produto nos meses de fevereiro a junho, com demanda máxima de 18.700 t no mês de março.

Os resultados obtidos pelo programa computacional podem ser observados na Tabela 7. Para a indicação dos equipamentos foram consideradas informações de catálogos da empresa Kepler Weber, um fator de ajuste correspondente a um valor percentual em que a capacidade nominal do equipamento selecionado poderá suplantar o valor da necessidade calculada, sendo este valor definido de forma empírica para cada tipo de equipamento e ainda um número-limite de equipamentos a selecionar, com situações ponderadas para o bom funcionamento de uma unidade armazenadora.

Uma simulação efetuada por GRANEL, utilizando as mesmas informações básicas ou rotina operacional, é apresentada sucintamente nas Figuras 71 e 72. Um resumo dos resultados obtidos por GRANEL e por Silva & Hollmann pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 7 - Resultados apresentados por SILVA & HOLLMANN (1998)

Equipamentos Recomendados			
1. Setor de recebimento		7. Setor de transporte	
Mês de maior recebimento	Março	7.1. Alimentação das máquinas de pré-limpeza e carga dos silos-pulmão	
Maior quantidade recebida (t)	=18.700,00	Fluxo calculado (t/h)	= 57,7
Nº de moegas	= 1	Opção 1 – Usando elevadores	
Capacidade estática das moegas (t)	= 40,0	Nº de elevadores	= 1
Nº de silos-pulmão	= 1	Modelo	= ea-3
Necessidade calculada (t)	= 360,0	Capac. horária nominal (t/h)	= 80,0
Modelo	= 2412	Opção 2 – Usando correias transportadoras	
Capacidade estática	= 400,0	Nº de correias	= 3
2. Setor de pré-limpeza		Modelo	= ct 12”
Necessidade calculada (t/h)	= 72,15	Capac. horária nominal (t/h)	= 30,0
Nº de máquinas de pré-limpeza	= 2	Opção 3 – Usando transp. helicoidal	
Modelo	= pplc-160s	Nº de transportadores	= 2
Capacidade horária nominal (t/h)	= 40,0	Modelo	= trua-250
3. Setor de secagem		Capac. horária nominal (t/h)	= 40,0
Necessidade calculada (t/h)	= 63,0	7.2. Alimentação dos secadores, descarga dos silos-pulmão, alimentação das máquinas de	

Mês de maior demanda	= março	limpeza e carga do setor de armazenagem
Nº de secadores	= 2	Fluxo calculado (t/h) = 40,0
Modelo	= kw215r	Opção 1 – Usando elevadores
Capacidade horária nominal (t/h)	= 40,0	Nº de elevadores = 1
		Modelo = ea-2
4. Setor de limpeza		Capac. horária nominal (t/h) = 50,0
Necessidade calculada (t/h)	= 50,0	Opção 2 – Usando correias transportadoras
Nº de conjuntos necessários	= 2	Nº de correias = 1
Nº de máq. de limpeza por conjunto	= 3	Modelo = ct 16”
Modelo	= ppsa-160	Capac. horária nominal (t/h) = 60,0
Capacidade horária nominal (t/h)	= 15,0	Opção 3 – Usando transp. helicoidal
		Nº de transportadores = 1
		Modelo = trua-315
5. Setor de armazenagem		Capac. horária nominal (t/h) = 65,0
Mês de maior demanda	= março	7.3. Alimentação do setor de expedição
Capacidade demandada (t)	= 16.560,0	Fluxo calculado (t/h) = 51,1
5.1. Opção 1 – Silos de fundo plano		Opção 1 – Usando elevadores
Nº de silos	= 3	Nº de elevadores = 1
Modelo	= 7220	Modelo = ea-3
Capacidade (t)	= 5670,0	Capac. horária nominal (t/h) = 80,0
5.2. Opção 2 – Silos de fundo tronco cone		Opção 2 – Usando correias transportadoras
Nº de silos	= 1	Nº de correias = 3
Modelo	= a-200	Modelo = ct 12”
Capacidade (t)	= 22.500,0	Capac. horária nominal (t/h) = 30,0
		Opção 3 – Usando transp. helicoidal
6. Setor de expedição		Nº de transportadores = 1
Necessidade calculada (t)	= 25,6	Modelo = trua-315
Nº de silos elevados	= 3	Capac. horária nominal (t/h) = 65,0
Modelo	= 902	
Capacidade estática (t)	= 11,0	

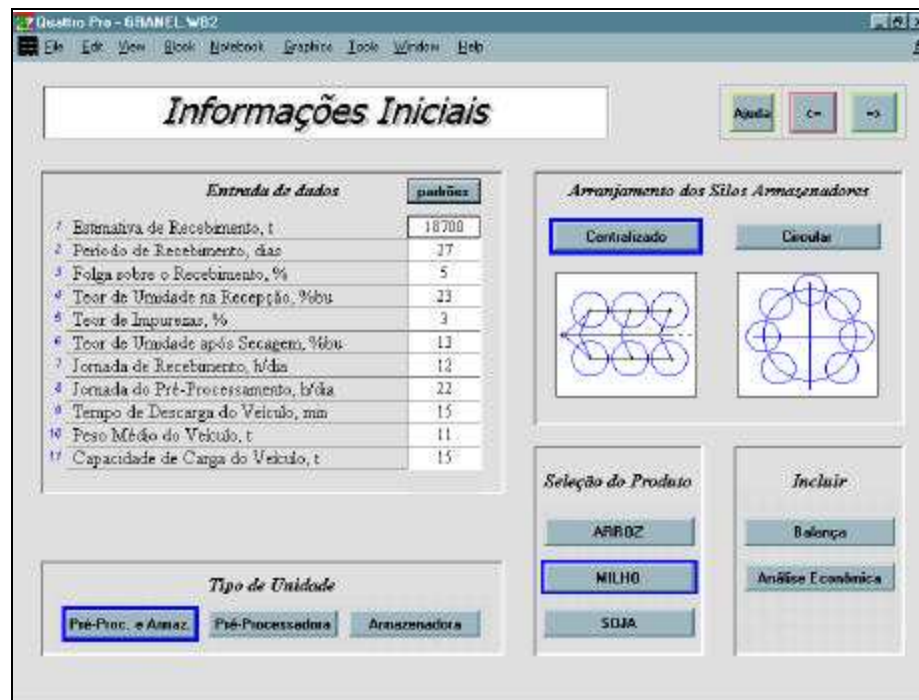


Figura 71 – Variáveis e os critérios iniciais para comparação metodológica.

Equipamento	Quant.	Capacidade			Dimensões			Observ.	Modelo	Fabricante	Preço Base R\$	
		t/h	t	m³	Comp. m	Logura m	Altura m					Diâ. m
Balança	0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	-	0	0	0,0	
Moega (SU)	1	-	0,0	9,0	4,5	4,0	3,0	0,00	Betazapiko	-	2124,0	
T.H. Portátil (SU)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
T.H. Portátil (LU-1)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
T.H. Portátil (LU-2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
Elevador (SU)	1	30,0	-	-	-	-	3,0	-	ocornia	EA 3	Ecopipe Weber	6579,9
Elevador (LU-1)	1	80,0	-	-	-	-	21,7	-	ocornia	EA 3	Ecopipe Weber	9141,0
Elevador (LU-2)	1	80,0	-	-	-	-	20,1	-	ocornia	EA 3	Ecopipe Weber	9141,0
Pré-Limpeza	2	45,0	-	-	2,3	1,3	1,9	-	0	MPLTM-75	Tecno Murgese	14018,6
Silo Pulmão	1	-	318,5	457,7	-	-	16,0	7,28	P. Clássico Elev.	2410	Ecopipe Weber	40199,3
Secador	2	40,0	-	-	12,8	0,0	18,1	-	0	KNF 215 R	Ecopipe Weber	50473,8
S/ Base ou Elevador	0	0,0	-	-	0,0	-	0,0	0,00	0	0	0	0,0
Moega (LS)	0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0	-	-	-	0,0
T.H. Portátil (LS)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0	0,0
Elevador (LS)	1	30,0	-	-	-	-	41,6	-	0	0	Ecopipe Weber	3987,5
T.H.F. Carga Silo (1)	1	40,0	-	-	22,6	-	-	0,25	0	TRUA-120	Ecopipe Weber	4760,1
T.H.F. Carga Silo (2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0,00	0,00	0,0
Silo Armazenador	3	-	5519,7	7226,2	-	-	24,0	31,8	FP/Bep.R.V.	21 8319	Consil	452838,0
T.H.F. Descarga Silo	3	40,0	-	-	17,6	-	-	0,25	0	TRUA-120	Ecopipe Weber	1696,3
T.H. Portátil Retorno	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
T.H.F. Retorno	1	40,0	-	-	22,6	-	-	0,25	0	TRUA-120	Ecopipe Weber	4760,1

Custo Base, R\$ 61.821,97

Figura 72 – Resultado técnico da unidade para comparação metodológica.

Tabela 8 – Comparação de projetos: Granel x Silva & Hollmann

Equipamento	GRANEL			SILVA & HOLLMANN			
	Quant.	Capacidade		Quant.	Capacidade		
		t.h ⁻¹	t		t.h ⁻¹	t	m ³
Moega (SU)	1	-	-	9,0	1	-	40,0
Elevador (SU)	1	80,0	-	-	1 ⁽¹⁾	80,0	-
Pré-Limpeza	2	45,0	-	-	2	40,0	-
Elevador (LU-1)	1	80,0	-	-	1 ⁽²⁾	50,0	-
Silo-Pulmão	1	-	318,5	457,7	1	-	400,0
Elevador (LU-2)	1	80,0	-	-	-	-	-
Secador	2	40,0	-	-	2	40,0	-
Elevador (LS)	1	30,0	-	-	-	-	-
T.H.F. carga silo	1	40,0	-	-	-	-	-
Silo Armazenador	3	-	5.519,7	7.226,2	3	-	5.670,0
T.H.F. descarga silo	3	40,0	-	-	s/ dados	s/ dados	-
T.H.F. retorno	1	40,0	-	-	s/ dados	s/ dados	-

Elevador (SU): carga pré-limpeza; Elevador (LU-1): carga silo-pulmão; Elevador (LU-2): carga secador; Elevador (LS): carga silo armazenador, T.H.F.: carga silo e expedição; T.H.F.: transportador helicoidal fixo; ⁽¹⁾: carga pré-limpeza e silo-pulmão; ⁽²⁾: carga secador e silo armazenador

Pode-se observar pela Tabela 8 que os resultados obtidos por GRANEL são consistentes e, em sua maioria, iguais àqueles apresentados por SILVA & HOLLMANN, 1998. As diferenciações que devem ser ressaltadas e contempladas por GRANEL, próprias das sistemáticas de cálculos, são:

- a) além dos critérios de otimização (correção de capacidades de massa específica), adotou-se 5% de folga sobre o recebimento;
- b) a relação de capacidade estática entre moega e silo-pulmão, outro critério do projetista, adota a moega como uma caixa de passagem, privilegiando o silo-pulmão, com redução da massa de impurezas;
- c) opção por 4 elevadores e não por 3, desconsiderando-se os setores de expedição e de limpeza.

Outras comparações teóricas para a validação do dimensionamento técnico foram realizadas tomando-se plantas e dados de unidades implantadas, identificando-se também resultados semelhantes, com pequenas variações, principalmente quanto aos critérios do projetista.

Outro trabalho, apresentado por WEBER, 1999, permitiu comparar o investimento econômico em relação a um projeto teórico de uma estrutura de armazenagem dentro da propriedade do agricultor.

Os equipamentos, capacidades e custos considerados pelo autor e por GRANEL estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação de projeto de uma unidade armazenadora na fazenda apresentado por WEBER (1999), e simulado por GRANEL

Equipamento	GRANEL			WEBER		
	n ^o	Capacidades		n ^o	Capacidades	
		t.h ⁻¹	m ³		t.h ⁻¹	m ³
Moega	1	-	9	1	-	s/dados
Elevador	3	30	-	3	30	-
Pré-limpeza	1	15	-	1	15	-
Secador	1	15	-	1	15	-

Silo armazen.* (opção 1)	1	-	1.636,4	1	-	1.700,0
Silo armazen.* (opção 2)	3	-	4.909,2	3	-	5.100,0
		R\$	RS.t ⁻¹	R\$	RS.t ⁻¹	
Custo	c/ 1 silo	146.524,6	119,39	138.000,00		115,00
total	c/ 3 silos	301.528,8	81,89	250.000,00		69,44
10 meses de armazenamento						
TIR	c/ 1 silo	45,6 % a.a.		s/ dados		
	c/ 3 silos	99,1 % a.a.		s/ dados		
VPL	c/ 1 silo	R\$ 376.385,6		s/ dados		
	c/ 3 silos	R\$ 1.998.161,4		s/ dados		

* fundo plano, espalhador, rosca varredoura, termometria e aeração

As informações iniciais, os resultados técnicos e os investimentos fixos para a unidade armazenadora com 1 e com 3 silos e simulados por GRANEL estão apresentados nas Figuras 73 a 78.

Pode-se observar que para as duas situações o montante financeiro é consistente com aqueles apresentados por WEBER (1999). As diferenças estão relacionadas com a inclusão de transportadores helicoidais fixos para descarga dos silos, a época em que os valores de custo foram obtidos, as porcentagens estimadas para os custos de fundação e de instalação, entre outros.

Informações Iniciais

Entrada de dados

1	Estimativa de Recebimento, t	1200
2	Período de Recebimento, dias	4
3	Folga sobre o Recebimento, %	5
4	Teor de Umidade na Recepção, %bu	18
5	Teor de Impurezas, %	3
6	Teor de Umidade após Secagem, %bu	13
7	Jornada de Recebimento, h/dia	20
8	Jornada do Pré-Processamento, h/dia	20
9	Tempo de Descarga do Veículo, min	20
10	Peso Médio do Veículo, t	11
11	Capacidade de Carga do Veículo, t	5

Arranjo dos Silos Armazenadores

Centralizado Circular

Seleção do Produto

ARROZ MILHO SOJA

Incluir

Balança Análise Econômica

Tipo de Unidade

Pré-Proc. e Armaz. Pré-Processadora Armazenadora

Figura 73 – Variáveis e os critérios iniciais para unidade com 1 silo armazenador.

Resultado Técnico

Equipamento	Quant.	Capacidade			Dimensões				Observ.	Modelo	Fabricante	Preço Base R\$
		Mh	t	m3	Compr	Largura	Altura	Diâm.				
Balança	0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	-	0	0	0	0,0
Mooça (SU)	1	-	0,0	9,0	4,5	4,0	3,0	0,00	Retangular	-	-	2124,0
T.H. Portátil (SU)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0	0,0
T.H. Portátil (LU-1)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0	0,0
T.H. Portátil (LU-2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0	0,0
Elevador (SU)	1	30,0	-	-	-	-	7,8	-	ecossia	EC-30	Comil	4546,4
Elevador (LU-1)	1	30,0	-	-	-	-	14,0	-	ecossia	EC-30	Comil	5591,3
Elevador (LU-2)	0	0,0	-	-	-	-	0,0	-	0	0	0	0,0
Paê-Lingressa	1	15,0	-	-	2,6	1,4	1,5	-	0	AL-350	Cargo	8193,9
Silo Pólvora	0	-	0,0	0,0	-	-	0,0	0,00	0	0	0	0,0
Sacador	1	15,0	-	-	12,8	2,0	12,6	-	0	CA-15	Camp	20080,7
Sí Risco no Elevador	0	0,0	-	-	0,0	-	0,0	0,00	0	0	0	0,0
Mooça (LS)	0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0	-	-	-	0,0
T.H. Portátil (LS)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
Elevador (LS)	1	30,0	-	-	-	-	29,7	-	0	0	Comil	7420,1
T.H.F. Carga Silo (1)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
T.H.F. Carga Silo (2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0,00	0,00	0,0
Silo Armazenador	1	-	1250,0	1636,4	-	-	19,8	19,9	FP (Esp./B.V.)	10.91.08	Comil	41890,0
T.H.F. Descarga Silo	1	16,0	-	-	9,9	-	-	0,22	0	THB-210	Cargo Becker	2751,2
T.H. Portátil Retorno	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
T.H.F. Retorno	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0

Curso Base, R\$ 101577,5

Figura 74 – Resultado técnico da unidade com 1 silo armazenador.



Figura 75 – Investimentos fixos em uma unidade com 1 silo armazenador.

Quatro Pro - GRANEL.WBZ

File Edit View Block Notebook Graphics Tools Window Help

Informações Iniciais

Ajuda <- ->

Entrada de dados padões

1 Estimativa de Recebimento, t	3000
2 Período de Recebimento, dias	12
3 Folga sobre o Recebimento, %	5
4 Teor de Umidade na Recepção, %bu	18
5 Teor de Impurezas, %	3
6 Teor de Umidade após Secagem, %bu	13
7 Jornada de Recebimento, h/dia	20
8 Jornada do Pré-Processamento, h/dia	20
9 Tempo de Descarga do Veículo, min	20
10 Peso Médio do Veículo, t	11
11 Capacidade de Carga do Veículo, t	5

Arranjo dos Silos Armazenadores

Contíguo

Circular

Seleção do Produto

ARROZ

MILHO

SOJA

Incluir

Balança

Análise Econômica

Tipo de Unidade

Pré-Proc. e Amaz.
 Pré-Processadora
 Armazenadora

Figura 76 – Variáveis e os critérios iniciais para unidade com 3 silos armazenadores.

Quattro Pro - GRANEL.WB2

File Edit View Block Notebook Graphics Tools Window Help

Resultado Técnico

Ajuda < >

Equipamento	Quant.	Capacidade		Dimensões				Observ.	Modelo	Fabricante	Preço Base R\$	
		Unidade	m³	Compr	Largura	Altura	Diám.					
Balança	0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0	0	0	0,0	
Moega (SU)	1	-	0,0	90	4,5	4,0	3,0	0,00	Estanhuiz	-	2124,0	
T.H. Portátil (SU)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
T.H. Portátil (LU-1)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
T.H. Portátil (LU-2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	-	0	0,0	
Elevador (SU)	1	30,0	-	-	-	-	7,8	-	cometa	EC-30	Comul	4546,4
Elevador (LU-1)	1	30,0	-	-	-	-	14,0	-	cometa	EC-30	Comul	5991,3
Elevador (LU-2)	0	0,0	-	-	-	-	0,0	-	0	0	Comul	0,0
Pré-Limpeza	1	13,0	-	-	2,6	1,4	1,5	-	0	AL-300	Casp	8193,9
Silo Pólvora	0	-	0,0	0,0	-	-	0,0	0,00	0	0	0	0,0
Serador	1	15,0	-	-	12,0	2,0	12,0	-	0	CA-15	Casp	28000,7
Sí Borrax ou Elevador	0	0,0	-	-	0,0	-	0,0	0,00	0	0	0	0,0
Moega (LS)	0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0	-	-	-	0,0
T.H. Portátil (LS)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
Elevador (LS)	1	30,0	-	-	-	-	29,7	-	0	0	Comul	7420,1
T.H.F. Carga Silo (1)	1	16,0	-	-	11,7	-	-	0,22	0	THB-220	Carlo Becker	3243,2
T.H.F. Carga Silo (2)	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0,00	0,00	0,0
Silo Armazenador	3	-	1250,0	1636,4	-	-	19,8	10,9	FP_Gep.R.V	10 911,8	Comul	125670,0
T.H.F. Descarga Silo	2	16,0	-	-	9,9	-	-	0,22	0	THB-220	Carlo Becker	8193,6
T.H. Portátil Retorno	0	0,0	-	-	0,0	-	-	0,00	0	0	0	0,0
T.H.F. Retorno	1	16,0	-	-	11,7	-	-	0,22	0	THB-220	Carlo Becker	3243,2

Custo Base, R\$ 197306,4

Figura 77 – Resultado técnico da unidade com 3 silos armazenadores.



Figura 78 – Investimentos fixos em uma unidade com 3 silos armazenadores.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

No Brasil, graças à acentuada estacionalidade de preços durante o ano agrícola, à carência de infra-estrutura e serviços de comercialização, aos riscos a que estão sujeitos os produtores e à premência dos compromissos financeiros assumidos, os produtores se vêem obrigados a vender sua produção ao intermediário ou à indústria, na fase da colheita. Em conseqüência, obtêm preços mais baixos e maior consumo durante a safra, levando à escassez nos meses de entressafra. Este comportamento de mercado proporciona incrementos de preços para os consumidores durante a entressafra, em comparação aos praticados na safra.

Uma unidade armazenadora, tecnicamente projetada e convenientemente localizada, constitui uma das alternativas para aumentar o retorno econômico dos sistemas produtivos de grãos. A simulação matemática é um importante instrumento de análise de sistemas, por representar um processo físico com maior rapidez e menor custo que a experimentação do mesmo. Sendo o computador o elemento fundamental para a resolução das equações de simulação, o uso de um software “especialista” poderá permitir o planejamento do sistema de pré-processamento e armazenamento de grãos, através da programação eficiente da produção, finalidade e época de colheita do produto, capacidades estática e dinâmica e otimização econômica do sistema fornecendo o custo e a viabilidade desse sistema.

Este trabalho objetivou implementar um modelo computacional nos seguintes pontos: a) identificação de novos critérios de projeto; b) individualização do sistema de pré-processamento e armazenamento; c) desenvolvimento e implementação de banco de fluxogramas para layouts centralizados e circulares; d) implementação de banco de dados para seleção automática de máquinas e equipamentos; e) agregação da renda entre custo de produção e preço de venda; f) elaboração de metodologia para a avaliação econômica e a tomada de decisão sobre cinco alternativas de projetos de investimento; g) estruturação de sub-rotinas na forma de softwares individuais e interdependentes.

Como resultados, obteve-se um programa computacional integrado por 17 aplicativos, utilizando-se o software Quattro Pro[®] for Windows[®], versão 6.0, para a programação de todas sub-rotinas. Cerca de 12.000 tipos distintos de projetos podem ser elaborados, para diferentes graus de automação e tipos de expansão. Dezenas de novos critérios de projeto foram implementados, possibilitando grande flexibilidade ao sistema. O banco de dados que é automaticamente acessado para a seleção das máquinas e equipamentos foi estruturado de forma individualizada. Cinco diferentes alternativas de projetos de investimentos são apresentadas, de acordo com o custo de produção e o tempo de armazenamento desejado, sendo a tomada de decisão realizada pela análise incremental dos fluxos de caixa (projetos mutuamente excludentes). Sistemas implantados poderão ser avaliados quanto aos fundamentos técnicos e econômicos, atuando como padrão comparativo para reestruturações. Módulos independentes para seleção de balanças, custo de produção, simulação de secagem à baixas temperaturas e quantificação das propriedades do ar foram desenvolvidos, bem como a geração de equações para capacidades, fatores de correção, custos, entre outras.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

a) o sistema integrado de análise, envolvendo os aspectos técnicos e econômicos de forma automatizada, para unidades pré-processadoras e armazenadoras de grãos, constitui um instrumental importante por quantificar e

qualificar diferentes sistemas de pós-colheita, fundamentando o processo de tomada de decisão a conveniência desse tipo de investimento;

b) a metodologia desenvolvida apresenta consistência e eficiência para dimensionar e realizar análises econômicas, apresentando resultados reais e objetivos;

c) quando tecnicamente projetada, adequadamente avaliada e bem manejada, a alocação de recursos em uma unidade pré-processadora e armazenadora de grãos na fazenda constitui um investimento rentável;

d) a implementação de SPPA demanda elevados investimentos iniciais; e

e) as seguintes implementações são necessárias à complementação do modelo computacional: dimensionamento de sistemas de aeração, termometria e elétricos; análises de risco e de sensibilidade; e alternativas de financiamento e comercialização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENOCK, G.; LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; LOEWER, D.H. Grain flow restrictions in harvesting - delivery - drying systems. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 5, p. 1151-1161, 1981.
- BRIDGES, T.C.; OVERHULTS, D.G.; MCNEILL, S.G.; WHITE, G.M. An aeration duct design model for flat grain storage. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 4, p. 1283-1288, 1988.
- BRIDGES, T.C.; COLLIVER, D.G.; WHITE, G.M.; LOEWER, O.J. A computer aid for evaluation of on-farm stir drying systems. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 5, p. 1548-1555, 1984.
- BRIDGES, T.C.; LOEWER, O.J.; WHITE, G.M.; ROSS, I.J. A management tool for predicting performance of continuous in-bin shelled corn drying systems. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 5, p. 1528-1532, 1983.
- BRIDGES, T.C.; LOEWER, O.J.; WALKER, J.N.; OVERHULTS, D.G. A computer model for evaluating corn harvesting, handling, drying and storage systems. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 3, p. 618-621, 629, 1979.
- BRIDGES, T.C.; LOEWER, O.J.; OVERHULTS, D.G. The influence of harvest rate and drying time on grain drying and storage facility selection. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 1, p. 174-177, 1979.
- BROOKER, R.C.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. Westport: Avi Book, 1982. 265 p.
- BRUSEWITZ, G.H. Density of rewetted high moisture grains. **Transactions of the ASAE**, v. 18, n. 5, p. 935-938, 1975.

- BUCKLIN, R.; LOEWER, O.J.; BREEDEN, T.; BRIDGES, T.; BENOCK, G. Simulation of the materials handling system in a seed bagging and processing plant. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 419-424, 1989.
- BUCKLIN, R.; BREEDEN, T.; LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.; BENOCK, G. Optimization of equipment and labor for seed processing and bagging systems. **Transactions of the ASAE**, v. 25, n. 4, p. 1041-1044, 1982.
- CADERNO DE ESTATÍSTICAS. **Revista Preços Agrícolas – Mercados e Negócios Agropecuários**, n. 168, outubro/novembro 2000.
- CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Tarifas de energia da Cemig, conforme resolução nº 87 da Aneel, de 06/04/2000**. [on line]. Disponível em: WWW.URL: <http://www.cemig.com.br/atendimento/tarifas.html>
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativa de safra**. [on line]. Disponível em: WWW.URL: <http://www.conab.gov.br/publicacoes/Indicadores/01-EstSafra.cfm>
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Contrato de depósito**. Brasília: CONAB, 2000. 30 p. Comunicado CONAB/MOC Nº 001.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores da agropecuária**, v. 9, n. 1, 49 p. Janeiro/2000.
- CRUZ, J.C.F. **Eficiência locacional e dimensões econômicas de unidades armazenadoras no estado de minas gerais**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CYPRIANO, L.A. **Análise estacional de preços de grãos e viabilidade econômica de armazenagem em propriedades agrícolas no estado de minas gerais**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1988. 78 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FAEG – FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DE GOIÁS. **Custo de produção**. [on line]. Disponível em: WWW.URL: <http://www.faeg.com.br/>
- FLANDERS, K.; BROWN, S.; SHELBY, R.A.; MASK, P.L. **IPM tactics for on-farm stored grain**. Alabama A&M University and Auburn University, 1998. 8 p. Alabama Cooperative Extension System, Publication ANR-1126.

- HARMON, P.; KING, D. **Expert systems: artificial intelligence in bussiness.** New York: John Wiley & Sons, 1985. 283 p.
- HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E.M. et al. **Administração da empresa agrícola.** São Paulo: Pioneira, 1987. 325 p.
- HOLLANDA, N. **Planejamento e projetos.** Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 1983. 402 p.
- INFORMADOR DAS CONSTRUÇÕES. **Construção leve e pesada.** Ed. 1.429. Belo Horizonte: Informador das Construções Ltda., 2000. 44 p.
- ISARD, W. **Location and space economy.** New York: John Wiley and Sons, 1956. 350 p.
- LAPPONI, J.C. **Avaliação de projetos de investimento – Modelos em excel.** São Paulo: Laponi Treinamento e Editora Ltda., 1996. 265 p.
- LEITE, C.A.M.; COSTA, F.A.; VALE, S.M.R. **Planejamento da empresa rural.** Brasília, DF: ABEAS, 1996. 56 p. (Curso de Administração Rural - Módulo 4).
- LACERDA FILHO, A.F.; AFONSO, A.D.L.; SILVA, J.S. Manuseio de grãos e farelos. **Revista Engenharia na Agricultura. Série Caderno Didático**, v. 1, n. 15, p. 1-26, 1994.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; BUCKLIN, R.A. **On-farm drying and storage systems.** St. Joseph: ASAE, 1994. 560 p. (Publicaton, 9).
- LOEWER, O.J.; KOCHER, M.F.; BRIDGES, T.C. An expert system for determining bottlenecks in on-farm grain processing systems. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 69-72, 1990.
- LOEWER, O.J.; BERRY, I.L.; SIEBENMORGEN, T.J. Geometric and economic considerations in the design of flat storage systems. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 245-251, 1989.
- LOEWER, O.J.; SIEBENMORGEN, T.J.; BERRY, I.L. Geometric considerations in the design of circular grain storage. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 114-122, 1986.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; WHITE, G.M.; RAZOR, R.B. Optimum moisture content to begin hasvesting corn as influenced by energy cost. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 2, p. 362-365, 1984.

- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; COLLIVER, D.G.; WHITE, G.M. Economics of stirring devices in grain drying. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 2, p. 603-608, 1984.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; WHITE, G.M.; OVERHULTS, D.G. The influence of harvesting strategies and economic constraints on the feasibility of farm grain drying and storage facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 2, p. 468-476, 1980.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; WHITE, G.M.; OVERHULTS, D.G. **A computer model for determining the economics of on-the-farm drying, storage and feed processing systems for corn.** Winnipeg, Canada: University of Manitoba, 1979. ASAE Paper N° 79-5020.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; OVERHULTS, D.G. Computer layout and design of grain storage facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 19, n. 6, p. 1130-1137, 1976.
- LOEWER, O.J.; BRIDGES, T.C.; OVERHULTS, D.G. Facility costs of centralized grain storage systems utilizing. **Transactions of the ASAE**, v. 19, n. 6, p. 1163-1168, 1976.
- MARA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA. **Programa nacional de armazenagem a nível da propriedade agrícola.** Brasília: MARA, 1993. 39 p.
- MCKENZIE, B.A. Planning grain drying, storage and handling facilities for commercial farms. IN: NACIONAL SEMINAR ON STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTS, 2, Brasília, [s.n.], 1976. 61 p. **Proceedings.**
- MCKENZIE, B.A.; MADDEX, R.L.; ANDREW, F.W.; PEDERSEN, J.H. **Planejando o manejo dos cereais – para a pecuária e comercialização.** São Paulo, SP: Associação Brasileira de Fabricantes de Silos, 1974. 70 p.
- NELSON, S.O. Moisture – dependent kernel – and bulk-density relationships for wheat and corn. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 1, p. 139-143, 1980.
- NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica.** São Paulo, SP, Atlas, 1987.
- OLIVEIRA, L.A. **Localização, número e dimensionamento de unidades armazenadoras comunitárias.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1987. 81 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- PASTORE, J. **A tributação do trabalho no Brasil**. [on line]. Disponível em: WWW.URL:
<http://www.josepastore.com.br/artigos/relacoestrabalhistas/084.htm>
- QUEIROZ, D.M.; MELO, E.C.; SILVA, F.A.P.; KRUG, O. et al. **Projeto de uma unidade armazenadora com capacidade estática de 48.000 t**. Viçosa, MG: CENTREINAR, 1988.
- REIS, D.L. Estudo técnico e econômico da propriedade rural. **Informe Agropecuário**, n. 143, v. 12, p. 23-36, 1986.
- REIS, A.J.; GUIMARÃES, J.M.P. Custo de produção na agricultura. **Informe Agropecuário**, n. 143, v. 12, p. 15-22, 1986.
- REZENDE, R.C. **Modelo computacional aplicado a dimensionamento, simulação e análise econômica de unidades pré-processadoras de grãos**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1997. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, C. A. B. **Avaliação financeira de projetos com o auxílio de planilhas eletrônicas**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia de Alimentos, 1994. 31 p.
- SILVA, C. A. B. Sistemas especialistas para economistas rurais: potencial e relevância. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 28, n. 2, p. 155-174, 1990.
- SILVA, J.S. **An engeneering-economic comparison of five drying techniques for shelled corn on Michigan farms**. East Lansing: Michigan State University, 1980. 200 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Michigan State University.
- SILVA, J.S. (Ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2000. 502 p.
- SILVA, J.S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 1995. 500 p.
- SILVA, L.C.; HOLLMANN, A. Desenvolvimento de programa computacional para auxílio na elaboração de projetos de unidades armazenadoras. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 2, v. 23, p. 10-16, 1998.
- TARIFAS horo-sazonais azul e verde. **Manual de orientação ao consumidor**. Rio de Janeiro: CODI, 1988. 28 p.

- THOMPSON, T.L. FANS: fan performance program. IN: GRAIN DRYING AND STORAGE WORKSHOP, Lexington, 1975. **Proceedings University of Kentucky.**
- THOMPSON, T.L. FANMATCH: computer program for matching fan performance on a grain bin. IN: GRAIN DRYING AND STORAGE WORKSHOP, Lexington, 1975. **Proceedings University of Kentucky.**
- THOMPSON, T.L. NATAIR: natural air drying program. IN: GRAIN DRYING AND STORAGE WORKSHOP, Lexington, 1975. **Proceedings University of Kentucky.**
- THOMPSON, T.L.; PEART, R.M.; FOSTER, G.H. Mathematical simulation of corn drying - a new model. **Transactions of the ASAE**, v. 11, n. 4, p. 582-586, 1968.
- VALLE, C.E. **Implantação de indústrias.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 354 p.
- VALE, S.M.R.; COSTA, F.A.; GOMES, M.F.M. **Análise econômica da empresa rural** Brasília, DF: ABEAS, 1996. 59 p. (Curso de Administração Rural - Módulo 2).
- WEBER, A. **Theory of the location of industries.** Chicago: University of Chicago, 1962. 256 p.
- WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola.** Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.
- WEBER, E.A. Armazenagem – Viabilidade na ponta do lápis. **Revista A Granja**, n. 603, p. 37-39. Março de 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE

Tabela 1A - Valores correspondentes de umidade dos grãos e massa específica para o arroz

U, %bu	ME, kg.m ⁻³
12,0	586,28
14,0	587,88
16,0	605,50
18,0	615,11

Fonte: BROOKER et al. (1982).

Tabela 2A - Rendimentos das máquinas de pré-limpeza, R_{pb}, em relação ao teor de umidade dos grãos

U _i , %bu	R _{pb} , %
15	125,00
16	116,67
17	108,33
18	100,00
19	91,67
20	87,50
21	83,33
22	75,00

Fonte: WEBER (1995).

Tabela 3A - Rendimentos de secadores, R_s, em função dos teores de umidade inicial e final dos grãos

U _i , %bu	U _f , %bu	R _s , %
14	13	147
15	13	131
15	14	158
16	13	121
16	14	147
17	13	110
18	13	100
18	14	121
18	15	147

Tabela 3A, Cont.

U_i , %bu	U_b %bu	R_s , %
18	16	163
19	13	84
19	14	105
19	15	126
19	16	147
20	13	76
20	14	91
20	15	110
20	16	131
21	13	68
21	14	81
21	15	87
21	16	116
21	17	142
22	13	63
22	14	73
22	15	89
22	16	102
22	17	126
23	13	58
23	14	68
23	15	79
23	16	95
23	17	110
24	14	63
24	15	73
24	16	83
24	17	100
24	18	116

Fonte: WEBER (1995).

Tabela 4A - Custo do balanço rodoviária em função de sua capacidade

Capacidade, t	Custo, R\$
30	10570,00
40	12000,00
50	15638,00
60	18850,00
70	21000,00
80	25850,00

Tabela 5A - Custo do elevador de caçambas em função de sua capacidade

Capacidade, t.h ⁻¹	Custo, R\$	
	Acionamento	Módulo (2 m)
20	2873,00	219,00
30	3374,00	260,00
40	4024,00	296,00
60	4713,00	326,00
90	5322,00	385,00
120	5741,00	408,00

Acionamento: pé e cabeça.

Tabela 6A - Custo do transportador helicoidal portátil em função de sua capacidade

Capacidade, t.h ⁻¹	Custo, R\$
18	5550,00
25	6160,00
30	6600,00
40	7800,00
60	8930,00

Tabela 7A - Custo do transportador helicoidal fixo em função de sua capacidade

Capacidade, t.h ⁻¹	Custo, R\$
2	6105,00
4	6581,00
6	7195,00
9	7486,00
12	7655,00
16	7869,00
22	8698,00
38	9618,00
61	10416,00
88	11106,00
100	11704,00

Tabela 8A - Custo da máquina de pré-limpeza em função de sua capacidade

Capacidade, t.h ⁻¹	Custo, R\$
30	9500,00
50	11400,00
60	17000,00

Tabela 9A - Custo do silo-pulmão, em função de seu volume

Volume, m ³	Custo, R\$
48,82	12060,00
63,67	12450,00
78,52	12840,00
93,38	13640,00
97,37	18350,00
108,23	14110,00
118,75	18800,00
140,14	19640,00
161,52	20170,00
182,91	20830,00
204,29	21380,00
248,98	31250,00
287,00	32100,00
325,02	32700,00
363,04	33500,00
401,06	34450,00
439,07	35550,00
477,09	36180,00
515,11	37100,00
553,13	37730,00

Tabela 10A - Custo do secador, incluindo fornalha, em função de sua capacidade

Capacidade, t.h ⁻¹	Custo, R\$
10	25730,00
20	34650,00
30	46800,00
40	58580,00
60	77150,00
80	115630,00

Tabela 11A - Custo do silo armazenador de fundo plano, incluindo espalhador de grãos e rosca varredoura, em função de seu volume

Volume, m ³	Custo, R\$
37,6	6150,00
52,5	6540,00
67,3	6930,00
77,4	7250,00
82,2	7730,00
97,0	8200,00
98,8	7700,00
120,1	8540,00
141,5	9070,00
163,0	9730,00
182,0	9250,00
184,3	10280,00
220,0	10100,00
258,0	10700,00
272,6	15000,00
296,0	11500,00
334,1	12450,00
353,8	12500,00
372,1	13550,00
410,1	14180,00
413,2	13200,00
448,1	15100,00
486,1	15730,00
532,0	15850,00
591,4	16960,00
609,5	17100,00
650,8	17790,00
695,0	18950,00
710,2	18890,00
769,6	19720,00
780,5	20100,00
829,0	20950,00
866,1	21420,00
888,4	21840,00
951,6	22630,00
1037,2	24410,00
1122,7	25830,00
1208,2	27470,00
1293,8	29020,00
1379,3	30660,00
1439,0	30260,00
1464,9	31980,00
1550,4	33990,00
1591,1	32120,00
1635,9	35500,00
1743,1	34630,00
1895,2	36630,00

Tabela 11A, Cont.

Volume, m ³	Custo, R\$
2047,3	39335,00
2199,3	41625,00
2351,4	45140,00
2503,5	47650,00
2655,6	50920,00
2803,9	50720,00
2807,6	55920,00
2959,7	57280,00
3041,5	53995,00
3111,8	60565,00
3263,8	63990,00
3279,1	58780,00
3415,9	67690,00
3516,7	63385,00
3568,0	71115,00
3754,4	66510,00
3992,0	70735,00
4153,2	68270,00
4229,6	75930,00
4467,2	80950,00
4495,4	72870,00
4704,8	86250,00
4837,6	78915,00
4942,4	91630,00
5179,7	84625,00
5180,0	97545,00
5417,6	102920,00
5521,9	90870,00
5655,3	108825,00
5864,0	97700,00
6206,2	105550,00
6548,4	112515,00
6890,5	120565,00
7232,7	127920,00
7574,8	135925,00
7917,0	145150,00
8259,2	154520,00
10125,1	188660,00
10894,9	201100,00
11664,8	213670,00
12434,7	227600,00
13204,5	240960,00
13974,4	255240,00
14744,2	269860,00
15514,1	292960,00
16284,0	304350,00
17053,8	320680,00
17823,7	338260,00

Tabela 12A - Consumo de lenha pela formalha em função da capacidade do secador

Capacidade do secador, t.h ⁻¹	Consumo de lenha, m ³ .h ⁻¹
4	0,25
8	0,40
15	0,50
20	0,88
30	0,93
40	1,75
60	2,62
80	3,70
100	4,37