

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**“DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA
DO ALHO (*Allium sativum* L.) - COM ÊNFASE NO PLANTIO”.**

**Tese Submetida à Universidade Federal
de Santa Catarina Para a Obtenção do Título
de Doutor em Engenharia**

Alberto Souza Schmidt

**Florianópolis
Maio - 1997**

“DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA DO ALHO (*Allium sativum* L.) - COM ÊNFASE NO PLANTIO”.

ALBERTO SOUZA SCHMIDT

ESTA TESE FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

DOUTOR EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Nelson Back, Ph.D.
Orientador

Prof. Osmar Possamai, Dr.

Prof. Oscar A. Braunbeck, Ph.D.

Prof. Arno U. Dallmeyer, Dr. Agr.

Prof. Fernando A. Forcellini, Dr. Eng.

**Dedico este trabalho à minha família,
pelo carinho, e compreensão.**

AGRADECIMENTOS

Agradecer e nominar a todas as pessoas envolvidas com este trabalho seria uma façanha muito difícil. Contudo, algumas delas colaboraram de maneira decisiva. Portanto, gostaria de deixar registrado o meu sincero agradecimento a Aloísio Oriques e a Biase Faraco pela colaboração prestada a partir de suas especialidades a este projeto de produto; a Eucario C. Chacon, Jorge Luís C. da Silva e Claudiano S. de Araújo Júnior pelo companheirismo e amizade ao longo do curso e desenvolvimento deste trabalho; e aos companheiros dos Laboratórios de Projeto e Produto e do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.

O agradecimento especial vai para o Prof. Nelson Back, meu orientador e para o Prof. Osmar Possamai (co-orientador) não só pela orientação experiente, sensata e objetiva mas, sobretudo, pela confiança depositada e incentivo prestado a mim no decorrer deste projeto.

Não poderia deixar também de agradecer à Fundação CAPES, por ter apoiado, proporcionando as condições financeiras, a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	viii
-----------------------	------

Lista de Quadros.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Anexos.....	xvi
Resumo.....	xvii
Abstract.....	xviii
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO II	
SITUAÇÃO DA CULTURA DO ALHO NO BRASIL.....	03
2.1 - Aspectos da produção: mundial e nacional.....	03
2.2 - Evolução da cultura.....	06
2.3 - Caracterização do produtor de alho.....	12
2.4 - Perspectivas para a cultura.....	16
CAPÍTULO III	
O ALHO: ORIGEM, BOTÂNICA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	24
3.1 - Origem e botânica.....	24
3.2 - Sistemas de produção.....	26
3.2.1 - Ciclo de cultivo do alho.....	28
CAPÍTULO IV	
SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA DO ALHO.....	48
4.1 - Introdução.....	48
4.2 - Requisitos necessários para o projeto de mecanização da cultura do alho.....	52
4.3 - Concepções de máquinas desenvolvidas para a cultura do alho.....	65
4.3.1 - Máquina debulhadora de bulbos de alho.....	65
4.3.2 - Máquina colhedora de bulbos de alho.....	66
4.3.3 - Máquina beneficiadora e classificadora de bulbos de alho.....	68
CAPÍTULO V	
A MECANIZAÇÃO DO PROCESSO DE PLANTIO.....	69
5.1 - Introdução.....	69
5.2 - Máquinas existentes para o plantio do alho.....	69
5.2.1 - Máquina plantadora com mecanismo de disco (Patente n. 8305650, Brasil).....	69
5.2.2 - Máquina plantadora com mecanismo tipo rotor com espiral (Patente n. 8106889, Brasil).....	71
5.2.3 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia dentada.....	73
5.2.4 - Máquina plantadora pneumática.....	74
5.2.5 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia, com canecas.....	77
5.3 - Considerações gerais sobre as concepções analisadas.....	78
CAPÍTULO VI	
DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO PARA MÁQUINA PLANTADORA DE ALHO.....	80

6.1 -	Introdução.....	81
6.2 -	Subsistemas da máquina plantadora.....	82
6.3 -	Funções da máquina plantadora	83
6.3.1 -	Armazenamento, transporte e individualização de bulbilhos	84
6.3.2 -	Posicionamento e plantio dos bulbilhos.....	91
6.4 -	Resumo dos requisitos de projeto	91
6.5 -	Geração de soluções alternativas	93
6.5.1 -	Descrição dos elementos da matriz morfológica	94
6.6 -	Identificação da solução apropriada	97
6.6.1 -	Estudo dos dispositivos para armazenamento e transporte	
6.6.2	de bulbilhos	97
6.6.2 -	Estudo dos dispositivos para individualização de bulbilhos.....	102
6.6.3 -	Estudo dos dispositivos para posicionamento de bulbilhos.....	116
6.6.4 -	Estudo dos dispositivos para plantio de bulbilhos	126
6.7 -	Solução conceitual para máquina plantadora de alho	133
6.7.1 -	Descrição do princípio de funcionamento da solução	133

CAPÍTULO VII

	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	137
7.1 -	Introdução.....	137
7.2 -	Protótipo da máquina plantadora.....	139
7.2.1 -	Conjunto estrutural da máquina.....	141
7.2.2 -	Conjunto de alimentação	145
7.2.3 -	Conjunto de individualização	153
7.2.4 -	Conjunto de posicionamento	156
7.2.5 -	Conjunto de plantio.....	158
7.2.6 -	Conjunto de transmissão de potência.....	163

CAPÍTULO VIII

	AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DA MÁQUINA PLANTADORA.....	167
8.1 -	Introdução.....	167
8.2 -	Testes do protótipo.....	167
8.2.1 -	Testes de laboratório	169
8.2.2 -	Testes de campo.....	182
8.3 -	Avaliação do projeto da máquina plantadora em relação aos requisitos estabelecidos	184
8.4 -	Sugestões para melhoramentos	189

CAPÍTULO IX

	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA DO ALHO	192
9.1 -	Introdução.....	192
9.2 -	Análise econômica do sistema mecanizado para a cultura do alho.....	194
9.2.1 -	Resultados obtidos para o sistema manual de produção do alho.....	207
9.2.2 -	Resultados obtidos para o sistema mecanizado de produção do alho.....	208

9.2.3 - Comparação dos custos parciais anuais corrigidos para as formas manual e mecanizada de produção do alho, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha para áreas plantadas de um a dez hectares	209
9.2.4 - Viabilidade econômica do sistema mecanizado de produção do alho	212
9.3 - Considerações gerais	223
CAPÍTULO X	
CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	229
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	232
BIBLIOGRAFIA	236
ANEXO 1 - Numeração das peças da máquina	246
ANEXO 2 - Planilhas de custo de produção do alho	247

LISTA DE FIGURAS

2.1 - Evolução da área colhida de alho no Brasil, em hectares,	
--	--

período 1979/1994	08
2.2 - Produção de alho no Brasil, período 1979/1994.....	09
2.3 - Importação de alho no Brasil, período 1979/1994	10
2.4 - Custo relativo dos insumos.....	19
2.5 - Custo relativo da semente	19
2.6 - Custo relativo dos insumos, exceto a semente.....	20
2.7 - Custo relativo dos serviços de mecanização	20
2.8 - Custo relativo dos serviços manuais	20
2.9 - Custo relativo de demais custos variáveis.....	21
2.10 - Custo total de produção.....	21
2.11 - Preço de comercialização do alho (caixa 10 kg)	22
2.12 - Margem bruta de lucro.....	23
3.1 - Bulbo de alho.....	25
3.2 - Ciclo de cultivo do alho.....	27
3.3 - Sulcador	30
3.4 - Tambor cilíndrico para abertura de covas	30
3.5 - Máquina classificadora por tamanho e forma	33
3.6 - Sistema de plantio do alho em camalhões	34
3.7 - Sistema de plantio do alho em canteiros	35
3.8 - Sistematização do canteiro - fileira única	36
3.9 - Sistematização do canteiro - fileira dupla	36
3.10 - Área necessária por planta, conforme o peso médio do bulbilho .	36
3.11 - Tratamentos utilizados por Couto, F. em seu experimento - Posições de plantio de bulbilhos	38
3.12 - Lâmina para a colheita do alho.....	41
3.13 - Esquema de um equipamento classificador de bulbos.....	45
4.1 - Operações do sistema mecanizado para a cultura do alho.....	50
4.2 - Fases do Ciclo produção-consumo do produto	52
4.3 - Elementos influenciadores na fase de projeto	53
4.4 - Restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado, na fase de projeto.....	54
4.5 - Elementos influenciadores, na fase de fabricação	55
4.6 - Restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado, na fase de fabricação.....	55
4.7 - Elementos influenciadores na fase de uso	56
4.8 - Restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado, na fase de uso.....	57
4.9 - Elementos influenciadores na fase de manutenção	58
4.10 - Restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado, na fase de manutenção	58
4.11 - Máquina debulhadora de bulbos de alho.....	66
4.12 - Vista lateral do primeiro protótipo de máquina colhedora de bulbos de alho	67
4.13 - Solução conceitual proposta pelo Eng. °Claudio para a máquina colhedora	67
4.14 - Máquina beneficiadora e classificadora de bulbos de alho.....	68
5.1 - Máquina plantadora com mecanismo de disco para uma linha	70
5.2 - Máquina plantadora com mecanismo de disco para sete linhas ..	70

5.3 -	Máquina plantadora de bulbilhos com mecanismo tipo rotor com espiral (vista frontal).....	72
5.4 -	Vista superior da máquina plantadora de bulbilhos com mecanismo tipo rotor com espiral (em planta)	72
5.5 -	Rotor com espirais compostas.....	72
5.6 -	Mecanismo separador de bulbilhos (em corte).....	73
5.7 -	Máquina plantadora com mecanismo tipo correia dentada	74
5.8 -	Vistas gerais do protótipo de semeadora pneumática de precisão para alho	75
5.9 -	Contentor com dosificador helicoidal de sementes.....	76
5.10 -	Máquina semeadora pneumática fabricada pela Franzino, Itália..	77
5.11 -	Máquina plantadora com mecanismo tipo correia com canecas ..	77
6.1 -	Metodologia utilizada no desenvolvimento da máquina plantadora de alho	81
6.2 -	Estrutura de funções para uma máquina plantadora de alho	82
6.3 -	Sistema mecanizado de plantio de alho	82
6.4 -	Semente de alho da cultivar Quitéria.....	85
6.5 -	Dimensões da semente de alho da cultivar Quitéria. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal	86
6.6 -	Estudo do espaçamento entre linhas de plantio	89
6.7 -	Atuais tipos de dispositivos para a individualização de bulbilhos ...	90
6.8 -	Matriz morfológica para uma plantadora de alho.....	96
6.9 -	Formas dos contentores para sementes de alho.....	98
6.10 -	Contentor de sementes de alho (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista frontal	99
6.11 -	Bancada de testes.....	100
6.12 -	Disposição suposta do bulbilho na correia transportadora	100
6.13 -	Vista lateral de dente da correia transportadora.....	101
6.14 -	Concepção do conjunto de alimentação.....	102
6.15 -	Tipos de dispositivos para individualização de bulbilhos.....	103
6.16 -	Concepção de mecanismo individualizador de bulbilhos através de mesa transportadora vibratória	104
6.17 -	Concepção de mesa vibratória - Alternativa A. Vista superior	105
6.18 -	Concepção de mesa vibratória - Alternativa B. (a) Vista superior (b) Vista frontal	105
6.19 -	Concepção de mesa vibratória - Alternativa B. Vista lateral.....	106
6.20 -	Disco com espirais duplas	107
6.21 -	Concepção de dispositivo para individualização de bulbilhos através de disco com espiral dupla vibratória.....	107
6.22 -	Canal formado pelas espirais	108
6.23 -	Dispositivo individualizador com correia transportadora e conchas	109
6.24 -	Concha para captação de bulbilhos. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.....	109
6.25 -	Dispositivo individualizador de bulbilhos movido por cames	110
6.26 -	Modelo de dispositivo individualizador de bulbilhos movido por cames	111

6.27 -	Dispositivo individualizador de lâmina	112
6.28 -	Dispositivo individualizador de lâmina. Vista lateral esquerda.....	112
6.29 -	Esquema de funcionamento do dispositivo individualizador. Destaque da lâmina.....	113
6.30 -	Esquema de funcionamento do dispositivo individualizador. Destaque da mesa.....	114
6.31 -	Modelo de dispositivo individualizador de lâmina	114
6.32 -	Dispositivo individualizador de lâmina modificado. (a) Vista lateral esquerda. (b) Vista frontal. (c) Vista lateral esquerda.....	115
6.33 -	Esquema de funcionamento dos subsistemas de armazenamento, transporte e individualização de bulbilhos	115
6.34 -	Tipos de dispositivos para posicionamento de bulbilhos	117
6.35 -	Dispositivo posicionador de bulbilhos, com prato giratório de canecas articuladas	118
6.36 -	Caneca articulada. Vista superior	118
6.37 -	Vista desenvolvida da guia lateral do prato giratório	118
6.38 -	Esquema de funcionamento do dispositivo posicionador com prato giratório e canecas articuladas. (a) Bulbilho com ápice para baixo na caneca. (b) Bulbilho apoiado na parte inferior da guia. (c) Bulbilho com ápice para cima na caneca. (d) Bulbilho apoiado na parte superior da guia.....	120
6.39 -	Dispositivo posicionador de disco giratório com sensor fotoelétrico	122
6.40 -	Esquema de funcionamento de dispositivo posicionador de disco giratório com sensor fotoelétrico. (a) Bulbilho em giro de 150°. (b) Bulbilho em giro de 35°	122
6.41 -	Dispositivo individualizador de disco giratório com garras.....	123
6.42 -	Mecanismo de garras	124
6.43 -	Cavidade de disco posicionador	124
6.44 -	Modelo de dispositivo posicionador de disco giratório com garras.....	126
6.45 -	Dispositivo de plantio com ponteiras retráteis	127
6.46 -	Esquema de funcionamento de dispositivo com ponteiras retráteis	128
6.47 -	Disco de plantio. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral	129
6.48 -	Tipos de ponteiras experimentadas.....	129
6.49 -	Ponteira de plantio.....	130
6.50 -	Ponteira de plantio e detalhe da abertura de cavidade	131
6.51 -	Sulcador. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal (c) Vista superior	131
6.52 -	Tapador de sulcos. (a) Vista lateral. (b) Vista superior.....	132
6.53 -	Ponteira de plantio - Detalhe de guias. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal	132
6.54 -	Elementos constituintes da solução conceitual escolhida para a máquina plantadora de alho	134
6.55 -	Solução conceitual para o problema.....	135
7.1 -	Esquema do processo de detalhamento e avaliação do protótipo.....	138

7.2 -	Subsistemas da máquina plantadora.....	139
7.3 -	Esquema da estrutura da máquina.....	142
7.4 -	Estrutura principal da máquina e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista superior	143
7.5.a -	Protótipo do conjunto estrutural	143
7.5.b -	Protótipo do conjunto estrutural com disco de plantio	144
7.5.c -	Detalhe da articulação e suporte de sulcador.....	144
7.5.d -	Detalhe da estrutura dos discos posicionadores	145
7.6 -	Contentor de sementes e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista frontal. (c) Vista superior	146
7.7 -	Rotor extrator e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista frontal	147
7.8.a -	Detalhe do regulador de vazão de sementes no protótipo do contentor de sementes	148
7.8.b -	Vista superior do protótipo do contentor de sementes.....	148
7.8.c -	Protótipo do rotor extrator montado no contentor de sementes....	149
7.9 -	Esquema da estrutura da correia transportadora. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior	150
7.10.a -	Vista anterior do protótipo da correia transportadora	151
7.10.b -	Vista posterior do protótipo da correia transportadora.....	151
7.10.c -	Vista superior do protótipo da correia transportadora.....	152
7.11 -	Protótipo da escova	152
7.12 -	Esquema do dispositivo individualizador. (a) Vista lateral. (b) Vista superior	153
7.13 -	Protótipo do conjunto individualizador. Detalhe da mola de retorno e parafuso limitador de curso	154
7.14 -	Protótipo do canal condutor. Vista frontal	155
7.15 -	Contentor inferior de sementes e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista superior	155
7.16 -	Protótipo dos conjuntos de alimentação e individualização.....	156
7.17 -	Esquema do conjunto de posicionamento	157
7.18 -	Elementos do conjunto de posicionamento	157
7.19 -	Protótipo do conjunto de posicionamento	158
7.20 -	Esquema do disco de plantio. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior	
7.21	159
7.21 -	Protótipo do disco de plantio. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior.....	160
7.22 -	Sulcador e suas dimensões (mm)	161
7.23 -	Protótipo do sulcador.....	161
7.24 -	Protótipo do tapador de sulco.....	161
7.25 -	Ponteira de plantio e suas dimensões (mm).....	162
7.26 -	Protótipo de anel de guia.....	162
7.27 -	Conjunto de transmissão	164
7.28.a -	Vista anterior do protótipo da máquina plantadora	164
7.28.b -	Vista posterior do protótipo da máquina plantadora	165
7.28.c -	Vista do acoplamento do protótipo da máquina plantadora no trator	165
7.29 -	Configuração final do protótipo. Detalhe das capas de	

	proteção.....	166
8.1 -	Protótipo da escova com lâmina de borracha.....	171
8.2 -	Protótipo do conjunto individualizador. Detalhe da cruzeta redesenhada.....	172
8.3 -	Protótipo do canal de descarga do dispositivo individualizador redesenhado. Vista frontal.....	172
8.4 -	Detalhe do espaço para captação do bulbilho no dispositivo individualizador, redesenhado.....	173
8.5 -	Detalhe do elemento raspador no dispositivo posicionador.....	174
8.6 -	Detalhe da capa do disco posicionador O1, redesenhada	174
8.7 -	Detalhe do espaço para entrada dos bulbilhos nas ponteiras de plantio	175
8.8 -	Protótipo do canal condutor do conjunto de individualização redesenhado. Vista frontal 176	
8.9 -	Sulcador redesenhado.....	183
9.1 -	Fluxo de caixa anual para insumos, serviços mecânicos e serviços manuais com sistema manual de produção.....	204
9.2 -	Fluxo de caixa anual para insumos, serviços mecânicos e serviços manuais com sistema mecanizado de produção	205
9.3 -	Fluxo de caixa anual para sistema mecanizado de produção do alho.....	208
9.4 -	Custos parciais anuais corrigidos (custo total sem custos fixos e outros variáveis) de produção do alho para áreas de um a dez hectares, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha.....	211

LISTA DE QUADROS

3.1 -	Preparo do solo para o cultivo do alho - recomendações.....	28
4.1 -	Síntese das restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado.....	60

LISTA DE TABELAS

2.1 -	Área colhida, produção e produtividade mundial de alho - (1979-81/1993)	3
2.2 -	Área colhida, produção e produtividade de alho, a nível de região mundial e países maiores produtores por região - (1991/1993) ...	4
2.3 -	Área colhida de alho nos principais Estados brasileiros produtores - (1989/1993)	5
2.4 -	Produção de alho nos principais Estados brasileiros produtores (1989/1993)	5
2.5 -	Área colhida, produção e produtividade de alho no Estado de Santa Catarina - (1980/1993)	6
2.6 -	Serviços manuais específicos da cultura do alho / ha	15
2.7 -	Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitiba / ha	18
3.1 -	Principais cultivares de alho produzidas no Brasil.....	26
3.2 -	Classificação dos bulbilhos.....	32
3.3 -	Efeito do tipo de bulbilho na produção do alho.....	32
3.4 -	Eficiência de peneiras na classificação de bulbilhos	34
3.5 -	Classificação do alho segundo o tipo	44
6.1 -	Valores estatísticos das dimensões da semente de alho da cultivar Quitéria - Peneira Tipo 1	87
6.2 -	Tamanho requerido da amostra de sementes de alho no levantamento para um erro de 5% e grau de significância de 95%.....	88
8.1 -	Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de alimentação.	177
8.2 -	Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de individualização.	178
8.3 -	Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de posicionamento.....	178
8.4 -	Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de plantio.....	179
8.5 -	Resumo dos dados obtidos no teste da máquina plantadora	180
8.6 -	Eficiências da máquina plantadora e seus conjuntos obtidas em testes de laboratório.....	181
8.7 -	Resultados dos testes de campo realizados com a máquina plantadora.....	184
9.1 -	Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitiba com máquinas componentes do sistema mecanizado, por hectare, para uma produtividade de 6.000 kg/ha	196
9.2 -	Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitiba com máquinas componentes do sistema mecanizado e manual, por hectare, para uma produtividade de 6.000 kg/ha.....	199
9.3 -	Tabela de frequência dos custos totais de produção do alho por hectare, em dólar, de janeiro de 1980 à dezembro de 1996, para uma produtividade de 6.000 kg/ha.....	200
9.4 -	Planilha de custo (genérica) para sistema manual de produção, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha	206

9.5 - Custos mensais corrigidos a uma taxa de 6,0% a.a. para o mês de dezembro, para o sistema manual de produção, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000kg/ha.....	207
9.6 - Custos parciais anuais corrigidos (custo total sem custos fixos e outros variáveis) de produção do alho para áreas de um a dez hectares, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha	210
9.7 - Ponto de equilíbrio do sistema de produção do alho, utilizando o conjunto de máquinas, em dólar, para produtividade de 6.000 kg/ha	215
9.8 - Relação diferencial do ponto de equilíbrio entre áreas de plantio para produtividade de 6.000 kg/ha no cenário 1.....	216
9.9 - Preços médios anuais da caixa de 10 kg de bulbos tipo 4 ou superior recebidos pelos produtores de Santa Catarina, período 1980/1996.....	217
9.10 - Preços médios anuais previstos a receber pelo produtor, período 1997/2000.....	218
9.11 - Produtividade mínima necessária para viabilidade econômica do sistema mecanizado considerando-se preço médio recebido pelo produtor de US\$ 15,81.....	221
9.12 - Custos totais anuais de produção do alho, em dólar, para 1 hectare, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha, período 1991/1996	222
9.13 - Ponto de equilíbrio dos sistemas de produção manual e mecanizado (exceto máquina plantadora), em dólar, para produtividade de 6.000 kg/ha	224
9.14 - Retorno sobre o capital investido na produção do alho utilizando o sistema mecanizado (exceto máquina plantadora), considerando-se o preço médio recebido pelo produtor de US\$ 15,81/cx., para produtividade de 6.000 kg/ha	225

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Numeração das peças da máquina	246
Anexo 2 - Planilhas de custo de produção do alho	247

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema mecanizado para a cultura do alho.

Parte-se de uma argumentação que mostra a necessidade de adoção de novas tecnologias no sistema de produção do alho. A seguir, é feita a análise detalhada das máquinas já existentes para o plantio e apresentadas as suas deficiências.

Paralelamente ao trabalho de desenvolvimento e construção do protótipo da plantadora, outras máquinas integrantes do sistema (beneficiadora, classificadora e debulhadora de bulbos) também tiveram seus protótipos construídos e avaliados por engenheiros pertencentes aos Programas de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a supervisão do autor deste trabalho, prevendo-se a compatibilidade de todas.

Utilizando-se conceitos usuais de metodologia de projetos, uma solução funcional foi gerada para a máquina de plantio, com algumas criações mecânicas inovadoras. Em seguida, a construção do protótipo da máquina é apresentada em detalhes, bem como sua avaliação em testes de laboratório e de campo.

Finalizando o trabalho, apresenta-se uma análise econômica do sistema mecanizado. A eficiência do conjunto das máquinas que o compõem é representada através do resultado de testes. Apesar de verificar-se que o sistema de plantio manual ainda apresenta maior vantagem econômica para pequeno e médio produtores, devido ao custo do maquinário em relação a seu desempenho, são apresentados argumentos favoráveis ao desenvolvimento das máquinas do sistema.

ABSTRACT

This report describes the development of a mechanical system for the production of garlic.

This report shows the necessity of new technologies in the production system of garlic. Following this, there is a detailed analysis of the existing seeding machinery focussing on deficiencies.

In addition to an overview of the development and construction of the prototype of the seeder, this report also provides information on other machinery that utilizes this system (to process and classify the cloves), the prototypes of which were constructed and appraised by engineers from the Graduate Programs in Mechanical Engineering and Production Engineering of the Universidade Federal de Santa Catarina, under supervision of the author of this report, forseen for the compatibility of all.

Using the conceptions of projects methodology, a functional solution was created for the planting machine, with some new mechanical creations. As follows, there is a presentation of the prototype of this machinery in detail and the evaluation in laboratory and field tests.

Finally, in the report there is an economic analysis of the mechanical system. The efficiency of this machinery that integrates this report is represented by the result of tests. In spite of verification that the seeding manual still represents the biggest economic advantage for the small and medium producers, the machinery costs compared with its performance provide favorable arguments to develop the machinery of this system.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O Brasil, a nível mundial, é um tradicional produtor e, simultaneamente, um grande importador de alho, com um consumo aparente total situado em torno de 92.000 toneladas (1993/1994) anuais, das quais 72.000 toneladas são consumidas "in-natura" [02]. Em 1993, sua posição em produção ocupava o décimo lugar, perfazendo 1,13% do total mundial. Entretanto, persiste o problema da excessiva dependência de mão-de-obra que absorve, em média, 249 dias/homem/hectare.

Com a abertura de novas fronteiras agrícolas, grandes extensões de terras são cultivadas. As indústrias nacionais têm desenvolvido máquinas pesadas de médio e grande porte voltadas, geralmente, para produção de grãos. A política industrial adotada não enfatiza o desenvolvimento de equipamentos com pequeno porte, para atender às pequenas propriedades; sobretudo no que tange à cultura do alho. Estas preferem o cultivo manual, devido à inadequabilidade e inexistência de máquinas, aliadas ao elevado custo do alho-semente. Neste sentido, um dos maiores entraves para a expansão desta cultura no Brasil é a falta de máquinas apropriadas para o cultivo do alho. A área fitotécnica é a que mostra maiores avanços: novas cultivares; melhoria na qualidade das sementes, do produto e aumento na produtividade das lavouras. Apesar destes progressos, o Brasil necessita aumentar sua quantidade produzida e baixar os custos de produção, para poder concorrer com o alho importado e atingir a auto-suficiência. Portanto, a tecnologia de produção é fundamental à consolidação das regiões produtoras.

Uma das contribuições possíveis para o aumento da produção é a implantação da mecanização. Neste contexto é que se insere este trabalho, que tem o objetivo de desenvolver um sistema mecanizado para a cultura do alho. Assim, no Capítulo II faz-se uma apresentação da situação da cultura e suas perspectivas no Brasil, bem como analisa-se a importância da mecanização.

No Capítulo III são apresentadas a origem, botânica e os sistemas de produção do alho existentes. Com base neste material, no Capítulo IV são analisados os principais parâmetros necessários para o projeto de mecanização e apresentadas as concepções de máquinas já desenvolvidas para as operações do sistema mecanizado.

A mecanização do processo de plantio é apresentada no Capítulo V, onde são analisadas as máquinas existentes; os subsistemas e as funções da concepção a ser desenvolvida.

O desenvolvimento e avaliação das alternativas de solução são descritos no Capítulo VI, objetivando-se à seleção da que melhor atenda os parâmetros especificados. Neste mesmo capítulo são apresentadas as principais formas, dimensões e princípios de funcionamento da concepção idealizada.

Aspectos referentes à especificação de componentes, seleção de materiais, determinação dos processos de fabricação e informações relativas à construção da máquina são descritos no capítulo VII. Os testes com o protótipo da máquina, sua avaliação e recomendações para possíveis melhoramentos são apresentados no capítulo VIII.

No capítulo IX é mostrada a avaliação do sistema mecanizado desenvolvido e encerrando o trabalho, é apresentada a sua conclusão.

CAPÍTULO II

SITUAÇÃO DA CULTURA DO ALHO NO BRASIL

2.1 - Aspectos da produção: mundial e nacional

Segundo a Organização de Alimentação e Agricultura (FAO)¹, a produção média mundial de alho no período 91/93, foi na faixa de 7 a 8 milhões de toneladas (Tabela 2.1), sendo os maiores produtores: China, Coréia do Sul, Índia, Egito, Espanha, Estados Unidos e Indonésia.

Tabela 2.1 - Área plantada, produção colhida e produtividade mundial de alho - (1979-81 / 1993).

Ano	Área plantada (1.000 ha)	Produção (1.000 ton)	Produtividade (kg/ha)
1979 - 1981	655	4.577	6.993
1991	783	7.029	8.977
1992	783	7.333	9.360
1993	802	7.624	9.501

Fonte [01].

Dos países produtores relacionados, quatro estão localizados no continente asiático, que cultiva a maior superfície e obtém a maior produção com, aproximadamente, 77% da área e 82% da produção mundial, seguindo-se Europa, América do Sul e África.

No período 91/93, a situação dos países, maiores produtores por região em relação à área, produção e produtividade, é a apresentada na tabela 2.2.

¹ - Organização de Alimentação e Agricultura (FAO) da Organização das Nações Unidas (ONU).

A nível mundial, o Brasil, em 1993, era o sétimo país em área cultivada, apresentando a décima colocação em produção, com 1,13% do total mundial.

Os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul respondem por aproximadamente 50% da produção nacional de cultivares nobres, seguidos por Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná e São Paulo, conforme as tabelas 2.3 e 2.4.

Tabela 2.2 - Área cultivada, produção e produtividade de alho, a nível de região mundial e países maiores produtores por região - (1991/1993).

Países produtores	Área cultivada (1.000 ha)			Produção (1.000 ton)			Produtividade (kg/ha)		
	1991	1992	1993	1991	1992	1993	1991	1992	1993
ÁSIA	599	603	616	5781	6079	6284	9650	10086	10198
Índia	93	87	89	364	365	370	3922	4176	4181
China	353	358	368	4310	4580	4783	12227	12793	12987
Coréia do Sul	49	43	43	481	465	450	9774	10683	10588
Tailândia	24	29	30	108	123	127	4479	4238	4237
Turquia	12	12	12	95	94	92	7725	7981	8000
Indonésia	21	23	24	134	140	143	63336	6087	6085
EUROPA	87	85	82	482	481	468	5564	5679	5723
Espanha	35	34	32	217	227	224	6256	6657	7050
Iugoslávia	19	9	8	57	28	19	2986	3111	2533
Romênia	9	11	13	32	44	49	3744	4104	3912
França	7	8	7	55	55	52	7578	7235	6879
Itália	5	5	5	43	41	39	9022	9077	8619
AMÉRICA DO SUL	35	34	34	186	189	193	5363	5522	5613
Brasil	10	17	17	85	74	86	4549	4668	5004
Argentina	7	6	7	50	50	50	7353	7937	7692
Chile	2	4	4	15	25	24	6300	6300	6250
AMÉRICA NORTE	19	19	19	250	249	253	13404	13350	13472
México	7	7	7	51	52	52	7395	7429	7429
E.U.A.	9	9	9	185	186	190	20330	19975	20213
ÁFRICA	19	19	21	281	246	322	14624	12980	15322
Egito	7	6	8	220	186	261	31429	-	33197
Argélia	8	8	8	21	22	24	2763	2800	2963
OCEANIA	-	-	-	1	1	1	5714	6000	5882
N. Zelândia	-	-	-	1	1	1	5714	6000	5882
URSS (*)	25	-	-	48	-	-	1951	-	-
TOTAL	783	783	802	7029	7333	7624	8977	9360	9501

Fonte [01].

* A FAO considera a URSS separadamente da Europa.

Tabela 2.3 - Área colhida de alho nos principais Estados brasileiros produtores - (1989 / 1993).

Ano	Área (ha)								
	MG	SC	GO	RS	SP	PR	BA	ES	Brasil
1989	3074	3018	1286	2269	777	1256	844	770	13960
1990	3035	4092	2210	2800	780	1262	845	1458	17149
1991	3592	4581	2404	3424	980	1391	687	1084	18722
1992	3189	4126	2186	3223	700	1172	902	913	16900
1993	2718	4782	2544	3361	353	1414	1020	873	17416

Fonte [02].

Tabela 2.4 - Produção de alho nos principais Estados brasileiros produtores - (1989/1994).

Ano	Produção (ton)								
	MG	SC	GO	RS	SP	PR	BA	ES	Brasil
1989	13990	16722	6820	6813	3848	4232	2637	4582	62033
1990	13171	19781	9130	9269	3960	4257	2845	6304	71087
1991	16872	22592	12533	12546	4930	4801	2411	6420	85165
1992	14192	23835	10516	12311	3820	4200	2977	5402	78889
1993	12361	29814	12720	14304	1670	5284	3815	5639	86857

Fonte [02].

Santa Catarina cultivou, na safra 1993/1994, 4.782 hectares de alho, representando 27% da área colhida no país produzindo, em média, 6.235 kg/ha (Tabela 2.5).

O cultivo de alho é feito, principalmente, nas seguintes microrregiões do Estado: Campos de Curitibaanos, com aproximadamente 57% da produção, Joaçaba com 34% e Campos de Lages com 5%.

Tabela 2.5 - Área colhida, produção e produtividade de alho no Estado de Santa Catarina (1980/1993).

Ano	Área colhida (ha)	Produção (ton)	Produtividade (kg/ha)
1980	3544	6720	1896
1981	2492	7905	3153
1982	2608	8654	3124
1983	2557	9724	3762
1984	2144	8988	3500
1985	2636	13421	5091
1986	3534	18681	5225
1987	4402	24386	5535
1988	3044	13973	4123
1989	3018	16722	5532
1990	4092	19781	4834
1991	4581	22592	4930
1992	4126	23835	5735
1993	4782	29814	6235

Fonte [02].

2.2 - Evolução da cultura

No Brasil, até o final dos anos setenta, a cultura do alho permaneceu estacionária, caracterizando-se por não ser uma atividade economicamente organizada, primando por seu caráter de subsistência. As importações significavam mais da metade do consumo, aproximadamente 33.000 toneladas em 1979, com um custo acima dos US\$ 30 milhões anuais.

As importações mais significativas eram feitas de países membros da Associação Latino-Americana de Desenvolvimento e Integração - ALADI, principalmente Argentina e, eventualmente, Chile, Uruguai e México, sendo complementados por importações de países de Extra-Zona², principalmente da Espanha e, esporadicamente, dos EUA (Califórnia).

Os alhos da Argentina, maior exportador do produto, na época, para o Brasil, tinham mercado praticamente livre por cinco meses (janeiro a maio). Em

² - Extra-Zona - países não pertencentes à ALADI.

junho, quando os alhos importados da Argentina estavam em fase final de comercialização e eram menos competitivos, entravam no mercado os alhos mexicanos, responsáveis pelo abastecimento até julho.

A partir de agosto, até novembro, os alhos da Espanha e EUA complementavam as safras nacionais, oriundas das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Devido às suas características, o produto espanhol não só complementava a safra nacional, como dominava os mercados tradicionais e mais exigentes de São Paulo e Rio de Janeiro. Mesmo no sul do país, com condições climáticas que permitiam a produção de alhos nobres³, só se produziam alhos comuns⁴, que abasteciam o mercado regional. Portanto, o mercado de alho no Brasil, até o final da década de setenta e início dos anos oitenta, era dominado por alhos argentinos no primeiro semestre e alhos espanhóis no segundo semestre [03].

A crise na balança comercial, no final dos anos setenta, agravada com o segundo choque do petróleo em meados de 1979, fez com que o governo brasileiro desse prioridade ao setor agrícola e ao cultivo do alho, entre outros. Visando a substituição destas importações foi criado, em 1979, pelo Ministério da Agricultura, o "Plano Nacional de Produção e Abastecimento de Alho"⁵, que tinha os seguintes objetivos principais:

- reduzir em cerca de 10% ao ano, as importações totais de alho (ALADI e Extra-Zona), considerados os valores de 1978 e
- planejar e organizar as safras das regiões Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, visando a auto-suficiência.

³ - Alho nobre - Bulbo que contém até 20 bulbilhos. Boa conformação do bulbo; uniformidade no número e tamanho dos bulbilhos; coloração arroxeadada; boa cobertura de palha e resistência ao armazenamento.

⁴ - Alho comum - Bulbo que contém mais de 20 bulbilhos e não apresenta uniformidade na conformação do bulbo e no número e tamanho dos bulbilhos.

⁵ - PLANALHO - Plano Nacional de Produção e Abastecimento de Alho 1979/1984 (1ª versão). Secretaria Nacional de Produção Agropecuária - SNAP e Secretaria Nacional de Abastecimento - SNAB do Ministério da Agricultura, Brasília/ DF, 1979.

Neste processo gradual de substituição do produto importado pelo PLANALHO, 76% das reduções foram sugeridas para países da ALADI e 24% a países de Extra-Zona, para evitar coincidências de importações com as safras nacionais.

As safras nacionais concentravam-se nos meses de agosto a novembro, com maior pico em outubro, gerando um grande vazio no primeiro semestre, de janeiro a julho.

Visando a auto-suficiência, outro objetivo do plano era organizar as safras solidárias das regiões Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, com a expansão das áreas de plantio, sobretudo no sul do país, região com boas condições edafoclimáticas. Nos Estados do Sul, como as safras são mais tardias, colhidas em novembro e dezembro, ficava reservado o período de menor oferta do produto (janeiro a maio) para a comercialização das suas produções, utilizando as cultivares Chonan, Roxo Pérola de Caçador, Quitéria, Dona Josefa, Caxiense, Contestado e outras, todas de excelente produtividade e bastante competitivas frente ao alho argentino.

Os primeiros resultados significativos começaram a surgir a partir de 1980. A figura 2.1 mostra a evolução da cultura no Brasil.

Figura 2.1 - Evolução da área colhida de alho no Brasil, em hectares, período 1979/94 [02];[04].

No período 79/89, houve uma expansão na área colhida de alho, de 8.000 ha para 13.000 ha, em média.

O aumento da área colhida teve, como consequência natural, o crescimento da produção. Esta passou de 30.000 toneladas para mais de 60.000 toneladas anuais, em média, no mesmo período (79/89), conforme a figura 2.2. A produtividade, entretanto, teve um crescimento lento, de pouco mais de 2.000 kg/ha no final dos anos setenta para, aproximadamente, 4.000 kg/ha no final dos anos oitenta. O Estado de Santa Catarina constituiu uma exceção passando de, aproximadamente, 2.000 kg/ha em 1979 para mais de 6.000 kg/ha em 1989.

Figura 2.2 - Produção de alho no Brasil, período 1979/94 [02];[04].

À medida que a produção nacional crescia, as importações diminuía, passando de 33.000 toneladas em 1979 para 15.000 toneladas anuais em 1989, resultando em uma economia de divisas de mais de US\$ 150 milhões neste período (Figura 2.3).

Figura 2.3 - Importação de alho no Brasil, período 1979/94 [02];[04].

Atualmente , os Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Minas Gerais são os maiores produtores nacionais.

Santa Catarina começou a destacar-se na produção nacional de alhos nobres a partir de 1978, com o plantio de 289 ha da cultivar Chonan⁶. Em 1979, foi lançado o Plano Nacional de Produção e Abastecimento de Alho e este Estado respondeu aos objetivos do plano, de forma imediata, destacando-se pelo rápido aumento da área plantada e, principalmente, pelo crescimento da produtividade. Atualmente, a região de Curitibanos já alcança a produtividade média de alho para mercado de 7.000 kg/ha, com alguns produtores alcançando até 12.000 kg/ha, igualando e, até, superando a produtividade de países com tradição nesta cultura.

Segundo Volnei KRAUSE [03], os fatores que ocasionaram o aumento da produtividade em Curitibanos, nos últimos anos, foram:

- a) a utilização de sementes de boa qualidade, nos aspectos de tamanho, uniformidade e fitossanidade;
- b) a organização espacial adequada da lavoura, utilizando-se ao máximo o terreno;
- c) a utilização de adubação verde e orgânica de maneira intensiva;
- d) a irrigação nos períodos críticos da cultura, principalmente na

⁶ - Cultivar com nome do Sr. Takashi Chonan. Produtor de Curitibanos SC, pesquisador da cultura.

bulbificação;

e) um manejo adequado do produto na colheita e pós-colheita.

Dentre os principais exportadores para o Brasil, a Argentina e a Espanha respondiam, até 1993, por mais de 90% do alho importado.

A Argentina, por apresentar o seu mercado interno praticamente estabilizado, dedica a sua política de produção para a exportação. A sua produção, que era na maioria composta de alho branco destinado ao mercado europeu foi, aos poucos, sendo substituída por alho roxo, basicamente para atender ao mercado brasileiro.

Em 1995, através de contatos com o economista Admir Tadeo de SOUZA do Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina/CEPA, nos foi dito que, atualmente, após a gradativa abertura do mercado brasileiro às importações, iniciada em 1990, o ingresso no país do produto chinês, importado a partir de março - vale lembrar, época de plena comercialização do alho do sul do Brasil - em grandes quantidades e a preços muito baixos, tem prejudicado não só o produtor brasileiro como, também, o argentino, devendo frear o crescimento da área plantada naquele país. O alho argentino concorre, no Brasil, na mesma época de comercialização, com o produto nacional; porém, com preço e qualidade próximos.

O alho roxo argentino e, também, o espanhol, é preferido pelo consumidor brasileiro pelo seu sabor forte e picante e pelas suas excelentes condições de conservação após a colheita, características, estas, que nada diferem das variedades cultivadas no sul do Brasil.

Verificava-se, assim, a possibilidade do produto nacional, principalmente do sul do país, competir em qualidade e produtividade, com o alho de países da ALADI principalmente e também, com a Extra-Zona.

Nota-se que, na disputa por um mercado, tradicionalmente abastecido, em

grande parte, pela produção argentina e atualmente pela chinesa, a tecnologia utilizada por estes países é fundamental, pois reflete-se na produtividade e, em consequência, nos custos de produção. Além disso, com o processo de globalização da economia, a conseqüente eliminação de medidas protecionistas fará com que se estabeleçam apenas os produtores mais eficientes.

2.3 - Caracterização do produtor de alho

Com a criação, pelo Ministério da Agricultura, do PLANALHO, no final dos anos setenta e, posteriormente, em sua segunda versão, o PROALHO⁷, o Estado de Santa Catarina, principalmente a região de Curitibanos, destacou-se com um rápido aumento na área plantada e no aumento da produtividade.

Os principais fatores que contribuíram para a expansão da cultura neste Estado foram:

- o surgimento de cultivares adaptadas às condições do Planalto Catarinense;
- o núcleo de colonização japonesa de Celso Ramos em Curitibanos;
- a alta densidade econômica desta cultura;
- a COOPERPLAC - Cooperativa Regional Agropecuária do Planalto Catarinense Ltda, localizada no município de Curitibanos;
- a participação decisiva do Estado apoiando o plano e
- a necessidade de outras alternativas para a agricultura desta região, com tradição na extração de madeira e pecuária extensiva [03].

A cultura do alho foi introduzida no Estado de Santa Catarina pelo Sr. Takashi Chonan, do município de Curitibanos que, através da seleção massal ⁸,

⁷ - PROALHO - Programa Nacional de Produção e Abastecimento de Alho. 1986/1990 (2ª versão) Secretaria Nacional de Produção Agropecuária (SNAP) e Secretaria Nacional de Abastecimento (SNAB), Ministério da Agricultura. Brasília/DF, novembro de 1985.

⁸ - Seleção massal - Seleção efetuada considerando os aspectos externos da planta.

separando os bulbos que melhor se adaptavam às condições de solo e clima da região e plantando-os na safra seguinte, chegou, após mais de sete anos de pesquisa, a uma cultivar conhecida como Chonan, que poderia ser produzida comercialmente e em condições de competir com os alhos importados.

Atualmente, dentre as cultivares plantadas em Santa Catarina, além do Chonan, destacam-se o Roxo de Caçador, o Quitéria e o Contestado.

No município de Curitiba, a produção concentra-se em três microrregiões: os núcleos Tritícola, Celso Ramos e o localizado às margens da BR-470.

O Núcleo Tritícola foi uma colonização organizada pelo Ministério da Agricultura nos meados dos anos 50, com o objetivo de produzir trigo e criar novas alternativas para a região, tendo em vista o declínio das atividades extrativistas. O insucesso dessa cultura fez com que os produtores se voltassem para o cultivo do alho.

Esse núcleo, colonizado em sua maioria por produtores ítalo-brasileiros, apresenta propriedades, que variam de 10 a 30 ha, exploradas pela família (média de 5 pessoas), com contratação eventual de mão-de-obra no plantio e/ou colheita e pós-colheita, constituindo empresas familiares. No total são 120 produtores, com lavouras de 0,5 a 5 ha, a maioria deles cultivando de 1 a 2 ha.

Quanto à mecanização disponível, a maior parte dos agricultores possui um trator de porte médio ou microtrator, lâmina para a colheita e carreta agrícola. Possuem, também, em suas propriedades, galpões para a cura e operações pós-colheita.

Para os produtores do núcleo Celso Ramos, a situação é similar.

São, aproximadamente, oitenta agricultores, residentes nas suas propriedades, que cultivam, na maioria, de 1 a 2 ha de alho, utilizando a própria família (média de 4 pessoas) e contratando, eventualmente, mão-de-obra para o

plântio e/ou colheita e pós-colheita.

Também possuem um trator de porte médio ou microtrator, com arado, grade, enxada rotativa/encanteirador, lâmina para a colheita, carreta agrícola e galpões para a cura e operações pós-colheita.

Nos dois núcleos, a irrigação é utilizada em média em 35% das propriedades. Este índice, abaixo do exigido pela cultura, ocasiona para o produtor problemas de regularidade de altas produtividades e manutenção da qualidade dos bulbos.

O terceiro núcleo estabeleceu-se ao longo da BR-470 e é constituído por médios e grandes produtores, residentes na sede do município.

São cinquenta unidades produtivas com áreas cultivadas de 3 a 40 ha, e na sua grande maioria com lavouras de 5 a 10 ha. Todas as atividades são realizadas por mão-de-obra assalariada (bóias-frias) provenientes do próprio município.

Quanto à mecanização disponível, todos possuem, no mínimo, um trator de porte médio e os equipamentos necessários para a cultura, sendo que 80% deles utilizam irrigação. Os galpões para a cura e operações pós-colheita também estão presentes em todas as unidades.

A maior diferença entre os núcleos está na produtividade. Enquanto os produtores do núcleo da BR-470 obtêm em média de 9 a 10.000 kg/ha, com alguns ultrapassando os 12.000 kg/ha, os agricultores dos núcleos Tritícola e Celso Ramos não conseguem ultrapassar os 4.500 a 5.500 kg/ha de alho curado. Esta diferença se dá devido à não utilização de equipamentos de irrigação, à seleção não rigorosa do alho-semente e a uma densidade não adequada de plantas por hectare.

Os pequenos produtores, concentrados principalmente nos núcleos Tritícola e Celso Ramos, representam, aproximadamente, 85% do número total de

agricultores da cultura, com 40% da produção da região. Já o núcleo da BR-470,

com seus médios e grandes produtores caracterizando empresas capitalistas, representam, aproximadamente, 15% do número de agricultores da cultura do município e respondem por cerca de 60% da produção.

Quanto ao procedimento tecnológico, quase não existem diferenças entre os núcleos, com exceção do uso da irrigação pelos produtores do núcleo da BR-470, o que ocasiona um aumento na produtividade e qualidade das lavouras.

Apesar de sua alta densidade econômica, o alho é uma cultura típica de pequenas áreas (até 3,0 ha), pois necessita de intensiva mão-de-obra no plantio, colheita e pós-colheita (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Serviços manuais na cultura do alho / ha.

Especificação	Quantidade (dias/homem)
Debulha dos bulbos e classificação dos bulbilhos	32
Distribuição e incorp. corretivos, adubação de base e cobertura	6
Sulcamento e plantio	46
Capina	50
Aplicação de defensivos	25
Colheita, beneficiamento, classificação e embalagem	90
Total	249

Fonte [05].

Os produtores da BR-470 organizam o processo de produção dividindo os trabalhadores em equipes e fracionando a área de cultivo. Sanam, assim, os problemas de supervisão e controle das atividades na lavoura facilitando, desta maneira, o gerenciamento nas unidades de médio e grande porte.

Sendo o município de Curitibanos o maior produtor de alho do Estado de Santa Catarina e este do Brasil, percebe-se a grande importância que os núcleos tiveram para o desenvolvimento e expansão da cultura no país. Apesar dessa região ter apresentado, nos últimos anos, altos índices de crescimento na produção

e produtividade, suas lavouras apresentam elevada dependência de mão-de-obra, principalmente nas operações específicas da cultura, ver tabela 2.6.

2.4 - Perspectivas para a cultura

Após dez anos da implantação do PLANALHO, mesmo não havendo substituição total das importações, conforme era previsto, pode-se fazer uma avaliação positiva do mesmo, pois houve um aumento na produtividade das lavouras, a criação de novas cultivares e a melhoria na qualidade das sementes e do produto para o mercado. Entretanto, esses avanços não foram generalizados entre todos os produtores, principalmente quanto à produtividade.

Ponto fundamental a considerar na análise das perspectivas da cultura do alho, tendo em vista a competição com o produto importado, é o custo de produção.

O custo total médio de um hectare de alho em Curitiba, em dezembro de 1995, era de 8.994,54 dólares (mercado paralelo).

O preço médio de referência pago ao produtor do Estado de Santa Catarina, da caixa de alho nobre de 10 kg⁹ (nas classes 4 ou acima) destinado ao consumo in natura tem sido, nos últimos anos, de 19 dólares FOB. Este é o preço pago, na origem, aos produtores com produtos semelhantes ao importado. Neste preço não estão incluídos os custos de comercialização, como: fretes, IOF (Imposto sobre Operações Financeiras), ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), etc..., que podem atingir 30% do preço pago na origem, ou aproximadamente 6 dólares/caixa de 10 kg.

Para um custo médio de 8.994,54 dólares por hectare, são necessárias 473 caixas de 10 kg, das classes 4 ou acima, com preço de 19 dólares/caixa de 10 kg, para que o produtor obtenha um lucro normal (caderneta de poupança). Estes

⁹ - No Mercado Internacional, o alho é comercializado em caixas de 10 kg.

preços, pagos aos produtores, são variáveis. Após a implantação do PLANALHO, o valor médio mais baixo foi de 4,7 dólares/caixa na safra 1987/88. Neste período, foram necessárias 667 caixas, das classes 4 ou acima, para cobrir os custos de 1,0 ha; isto é; aqueles produtores, que não atingiram a produtividade de 6.670 kg/ha, tiveram prejuízo na safra.

O produtor, que obteve uma produtividade de 4.000 kg/ha, teve um custo de 7,83 dólares/caixa, com um prejuízo de, aproximadamente, 1.252 dólares/ha. Aquele, que produziu 8.000 kg/ha, com um custo de 3,91 dólares/caixa, teve um lucro de 632 dólares/ha [03].

Verifica-se, através do que foi apresentado, a necessidade de que os produtores reduzam seus custos de produção/caixa, sob pena de ficarem excluídos do processo produtivo

Segundo Gerson Santino CECCONELLO¹⁰, gerente administrativo da COOPERPLAC/SC, em 1995 não eram previstos aumentos de área plantada de alho no país, a não ser que ocorram os seguintes fatores:

- redução dos custos de produção, o que possibilitará, além da competição com o produto estrangeiro, a exportação do alho nacional e/ou;
- sobretaxação do produto chinês, tornando o alho brasileiro competitivo no país em preço de comercialização e/ou;
- restrições às importações do alho chinês no período de safra do Brasil.

A redução dos custos de produção/caixa poderá dar-se através de um aumento da produtividade e/ou pela diminuição do custo total de produção. As demais alternativas dependem de ações governamentais.

A tabela 2.7 mostra os coeficientes técnicos que compõem o custo total de produção do alho, para uma produtividade esperada de 6.000 kg/ha.

Tabela 2.7 - Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitibaanos / ha - (Ano de referência - 1994).

¹⁰ - Comunicação pessoal.

CUSTOS VARIÁVEIS		
INSUMOS	UNID. REF.	QUANTIDADE
Sementes	kg	750
Calcário	kg	1.200
Adubo corretivo	kg	200
Adubo base	kg	500
Herbicida	kg	2
Inseticida	1 l	1
Fungicida Tipo 1	kg	6
Fungicida Tipo 2	1 l	1
Fungicida Tipo 3	kg	3
Embalagens	cx	600
CUSTOS DE MECANIZAÇÃO		
Aração	h/Tr	7.0
Gradagem	h/Tr	6.0
Distribuição do calcário	h/Tr	0.4
Incorporação do calcário	h/Tr	0.3
Distribuição e incorporação do adubo corretivo	h/Tr	1.5
Construção de canteiros	h/Tr	3.0
Transporte interno	h/Tr	5.0
SERVIÇOS MANUAIS		
Sulcamento	d/h	6.0
Distribuição e incorporação de corretivos	d/h	1.0
Adubação de base e cobertura	d/h	5.0
Debulha, seleção e desinfecção de bulbilhos	d/h	32.0
Plantio	d/h	40.0
Capina	d/h	50.0
Aplicação de defensivos	d/h	25.0
Colheita, beneficiamento classificação e embalagem	d/h	90.0
OUTROS CUSTOS VARIÁVEIS		
Despesas de comercialização		
Custos financeiros		
Seguros da produção		
Assistência técnica		
Despesas gerais		
h/Tr = hora/ trator		d/h = dia/ homem
Fonte [05].		

Através da análise dos fatores que ocasionaram o aumento da produtividade

em Curitiba¹¹ e utilizando-se os coeficientes técnicos da tabela 2.7, verifica-se que alguns destes fatores tendem a reduzir os custos relativos¹² no período 1981/1994. Como, por exemplo, os insumos - semente, calcário, adubo, herbicida, inseticida, fungicida e embalagem (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Custo relativo dos insumos.

O alho-semente que, no início do PLANALHO, representava 49% dos custos totais da lavoura, atualmente situa-se em cerca de 29% do desembolso (Figura 2.5). Os demais insumos (herbicidas, fungicidas, etc.) apresentaram, também, uma redução na participação do custo total (Figura 2.6).

Figura 2.5 - Custo relativo da semente.

¹¹ - Ver página 10.

¹² - Dados coletados junto ao Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina/ Custos de Produção dos Principais Produtos Agropecuários. Florianópolis; período 1981 a 1994.

Figura 2.6 - Custo relativo dos insumos, exceto a semente.

A redução da participação dos insumos no custo total foi compensada pelo aumento do custo dos serviços de mecanização, manuais e outros custos variáveis (Figuras 2.7, 2.8 e 2.9).

Figura 2.7 - Custo relativo dos serviços de mecanização.

Figura 2.8 - Custo relativo dos serviços manuais.

Figura 2.9 - Custo relativo de demais custos variáveis.

Os serviços de mecanização que, em 1981, representavam aproximadamente 4% do custo total, atualmente situam-se em 7%. Já os serviços manuais passaram de 24% para 31%; e os demais custos (PROAGRO, FUNRURAL, etc.) de 13% para 21% neste mesmo período.

O custo total de produção, utilizando como referência o dólar, apresenta uma tendência ao crescimento, nestes últimos anos. O mesmo não acontece com o preço pago ao produtor pela caixa de 10 kg, que mantém-se estável, ocasionando, com isso, uma redução na margem bruta de lucro (Figuras 2.10, 2.11 e 2.12).

Figura 2.10 - Custo total de produção.

Figura 2.11 - Preço de comercialização do alho (caixa 10 Kg).

De acordo com os dados apresentados, verifica-se a redução do poder de competição do produtor brasileiro. No futuro, devido à diminuição da margem bruta de lucro, será possível sua exclusão do mercado. Os principais fatores que ocasionaram esta situação são o aumento de custo dos serviços manuais e dos custos variáveis. Como estes últimos compreendem itens que estão relacionados com a política governamental (custos financeiros, seguros da produção, etc) e não interferem no sistema de produção do alho vê-se, como alternativas para a cultura, a redução do custo total de produção e/ou o aumento da produtividade. Esta segunda alternativa é, principalmente, de âmbito agrônômico e não cabe a nós estudá-la. Assim, verifica-se que a alternativa é a redução dos custos variáveis através da mecanização da cultura do alho. Esta deve permitir o aumento da área atualmente plantada e a diminuição da taxa de utilização da mão-de-obra.

$$\text{Margem bruta} = \frac{(\text{receita bruta} - \text{custos variáveis})}{\text{receita bruta}}$$

Figura 2.12 - Margem bruta de lucro.

No processo de substituição das importações de alho, os avanços mais significativos ocorreram na área produtiva. Não houve o mesmo progresso no sentido da racionalização do trabalho e na criação de maquinário adequado às operações específicas da cultura.

A falta de equipamentos, para aumentar a capacidade de trabalho do homem, é um dos principais entraves para expandir a cultura do alho, pois implica no aumento de esforço físico, redução da precisão e demora nas operações agrícolas. A partir desta realidade, observa-se a importância do desenvolvimento de um sistema mecanizado adequado à cultura, reduzindo o custo de produção e aumentando a capacidade efetiva de trabalho, dando maior poder de competição com o produto externo e diminuindo, assim, a necessidade de importação e consequente evasão de divisas.

CAPÍTULO III

O ALHO: ORIGEM, BOTÂNICA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO

3.1 - Origem e botânica

Conhecido e cultivado desde a antiguidade, o alho teve o seu principal centro de origem nas zonas temperadas da Ásia Central, de onde foi levado para a região do Mediterrâneo constituindo, ali, um segundo pólo de expansão. No Hemisfério Ocidental, provavelmente, chegou trazido por navegadores espanhóis, portugueses e franceses.

O seu uso como condimento no preparo de alimentos é muito difundido, sendo empregado “in-natura”, ou industrializado na forma de pasta, pó dessecado, desidratado ou conservado em vinagre.

O alho, “*Allium sativum* L.”, da família liliácea, é uma planta herbácea que pode atingir de 400 a 600 mm de altura. As folhas são lanceoladas, com o limbo foliar medindo de 200 a 300 mm de comprimento.

As bainhas das folhas são superpostas, formando o pseudo-caule, onde estão inseridas num pequeno disco achatado, que constitui o caule verdadeiro. As gemas deste caule formam, cada uma, um bulbilho que, no conjunto, constitui o bulbo (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Bulbo de alho.

O bulbo pode apresentar forma arredondada, às vezes levemente periforme, sendo constituído de cinco a cinquenta bulbilhos. Geralmente, estes apresentam uma morfologia ovóide arqueada. Estão unidos ao caule pela base, sendo envoltos por diversas folhas ou túnicas, de coloração branca, roxa ou marrom, constituindo a capa. Durante a cura, uma ou mais túnicas são eliminadas possibilitando, assim, o preparo para a embalagem e venda.

Da base do caule verdadeiro surgem raízes, formando um sistema radicular do tipo fasciculado, atingindo profundidades de 400 a 800 mm. A planta do alho é assexuada, não formando sementes verdadeiras. Sua reprodução é possível, apenas, através de bulbilhos.

Entre as cultivares, as diferenças ocorrem, principalmente, no comprimento e largura das folhas, ciclo, produtividade, brotação prematura, resistência ao armazenamento, conformação, tamanho e cor do bulbo, número, tamanho, forma e coloração dos bulbilhos [06].

Para a planta, os fatores que mais influenciam a formação de bulbos são o fotoperíodo e a temperatura, com cada cultivar apresentando exigências distintas.

Pouco frio e muito frio, respectivamente, nas fases inicial e média, e calor e dias longos na fase final do ciclo, são condições ideais para a cultura [07].

As principais cultivares produzidas no Brasil são apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Principais cultivares de alho produzidas no Brasil.

Região	Cultivares produzidas	Ciclo da cultivar (meses)	Nº de bulbilhos	Formato do bulbo
Sudoeste, Centro-Oeste e norte do PR	Amarante	5 a 6	8 a 12	redondo
	Gigante	5 a 6	8 a 12	ovalado
Sul PR, SC e RS	Chonan	+6	7 a 9	redondo
	Roxo	+6	7 a 10	redondo
	Pérola de Caçador	+6	7 a 10	redondo
	Caçapava	+6	7 a 9	redondo
	Quitéria	+6	7 a 9	redondo
Norte	Branco Mineiro	4 a 5	20 a 30	redondo e achatado
	Cateto Roxo	4 a 5	26 a 30	redondo
Norte e AM	Branco Mineiro	4 a 5	20 a 30	redondo e achatado
	Juréia	4 a 5	20 a 25	redondo
	Cateto Roxo	4 a 5	26 a 30	redondo

Fonte [07].

3.2 - Sistemas de produção

Para o cultivo do alho, são vários os sistemas de produção existentes. De forma geral, eles apresentam a sequência de operações, mostrada na figura 3.2.

O conjunto de técnicas (práticas culturais), que compõem o sistema de produção, é obtido por: recomendações da pesquisa; dos níveis de conhecimento e interesse dos produtores e das condições da propriedade e região.

Figura 3.2 - Ciclo de cultivo do alho.

3.2.1- Ciclo de cultivo do alho

A seguir, são apresentadas as descrições resumidas das principais fases de um sistema de produção de alho mostradas na figura 3.2.

a) Aração e gradagem

A cultura do alho prefere solos de textura média, friáveis, profundos e bem drenados. Solos areno-argilosos são os mais recomendados para esta cultura. Solos pesados, muito argilosos, tornam difícil a colheita e deformam os bulbos. Solos francamente arenosos apresentam o inconveniente da baixa retenção, tanto de umidade quanto dos adubos aplicados nas plantas [08].

O preparo do solo facilita o plantio, além de influenciar na emergência, formação e produção dos bulbos; para isto, são feitas duas arações e duas gradagens sucessivas, conforme mostra o quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Preparo do solo para o cultivo do alho - recomendações.

Época	Operação	Finalidade
pelo menos 3 meses antes do plantio	primeira aração	aração profunda para incorporação dos restos da cultura anterior e da primeira metade da quantidade de calcário recomendada pela análise do solo.
logo após a primeira aração	gradagem com grade pesada	incorporação da segunda metade de calcário
poucos dias antes do plantio	segunda aração e gradagem	aração mais superficial que a primeira, para incorporação da matéria orgânica e condicionamento do solo.
imediatamente após a segunda aração	preparo dos canteiros	para o preparo dos canteiros, a terra deve ser repassada com enxada rotativa, ou com ferramentas manuais nos cultivos menos extensos de modo a ficar perfeitamente destorroada.

Fonte [09].

b) Calagem, distribuição e incorporação

A calagem é uma operação que tem por finalidade elevar o “pH” (potencial de hidrogênio) do solo até um nível desejado, através da adição de calcário; no caso do alho, em torno de 6,0 (seis) [10].

O calcário é distribuído de maneira uniforme sobre o solo, por meio manual ou através do emprego de máquinas. Metade da dose recomendada é aplicada antes da primeira lavra e, a restante, logo após esta operação. A gradagem subsequente completa o trabalho de incorporação.

c) Construção de canteiros

O plantio do alho, dependendo das condições edafoclimáticas, realiza-se em canteiros ou camalhões, tendo alturas variáveis, conforme as condições naturais de umidade do terreno. Em solos muito úmidos, os canteiros devem ter altura aproximada de 200 mm e, nos secos, podem ser mais baixos - cerca de 150 mm. São construídos por meio manual ou através de máquinas, geralmente enxadas rotativas adaptadas e tracionadas por trator. A largura do canteiro deve ser adequada à mecanização adotada, tendo em média 1300 mm, com uma faixa para trilha de 400 mm.

d) Sulcamento

A abertura de sulcos pode ser feita no sentido transversal ou longitudinal dos canteiros, dependendo apenas da forma como o terreno foi esquematizado. A operação é executada com o uso de enxadas ou por meio de sulcadores (Figura 3.3).

Ao invés de sulcos, podem ser utilizadas covas para o plantio dos bulbilhos. Neste caso, a abertura é feita de forma manual ou com tambor cilíndrico, provido de pequenas hastes, dispostas de maneira a dar o espaçamento desejado (Figura 3.4).

A profundidade dos sulcos e covas deve ser de 60 a 80 mm [11].

Figura 3.3 - Sulcador [12].

Figura 3.4 - Tambor cilíndrico para abertura de covas.

e) Adubação de base

Os adubos devem ser aplicados no momento do plantio, abaixo e ao lado dos bulbilhos, com afastamentos de 50 mm. Podem, também, ser espalhados no solo e incorporados a ele com enxadas rotativas, quando do preparo do canteiro [13].

Caso a adubação seja feita com matéria orgânica, a aplicação deverá ser realizada após a primeira aração e gradagem, se o material ainda estiver em decomposição. Em caso contrário, poderá ser lançado sobre o terreno pouco antes

do plantio.

f) Debulha dos bulbos

Debulha é a operação que objetiva separar os bulbilhos do disco e limpá-los, em média, dois dias antes do plantio. Esta atividade serve para evitar o rompimento da dormência e mau comportamento na armazenagem.

A separação dos bulbilhos do disco do bulbo não deve provocar danos que possam ocasionar o ingresso de patógenos.

São necessários de 700 a 1200 kg de bulbilhos para o plantio de um hectare. Sabendo-se que um homem é capaz de debulhar entre 25 e 35 kg de bulbos por dia, são necessárias 20 pessoas trabalhando simultaneamente nesta atividade, para o plantio de um hectare.

Como o trabalho de debulha envolve grande número de pessoas, este processo é, geralmente, intercalado com a operação de plantio, para melhor aproveitamento da mão de obra.

Várias tentativas de mecanização da debulha foram realizadas, tanto no Brasil como no exterior. A maioria das máquinas projetadas apresenta soluções que utilizam a aplicação de força simultânea com a rotação dos bulbos, para produzir o rompimento das túnicas e a separação dos bulbilhos. A combinação força-rotação é produzida através de cilindros, correias ou roletes.

As máquinas projetadas e comercializadas no Brasil, não foram aceitas pela totalidade dos produtores, por danificarem elevada quantidade de bulbilhos.

g) Classificação dos bulbilhos

Após a debulha, os bulbilhos são classificados por tamanho e forma. Para esta operação, são utilizadas peneiras com malhas, que separam os “dentes” em até cinco tamanhos, conforme mostra a tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Classificação dos bulbilhos.

Classificação	Tipo de peneira	Malha (mm)
grande	1	15 x 25
médio	2	10 x 20
médio-pequeno	3	8 x 17
pequeno	4	5 x 17
palito	-	-

Fonte [14].

Os bulbilhos grandes possuem maiores reservas nutritivas e conseguem, assim, suprir melhor as necessidades das novas plantas.

O tamanho do bulbilho utilizado como semente, dependendo do seu peso, afeta diretamente a produção, conforme a tabela 3.3.

É recomendado que se plantem bulbilhos pesando mais de 1g (um grama), não sendo importante a sua posição no bulbo [15].

Tabela 3.3 - Efeito do tipo de bulbilho na produção do alho.

Tipo de bulbilho	Peso do bulbilho (g)	Produtividade em bulbo (kg/ha)	Peso médio do bulbo (g)
Grande externo	>2	3475	20.8
Médio externo	2 > peso > 1	2992	18.0
Médio interno	2 > peso > 1	2596	15.4
Pequeno externo	peso < 1	2697	12.8
Pequeno interno	peso < 1	2137	12.7
demais 5%	-	546	3.4

Fonte [16].

O “dente” pequeno e o palito [bulbilhos com menos de 1g (um grama)] são utilizados como alternativa econômica pelo agricultor, através do plantio para a obtenção do alho-semente.

Os “dentes” grandes dos bulbos maiores são vendidos para o agricultor que

planta para o consumo. Os “dentes” pequenos, desses bulbos maiores, são destinados ao plantio de alho-semente, pois os bulbilhos oriundos dos bulbos de maior dimensão e peso são considerados fenotipicamente e genotipicamente grandes (FG + GG). Por outro lado, os bulbos menores (FP) podem possuir um genótipo tanto grande como pequeno (GG ou GP). Assim, é necessário o plantio dos bulbilhos em lotes separados de acordo com o seu peso, para garantir maior uniformidade no momento da colheita [15].

Para a realização da operação de classificação, existem vários modelos de máquinas. Basicamente, todos seguem a concepção apresentada na figura 3.5.

Figura 3.5 - Máquina classificadora por tamanho e forma [17].

Esta máquina é constituída por uma correia transportadora (1) que conduz os bulbilhos e túnicas até uma coifa (2), por onde caem numa mesa vibratória (3). Um ventilador (4) elimina as impurezas e os “dentes” leves. Os demais bulbilhos caem sobre um conjunto de peneiras vibratórias (5), onde são separados por tamanho.

Como entre cada cultivar encontram-se bulbilhos morfológicamente diferentes, este sistema de classificação apresenta baixa eficiência, pois as superfícies plano-convexa e côncava do bulbilho, seu comprimento e largura, não

permitem a correlação direta com o peso [17].

Segundo José BURBA [17], a eficiência das peneiras na classificação dos bulbilhos é variável conforme os seus tamanhos sendo de, no máximo, 85.7% para dentes pequenos e, no mínimo, de 26.6% para “dentes” grandes, (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Eficiência de peneiras na classificação de bulbilhos.

Tamanho	Peso dentes (g)			Ineficiência%		Eficiência %
	mín	X	máx	falta	excesso	
1	1,20	2,71	4,20	36,6	36,6	26,6
2	1,10	1,75	3,00	31,6	36,8	31,6
3	0,55	1,22	1,95	17,8	17,8	64,3
4	0,20	0,57	0,90	14,3	14,3	85,7

Fonte [17].

A classificação, por tamanho e forma, só se verifica corretamente para bulbilhos de cultivares com grande regularidade de forma.

h) Plantio

O plantio pode ser manual ou mecanizado. Os bulbilhos são plantados em canteiros ou camalhões (Figuras 3.6 e 3.7) onde são abertos, previamente, sulcos ou covas.

Figura 3.6 - Sistema de plantio do alho em camalhões.

Figura 3.7 - Sistema de plantio do alho em canteiros.

Para a maioria dos pesquisadores, há uma forte relação entre número de plantas por hectare e rendimento total em quilogramas por hectare. Há um ponto em que a maior densidade afeta o peso dos bulbos. Este ponto depende de alguns fatores: a cultivar, a textura e a fertilidade do solo e o peso do “dente-semente”.

Flávio COUTO [18] recomenda que o espaçamento entre plantas deve ser de 75 a 100 mm e, entre fileiras, para cultivo manual, de 200 a 300 mm. Em culturas mecanizadas, recomenda espaçamento de 300 a 400 mm entre fileiras.

No Estado de Santa Catarina, o maior produtor de alho do país, devido às condições edafoclimáticas, a maioria das lavouras das regiões produtoras são plantadas no sistema canteiros, com fileiras únicas, de 4 a 5 linhas no sentido longitudinal. Seu espaçamento é de 250 mm x 80 mm entre linhas e plantas, respectivamente. Isto proporciona uma densidade de 250.000 a 370.000 plantas por hectare, dependendo da área perdida entre canteiros.

Outro arranjo utilizado pelos produtores, que também proporciona alto rendimento à lavoura, consiste de um espaçamento de 500 mm entre “fileiras duplas” e 80 a 100 mm entre plantas, possibilitando uma densidade de 440.000 a 500.000 plantas por hectare.

As figuras 3.8 e 3.9 mostram as sistematizações de canteiros utilizadas nas principais regiões produtoras do Estado de Santa Catarina.

Figura 3.8 - Sistematização do canteiro - fileira única.

Figura 3.9 - Sistematização do canteiro - fileira dupla.

A figura 3.10, a seguir, mostra a área necessária, por planta, para a cultivar Caçador/SC, conforme o peso médio do bulbilho.

Figura 3.10 - Área necessária por planta, conforme o peso médio do bulbilho[19].

Verifica-se que os espaçamentos ideais podem ser variáveis de 100 a 400 mm entre linhas, e de 75 a 100 mm entre plantas, fornecendo uma área mínima de 7500 mm^2 .

Outro fator que influi na produtividade da cultura é a posição do bulbilho. No plantio manual, os bulbilhos geralmente são colocados no solo em posição vertical, com o ápice voltado para cima, da forma comumente denominada “em pé”. Com os canteiros ou camalhões já preparados, o agricultor prende os bulbilhos pelo seu ápice (ponta mais fina) e os força para o interior do solo. Alguns produtores fazem, previamente, um pequeno sulco ou cova para, após, efetuarem o plantio da semente.

Sebastião ALVES [20], através de experiências, não encontrou diferenças de produção quando os bulbilhos foram plantados na posição vertical, quer estivessem os seus ápices voltados para cima ou para baixo. Quando plantados deitados, ou seja, com o ápice na linha horizontal, 80% das plantas apresentavam hastes tortas.

Alfonso CASTRONOVO [21], demonstrou que bulbilhos plantados com os ápices voltados para cima brotam mais rapidamente e mais uniformemente do que aqueles plantados deitados. Porém, não obteve diferença significativa entre a produção total, o número de bulbos colhidos e o peso médio dos bulbos nas posições utilizadas.

Flávio COUTO [18], estudou o efeito de cinco posições de plantio de bulbilhos:

VAC - bulbilhos colocados em posição vertical com o ápice voltado para cima;

DAC - bulbilhos colocados em posição deitada com o ápice voltado para cima;

DAB - bulbilhos colocados em posição deitada com o ápice voltado para baixo;

DL - bulbilhos colocados em posição deitada de lado, e

VAB - bulbilhos colocados em posição vertical com o ápice voltado para

baixo.

Os tratamentos utilizados no experimento de COUTO são vistos na figura 3.11.

Figura 3.11 - Tratamentos utilizados por COUTO, F. em seu experimento - Posições de plantio dos bulbilhos.

Nas condições do experimento de COUTO, a dificuldade de brotação dos bulbilhos nos tratamentos DAB e VAB nos primeiros 25 dias, ocasionou um número menor de plantas germinadas. A relação entre o número de bulbilhos plantados e as plantas colhidas foi variável, conforme a posição em que as sementes caíram no solo. As reduções, na relação bulbilhos plantados - plantas colhidas, variaram entre 5 e 41%, de acordo com a posição de plantio. COUTO justifica a não variabilidade encontrada por CASTRONOVO entre a produção total, o número e o peso médio dos bulbilhos nas posições utilizadas na sua pesquisa, pelas condições locais do experimento, que facilitaram a brotação. Todavia, nas condições do experimento de COUTO, bulbilhos em posição horizontal ou vertical, porém com o ápice voltado para baixo, tiveram maior dificuldade de brotar havendo, por consequência, maior porcentagem de falhas.

Segundo COUTO, os bulbilhos plantados na posição de VAC deram origem a bulbos em posição ereta ou com pequena curvatura. Nos tratamentos DAC e DL, a maioria das plantas colhidas apresentaram uma ligeira curvatura das hastes em

relação ao bulbo e uma pequena porcentagem de plantas com curvatura acentuada. Nos tratamentos DAB e VAB não houve nenhuma planta ereta e a maioria foi constituída por plantas com bulbos em posição invertida, sendo recobertos pelas raízes, dificultando a colheita e beneficiamento posterior.

Num outro experimento, o mesmo autor lançou 100 bulbilhos em sulcos de plantio obtendo, em média, de 4 determinações, os seguintes resultados:

VAC - 7,50%

VAB - 2,75%

DAC - 23,75%

DAB - 10,25%

DL - 55,75%

Através deste experimento, COUTO observou que a grande maioria dos bulbilhos caiu em posição que reduz, em média, de 5 a 15% o número de plantas que emergem do solo. Para compensar esta deficiência de brotação, que pode ocorrer em determinados solos, recomenda um aumento de 10 a 15% na densidade de plantio, para compensação das perdas, assim como o plantio em sulcos, por ser mais econômico.

No trabalho de J. CHEN, K. KWONG e Y. CHIU [22] intitulado “*Studies on the Feasibility of Mechanical Planting for Garlic (Allium sativum L.)*” , está comprovado que as sementes de alho plantadas em posição horizontal, com o ápice para cima, apresentam uma boa germinação e desenvolvimento da planta. Contudo, quando as sementes foram plantadas com o ápice para baixo, o tempo de germinação foi mais longo e a taxa germinativa foi menor. A maioria dos bulbos tomou, com o falso talo, uma forma de cachimbo, contudo, eram grandes e de boa qualidade.

Visando a diminuição de perdas, facilidade de colheita e de beneficiamento, os agricultores posicionam o bulbilho com o ápice para cima, coincidindo suas

ações, na prática, com os resultados das pesquisas de COUTO, CHEN, KWONG e CHIU.

Como o plantio é a operação mais importante dentro do processo de produção do alho, o maior número de máquinas desenvolvidas, até hoje, visou esta etapa do processo produtivo. Nenhuma delas, porém, atende ao requisito de posicionamento correto do bulbilho no solo.

i) Tratos Culturais

Os tratos culturais consistem de: irrigação, aplicação de herbicidas pré-emergência, capina, aplicação de defensivos (inseticidas, fungicidas e espalhante adesivo) e adubação química em cobertura.

Dos tratos culturais, o que ainda apresenta alguma dificuldade para a mecanização é a capina, devido ao pequeno espaçamento entre as plantas. Este fato dificulta a capina manual.

Os demais tratos citados não apresentam problemas, devido à forma como o terreno é sistematizado, isto é, em canteiro com larguras adequadas à bitola do trator.

j) Colheita

O alho é colhido quando completa o seu ciclo vegetativo e atinge a fase de maturação total, o que pode ser estimado em 180 dias. O amadurecimento e secagem das ramas são características visuais desta maturação.

Para facilitar a cura e o armazenamento, a colheita é feita com o terreno seco. As plantas são colhidas inteiras, isto é, bulbos junto com as ramas, e assim conservadas até o final do processo de cura, o que favorece a selagem e a cicatrização do ápice dos bulbilhos.

Após a operação de arranque, as plantas são agrupadas em molhos e

deixadas sobre o terreno para iniciar o processo de cura.

No Brasil, as máquinas para a colheita são de implantação recente na cultura, necessitando de adequações aos sistemas de produção existentes no país. Sendo assim, a operação é executada, geralmente, de forma manual. Para reduzir o esforço do trabalho de arranque, o agricultor utiliza uma ou mais lâminas, que cortam as raízes bem abaixo do bulbo, conforme mostra a figura 3.12.

Figura 3.12 - Lâmina para a colheita do alho [12].

I) Cura

A cura é o processo destinado a eliminar o excesso de água contido na planta. Para tal, esta deve permanecer inteira, o que auxilia a cicatrização dos ápices dos bulbilhos, melhorando a sua conservação durante o período de armazenagem. As etapas deste processo são:

Pré-cura: inicia-se com uma secagem a campo, com o auxílio do sol, onde as plantas são deixadas sobre o solo, com a parte aérea (folhagem) recobrimdo os bulbos. Esta fase dura, em média, três dias, sendo realizada logo após a colheita.

Cura à sombra: após a pré-cura, o processo é completado em galpão, onde os bulbos são colocados durante, aproximadamente, 20 a 60 dias, sobre estrados ou na forma de molhos, em ripados. Neste período, ocorrem perdas de peso (“quebra”) que oscilam de 30 a 60%.

A cura pode ser, também, artificial, através da utilização de secadores. Neste caso, o objetivo é a comercialização antecipada, ou a uniformização da

secagem.

m) Beneficiamento

Após a cura, o alho sofre uma limpeza antes de ser comercializado. Esta limpeza é chamada beneficiamento e consiste no corte da rama acima do bulbo e das raízes. As túnicas que estiverem sujas são retiradas, dando uma melhor apresentação ao bulbo. O corte da rama é realizado de 5 a 20 milímetros de distância do bulbo. As raízes são cortadas a uma distância aproximada de 5 mm do disco.

Algumas tentativas de mecanização da operação de beneficiamento foram realizadas, tanto no Brasil como em outros países, tais como a França e os Estados Unidos.

No Brasil, a única máquina de que se tem conhecimento foi idealizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Somente um protótipo desta máquina foi construído, o que impossibilita a sua qualificação.

O beneficiamento dos bulbos de alho é uma operação importante para proporcionar melhor aparência ao produto oferecido ao consumidor. Assim sendo, é conveniente, sob o ponto de vista econômico, o desenvolvimento de equipamentos para esta função.

As concepções existentes constam de escovas rotativas, pratos ou cilindros giratórios, com sulcos espiralados e garras localizadas em dispositivos com forma de carrossel.

n) Classificação dos bulbos

Após o beneficiamento, o alho é classificado com o objetivo de facilitar a sua comercialização. No Brasil, esta classificação segue normas governamentais

(Portaria Ministerial 089 de 07/04/1982)[23], que prevêm a distribuição em grupos, subgrupos, classes e tipos.

a) Grupos:

De acordo com o número de dentes do bulbo, o alho pode ser:

Nobre: bulbos com um número máximo de 20 bulbilhos.

Comum: bulbos com um número de bulbilhos maior do que 20.

Qualquer mistura entre o nobre e o comum faz com que o alho seja considerado comum.

b) Subgrupos:

De acordo com a coloração das túnicas dos bulbos e das películas dos bulbilhos, dividem-se em:

Alhos brancos: bulbos e bulbilhos brancos (tolerância de 10% de bulbilhos roxos).

Alhos roxos: bulbos brancos e bulbilhos roxos (tolerância de 10% de bulbilhos brancos).

c) Classes:

De acordo com o maior diâmetro horizontal do bulbo, este é classificado em sete classes:

7 - Maior que 5,5 cm.

6 - (Florão): bulbos com diâmetro máximo de 5,5 cm.

5 - (Graúdo): bulbos com diâmetro de 4,5 cm a menos de 5,5 cm.

4 - (Médio): bulbos com diâmetro de 3,5 cm a menos de 4,5 cm.

3 - (Pequeno): bulbos com diâmetro de 2,5 cm até menos de 3,5 cm.

2 - (Miúdo): bulbos com diâmetro mínimo de 1,5 cm a menos de 2,5 cm.

1 - Menor que 2,5 cm.

Em cada classe, a tolerância da mistura é de, no máximo, 10% de bulbos pertencentes à classe imediatamente superior ou inferior, ou de mistura de ambas.

d) Tipos:

De acordo com os fatores de qualidade (defeitos) do bulbo, o alho é classificado em três tipos, conforme a tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Classificação do alho segundo o tipo.

Tolerância Bulbos Máx.%	Defeitos %										
	Graves					Gerais					
	Chocho		Brotado	Vinhado	Aberto	Meia Cura	Perfilhado	Danos		Disco	
	Total	Parcial					Mec.	Praga	Estourado		
Tipos											
Extra	0	1	0	1	0	0	2	2	2	2	6
Especial	1	3	1	3	2	1	3	5	5	5	12
Comercial	2	6	2	6	4	2	5	8	8	8	18

Fonte [23].

Os principais defeitos, encontrados durante a seleção por tipos de bulbos, são:

- Chochamento: é o resultado de colheita em época errada; carência de boro; superexposição ao sol; ou ataque de ácaros, que sugam a parte comestível do dente.

- Brotado: provocado pelo armazenamento por longo tempo e em local abafado.

- Vinhado: é o alho com manchas côr de vinho, provocadas por ataques de fungos durante a colheita em época chuvosa. O vinhado não serve nem para a indústria.

- Bulbo aberto: atraso na colheita ou excesso de nitrogênio.

- Perfilhado: nesse caso, as folhas dos bulbilhos crescem demais, ocorrendo então, um superbrotamento. Os dentes ficam desiguais e “acavalados”. Causa: excesso de nitrogênio.

- Danos por pragas: os alhos que sofreram ataques de pragas são alvos fáceis dos fungos, traças e ácaros durante o armazenamento.

- Danos mecânicos: é comum a ocorrência de cortes nos dentes de alho, esmagamento dos bulbos e outros ferimentos.

- Disco estourado: os nematóides provocam o apodrecimento da base da haste do alho e abrem caminho para os fungos.

O disco estourado também é causado pelo atraso na colheita.

A soma dos defeitos gerais não poderá exceder 6% para o tipo extra, 12% para o tipo especial e 18% para o tipo comercial. Os defeitos graves são limitantes, individualmente.

O alho, não enquadrado nos percentuais de tolerância, é considerado fora de padrão, sendo usado somente na indústria, sob forma de pasta, pó e outras.

As classificações de acordo com o número de dentes, coloração das túnicas dos bulbos e das películas e dos fatores de qualidade, são feitas por controle visual e tátil.

A operação de classificar os bulbos pelos seus maiores diâmetros horizontais é mecanizada. As concepções de máquinas são constituídas basicamente, de tambores giratórios, crivados de furos, com diâmetro segundo a classificação desejada (Figura 3.13).

Figura 3.13 - Esquema de um equipamento classificador de bulbos.

São máquinas de construção simples e de fácil manutenção, obtendo a aprovação dos produtores de alho.

o) Embalagem

O alho destinado à comercialização é acondicionado em caixas de madeira, ou outro material, que confirmem segurança, proteção, conservação e integridade ao produto. Podem, também, ser utilizados sacos plásticos telados.

Uma forma de acondicionamento ainda usada, é a do preparo de réstias. As tranças são feitas com a própria rama do alho, distribuindo-se os bulbos 2 a 2 ao longo da réstia. O número de bulbos, em geral, varia de 50 (25 pares) a 100 (50 pares).

O processo de restiagem, além de consumir grande quantidade de mão-de-obra, provoca uma redução no preço de venda em relação ao acondicionamento em caixas.

O alho comercializado em réstias, em molhos ou na forma de bulbilhos despencados, é considerado abaixo do padrão, estando hoje em desuso.

p) Comercialização e armazenagem

O alho pode ser comercializado antes de completar a maturação, com cura parcial ou total. No primeiro caso, o alho é colhido ainda verde e, devido à sua curta conservação, destina-se ao consumo imediato. Oferece maior peso, pelo elevado teor de água existente nos bulbos.

O alho, em boas condições ambientais, pode ser armazenado por um período de até 8 meses. Nos quatro meses restantes do ano, o suprimento da demanda é feito com o alho industrializado.

Normalmente, o armazenamento é realizado em galpões ou a frio, em câmaras frigoríficas. No caso do galpão, este deve ser bem seco, ventilado e com pouca luminosidade. No sistema a frio, o alho é armazenado nas condições de 0° C e umidade relativa de 70 a 75%, durante 6 a 8 meses.

CAPÍTULO IV

SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA DO ALHO

4.1- Introdução

O alho é uma cultura de grande importância econômica e social em quase todo o mundo.

No Brasil, apesar da existência de um mercado em potencial, observa-se que a capacidade de produção relativa (produção/consumo) não tem aumentado significativamente.

O baixo rendimento da cultura no país é atribuído ao uso de cultivares não adaptadas e de alho-semente de baixa qualidade. Outros aspectos como: tratamentos fitossanitários, o controle de invasoras, correção e adubação do solo também influenciam na produtividade.

A irrigação, apesar da importância, é pouco utilizada, por ser antieconômica a manutenção de equipamentos apenas para essa cultura.

A mecanização é utilizada principalmente para o preparo do solo. A debulha, plantio, classificação, beneficiamento e colheita são feitos, geralmente, de forma manual pelo agricultor.

A utilização de mão-de-obra na debulha é devida à impropriedade das máquinas, até hoje concebidas para tal operação, que danificam os bulbilhos.

O uso de peneiras nas máquinas para classificação de bulbilhos, por tamanho e forma, não é eficiente, pois só se pode estabelecer uma correlação entre estes dois fatores e o peso do bulbilho, quando se trata de cultivares com "dentes"

de formas bem definidas. Assim sendo, tal sistema de classificação não atinge o requisito principal dele exigido, que é a seleção do bulbilho por peso.

Para a operação de colheita, as máquinas disponíveis não são adequadas aos sistemas de produção de alho. Não existem máquinas automatizadas para as operações de beneficiamento e classificação de bulbos.

Todos esses aspectos, principalmente o uso intensivo de mão-de-obra nas operações específicas, tornam a cultura difícil e muito trabalhosa, sendo desenvolvida apenas por pequenos e médios produtores que plantam, em média, áreas compreendidas entre 3 e 4 hectares e entre 15 e 20 hectares respectivamente, por ano.

As regiões que mais produzem alho no Brasil são coincidentemente aquelas nas quais predominam as pequenas e médias propriedades rurais. Um sistema de mecanização (Figura 4.1) pode continuar sendo destinado à lavoura desses pequenos e médios produtores, porém, atendendo suas necessidades, com certeza levará ao incremento da área plantada, reduzindo os custos e os esforços humanos.

Com a mecanização apresentada neste trabalho, a cultura do alho poderá ser implantada em quase todo o território nacional, nos locais em que as condições de clima, solo e fotoperíodo apresentarem-se favoráveis. Até o momento, são poucas as regiões brasileiras voltadas para esta cultura. Se as fronteiras das regiões produtoras fossem aumentadas e houvesse o aumento da produtividade média, o país poderia tornar-se autosuficiente e, até mesmo, grande exportador do produto.

Para que haja real redução na mão-de-obra, a mecanização de todas as etapas que envolvem a cultura do alho assume grande importância. As vantagens eventuais obtidas com o desenvolvimento de uma determinada máquina para uma operação específica serão diminuídas, se não houverem concepções adequadas às

demais operações. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema mecanizado para a cultura do alho, que envolva as operações de classificação e plantio de bulbilhos, debulha, colheita, beneficiamento e classificação de bulbos.



Figura 4.1 - Operações do sistema mecanizado para a cultura do alho.

Para o início do trabalho, fez-se um estudo das reais necessidades dos produtores de alho, através de visitas aos principais municípios produtores da região sul do país. Conhecendo estas necessidades e considerando alguns aspectos culturais, optou-se pelo emprego nas máquinas utilizadas no campo, de componentes mecânicos de fácil manutenção e resistentes às condições climáticas. Após, objetivando identificar os principais requisitos e parâmetros do projeto, fez-se uma coleta de informações em livros, relatórios de pesquisa, artigos de revistas técnicas, depósitos de patentes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI e folhetos de fabricantes. Também foram mantidos contatos com pesquisadores e extensionistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -

EMBRAPA, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S.A. - EPAGRI, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Universidade Regional Integrada/RS - URI, Universidade Federal de Santa Maria/RS - UFSM e produtores da Associação Nacional dos Produtores de Alho - ANAPA, com o objetivo de consolidar alguns parâmetros agrônômicos.

Como seria muito extenso o desenvolvimento, pelo autor deste trabalho, de um sistema envolvendo as operações específicas da cultura do alho, fez-se mister sua divisão em tarefas. Estas foram divididas em cinco (5) partes, sendo o estudo de cada operação e o projeto da máquina adequada, atribuídos a alunos dos Programas de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a coordenação do autor deste trabalho, Alberto Souza Schmidt, e a orientação dos professores Dr. Nelson Back e Dr. Osmar Possamai.

Na divisão, coube ao aluno e Eng^o Eucário Contreras Chacon o desenvolvimento da máquina para debulha de bulbos.

A máquina para beneficiamento e classificação de bulbos foi desenvolvida pelo Eng^o Jorge Luiz Coelho da Silva. Para o estudo da concepção de máquina colhedora de bulbos, foi designado o Eng^o Claudiano Sales de Araújo Junior.

Os trabalhos anteriormente citados fazem parte do plano de maior abrangência para a solução dos problemas da cultura do alho, o qual está centrado, principalmente, na operação de plantio.

A obtenção de bulbos de alto valor comercial dependem dos sistemas de produção, principalmente da operação de plantio: densidade, profundidade e posicionamento do bulbilho no solo.

Devido à complexidade do problema e à inexistência de máquinas efetivamente adequadas ao plantio do alho, este trabalho procura desenvolver a

concepção de uma máquina plantadora de bulbilhos de alho. É neste contexto que se verifica a importância deste estudo, seja para a continuidade das pesquisas no setor de mecanização agrícola, quanto para o desenvolvimento e a solução dos problemas que atingem a cultura do alho.

4.2 - Requisitos necessários para o projeto de mecanização da cultura do alho

O início de todo projeto é direcionado para identificar quais são as necessidades do consumidor. Das respostas do consumidor saem os requisitos do projeto [24].

Na determinação destes requisitos consideram-se os ambientes que estarão interagindo com o produto e as restrições que estes poderão impor durante as diversas fases do ciclo produção-consumo (Figura 4.2).



Figura 4.2 - Fases do Ciclo produção-consumo do produto.

Com os ambientes definidos, determina-se de que modo eles podem restringir ou influenciar o produto a ser desenvolvido. Para o sistema mecanizado, composto de um conjunto de máquinas, as restrições devem ser identificadas para cada uma delas, prevendo-se compatibilidades entre si. Assim, por exemplo,

conforme foi apresentado no estudo dos sistemas de produção do alho (Capítulo III), a atividade de debulha deve ser feita no máximo dois dias antes do plantio. Considerando a mecanização das operações de debulha, classificação e plantio, as capacidades de trabalho das máquinas devem ser coerentes entre si, para evitar manter uma delas com capacidade ociosa. Neste caso, propõe-se que a máquina para o plantio seja capaz de plantar um hectare em, pelo menos, três dias. Supondo-se que a máquina debulhadora funcione 10 horas por dia, esta terá que ser capaz de produzir uma quantidade mínima aproximada de 25 kg de alho por hora, para obter uma massa média suficiente para o plantio de um hectare de 750 kg de alho debulhado. Para a operação de colheita, considerando-se uma produtividade média de 6.000 kg por hectare e um período de funcionamento de 10 horas por dia, a máquina colhedora deverá ter uma capacidade mínima de 250 kg/h.

Na fase de projeto das máquinas do sistema, os elementos considerados foram o alho e o consumidor, conforme mostra a figura 4.3 abaixo.

FASE DE PROJETO

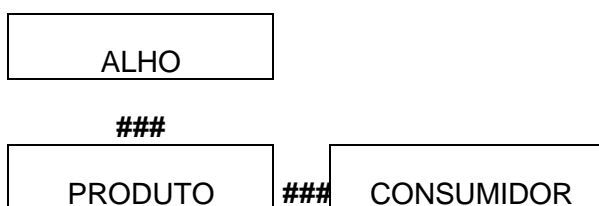


Figura 4.3 - Elementos influenciadores na fase de projeto.

As restrições impostas pelos elementos influenciadores do produto na fase de projeto, são mostrados na figura 4.4 utilizando-se o diagrama de Ishikawa [25].

Na fase de fabricação, os elementos influenciadores do produto estão representados na figura 4.5 e as restrições impostas às diferentes máquinas, na figura 4.6.

FASE DE FABRICAÇÃO

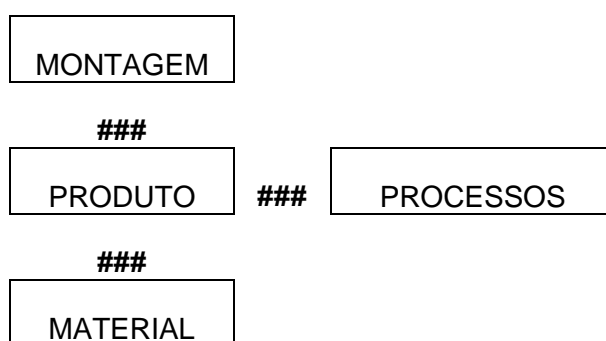


Figura 4.5 - Elementos influenciadores, na fase de fabricação.

Na fase de uso, têm-se os elementos representados na figura 4.7 e as restrições impostas ao produto, na figura 4.8.

FASE DE USO

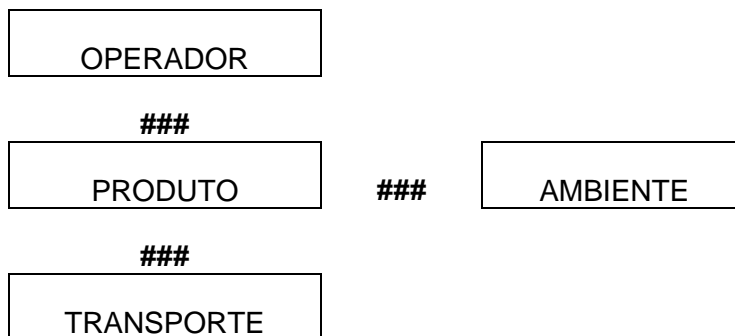


Figura 4.7 - Elementos influenciadores na fase de uso.

Na fase de manutenção, têm-se os seguintes elementos externos, representados na figura 4.9 e as restrições impostas ao produto, na figura 4.10.

FASE DE MANUTENÇÃO

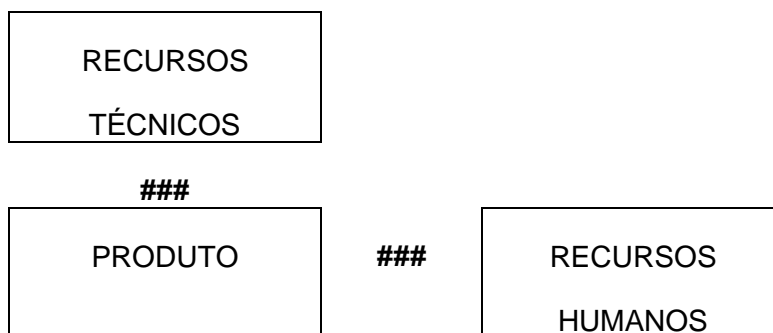


Figura 4.9 - Elementos influenciadores na fase de manutenção.

No quadro 4.1 é apresentada uma síntese das restrições impostas às máquinas componentes do sistema mecanizado em suas fases do ciclo produção-consumo.

Através da análise das restrições apresentadas, anteriormente, onde se verifica a sua real necessidade, elabora-se a relação de requisitos desejados para o sistema mecanizado.

A seguir, são apresentados os requisitos de projeto para cada uma das máquinas que compõem o sistema:

a) Máquina Debulhadora de Bulbos.

- a máquina deve ter capacidade de debulha superior a 25 kg/h;
- deve separar as túnicas do bulbilho;
- depositar a palha e os bulbilhos em locais definidos;
- debulhar bulbos com tamanho superior a 3, conforme normalização do

Ministério da Agricultura;

- dispensar o controle constante do operador;
- possibilitar a utilização de operador com mínima experiência em manejo de

máquinas.

b) Máquina Classificadora de Bulbilhos.

- a máquina deve ter capacidade de classificação superior a 25 kg/h;
- dispensar o controle constante do operador;
- possibilitar a utilização de operador com mínima experiência em manejo de

máquinas.

c) Máquina Plantadora de Bulbilhos

- a máquina deve permitir o plantio de bulbilhos espaçados de 80 mm entre si, na linha;

- permitir o plantio de bulbilhos em uma ou mais linhas;

- depositar o bulbilho no solo, na posição vertical, com o ápice voltado para cima;

- depositar o bulbilho em covas com profundidade uniforme de 60 a 80 mm;

- realizar o plantio de bulbilhos previamente classificados por tamanho e forma ou peso;

- possibilitar a utilização de operador com mínima experiência em manejo de máquinas;

- dispensar o controle constante do operador;

- utilizar tratores nacionais de pequeno e médio porte, para tração;

- possuir acoplamento para módulos.

d) Máquina Colhedora de Bulbos.

- a máquina deve ter capacidade de colheita de 250 kg/h, no mínimo;

- permitir a colheita de plantas em uma ou mais linhas;

- efetuar a amarração dos bulbos em feixes;

- depositar as plantas sobre o terreno;

- não separar a haste do bulbo;

- permitir a colheita de plantas espaçadas de 80 mm entre si na linha;

- dispensar o controle constante do operador;

- possibilitar a utilização de operador com mínima experiência em manejo de máquinas;

- possuir acoplamento para módulos;

- utilizar tratores nacionais de pequeno e médio porte, para tração.

e) Máquina Beneficiadora e Classificadora de Bulbos.

- a máquina deve ter capacidade de beneficiamento e classificação de, no mínimo, 70 kg/h;

- retirar a raiz 2 mm acima do disco, aproximadamente;

- retirar túnicas sujas de terra, grosseiras e soltas;

- retirar a haste 10 a 15 mm acima do bulbo;

- classificar os bulbos segundo normalização do Ministério da Agricultura;

- as operações de beneficiamento e classificação dos bulbos devem ser realizadas por uma única máquina;

- as funções de alimentação e posicionamento dos bulbos devem ser manuais;

Os requisitos a seguir são comuns a todas as máquinas do sistema mecanizado.

- os mecanismos utilizados não devem causar danos mecânicos nos bulbos e bulbilhos;

- as máquinas devem apresentar um custo de fabricação, operação e manutenção compatível para atender aos produtores brasileiros;

- as máquinas devem ser compactas e fáceis de transportar;

- utilizar, sempre que possível, materiais normalizados;

- apresentar precisão de montagem equivalente à utilizada na montagem dos rolamentos;

- não necessitar de manutenção especializada;

- utilizar, preferencialmente, peças soldadas e torneadas;

- possuir alta resistência à corrosão;

- proporcionar segurança para o operador.

Estes requisitos formam a base para o desenvolvimento dos protótipos de máquinas, destinadas a pequenos e médios produtores, no sistema de plantio de bulbilhos pré-posicionados em canteiros.

4.3 - Concepções de máquinas desenvolvidas para a cultura do alho

As máquinas para as operações de debulha, beneficiamento e classificação e colheita de bulbos foram desenvolvidas, respectivamente, pelos Eng^{os} Eucário Contreras Chacon, Jorge Luiz Coelho e Claudiano Sales de Araújo, sendo que as duas primeiras concepções foram também construídas e experimentadas nos Laboratórios de Projeto e Produto dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, respectivamente, da Universidade Federal de Santa Catarina.

S. MUELLER, H. STUKER e J. JOHN [26], no seu trabalho “Influência das classes dos bulbos de alho (*Allium sativum* L.) no peso dos bulbilhos numa determinada peneira” mostram que para cultivares com grande regularidade de forma, como as utilizadas pela maioria dos agricultores dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, é possível estabelecer uma correlação do peso com o tamanho da semente. Sendo assim, a equipe de projeto do sistema mecanizado para a cultura do alho considerou desnecessário o desenvolvimento de uma máquina classificadora de bulbilhos por peso. A concepção de máquina plantadora deverá prever a utilização de sementes previamente classificadas por tamanho e forma.

A seguir serão apresentados os esquemas destas máquinas.

4.3.1- Máquina debulhadora de bulbos de alho

A concepção da máquina debulhadora desenvolvida pelo Eng^o Eucário Chacon [27] apresenta três módulos distintos: módulo de armazenagem e transporte, módulo de debulha e módulo de extração das palhas. A figura 4.11 apresenta um esquema do protótipo da máquina debulhadora.

Figura 4.11 - Máquina debulhadora de bulbos de alho [27].

4.3.2 - Máquina colhedora de bulbos de alho

O Eng.º Claudiano Sales de Araújo [28] elaborou o reprojeto de um protótipo de máquina colhedora de bulbos, no intuito de desenvolver uma nova solução, adequada às especificações determinadas pelos requisitos do projeto. O primeiro protótipo, construído e testado no TIATC [Tsukuba International Agricultural Training Center- Japão], usando o princípio de levantamento da planta do alho através de hastes não se mostrara eficiente no recolhimento das plantas.

Esse protótipo de máquina colhedora de bulbos foi construído em módulos, para trabalhar em canteiros de cinco linhas . Os módulos, em número de três, eram aclopláveis a uma barra do tipo “porta-ferramentas”, o que permitia, por um simples arranjo modular, a utilização da máquina para variadas configurações de canteiros.

A vista lateral deste primeiro protótipo é mostrada na figura 4.12.

Figura 4.12 - Vista lateral do primeiro protótipo de máquina colhedora de bulbos de alho [28].

Uma nova concepção foi buscada pelo Eng.º Claudiano, fazendo uso de novos princípios de funcionamento, que melhor se adequassem aos requisitos de projeto especificados.

A solução conceitual proposta para o problema é apresentada na figura 4.13.

Figura 4.13 - Solução conceitual proposta pelo Eng.º Claudiano para a máquina colhedora [28].

Esta concepção não teve o seu protótipo construído, impedindo, assim, uma avaliação baseada em testes de campo.

4.3.3 - Máquina beneficiadora e classificadora de bulbos de alho

A maior parte dos equipamentos destinados à tarefa de beneficiamento dos bulbos é de operação semi-mecanizada onde o operador, segurando a planta, passa-a através de escovas limpadoras e cortadores de haste e raízes. Apenas em patentes, foi observada a tentativa de obtenção de uma máquina automática. Em ambos os casos, não são conhecidas a comercialização e utilização destes equipamentos.

Ao contrário das concepções encontradas na literatura, a máquina desenvolvida pelo Eng^o Jorge Luiz Coelho da Silva [29] (Figura 4.14), serve para cortar a raiz e a haste do bulbo, retirar as capas externas (túnicas) que estão soltas e sujas de terra e classificar o alho de acordo com o seu diâmetro.

Figura 4.14 - Máquina beneficiadora e classificadora de bulbos de alho [29].

CAPÍTULO V

A MECANIZAÇÃO DO PROCESSO DE PLANTIO

5.1- Introdução

Como um dos objetivos deste trabalho é o projeto e desenvolvimento de uma máquina plantadora, para melhor ilustração do que até agora foi realizado neste sentido, serão descritas e analisadas, neste capítulo, as concepções existentes. O estudo destas concepções é importante para o estabelecimento dos parâmetros que servirão de base para o projeto e desenvolvimento de máquinas para a cultura do alho.

Tanto no Brasil quanto no exterior, algumas tentativas de mecanização do processo de plantio foram realizadas. As máquinas plantadoras de alho desenvolvidas não obtiveram os resultados esperados, provocando sua rejeição por parte dos produtores.

5.2 - Máquinas existentes para o plantio do alho

5.2.1- Máquina plantadora com mecanismo de disco (Patente nº 8305650, Brasil)

Esta plantadora de bulbilhos (Figura 5.1), apresenta um mecanismo constituído de um disco (1), que coleta os "dentes" de um depósito (2), levando-os à saída localizada dentro do sulco de plantio, numa densidade variável, dependendo da relação de transmissão utilizada (3). Este modelo de plantadora é de operação manual. Derivações desta concepção, utilizando mecanismos semelhantes, são encontradas no mercado, podendo realizar adubação, sulcado

prévio e plantio em várias linhas, sendo tracionadas por trator (Figura 5.2).

A densidade de plantio da plantadora com mecanismo de disco, é de nove a treze bulbilhos por metro linear. Ela pode utilizar diferentes discos de distribuição tendo, cada um deles, aberturas apropriadas ao tipo de bulbilho-semente classificado.

O mecanismo utilizado para a individualização dos bulbilhos é de construção simples e de fácil manutenção. Apresenta, porém, baixa eficiência de distribuição dos bulbilhos, devido à forma do alho-semente, que não permite sua correta captação pelos discos, ocasionando falhas por falta ou excesso de bulbilhos, comprometendo a densidade de plantio, constituindo-se no principal motivo pelo qual não vem sendo utilizada.

Figura 5.1 - Máquina plantadora com mecanismo de disco para uma linha [30].

Figura 5.2 - Máquina plantadora com mecanismo de disco para sete linhas.

5.2.2 - Máquina plantadora com mecanismo tipo rotor com espiral (Patente nº 8106889, Brasil)

A plantadora de alho com mecanismo tipo rotor com espiral (Figuras 5.3 e 5.4), é uma máquina que pode ser de tração animal ou mecânica, sendo constituída por módulos, podendo plantar em qualquer número de filas. Para isto, basta que se lhe acrescente um número desejado de módulos.

Nesta plantadora, os bulbilhos são separados individualmente, por força centrífuga, e depositados em linhas de plantio, de acordo com o percurso efetuado. O espaçamento é variável, de um mínimo de 3 cm e sem limite superior, podendo ser utilizada para quaisquer tipos de semente (regulares ou irregulares), desde que tenham mais de cinco milímetros de diâmetro.

O mecanismo é constituído por espirais compostas (Figura 5.5), parte com desenvolvimento lento (voluta jônica), parte com desenvolvimento rápido (espiral de Arquimedes). Estas espirais compostas giram em torno de seu centro, em eixo vertical, com velocidade provocada pelo meio de tração (1) (Figura 5.6).

A alimentação das espirais compostas, com os bulbilhos, é contínua, a partir de um depósito colocado imediatamente acima delas (2).

A individualização dos bulbilhos dá-se por escorregamento, ao longo da face convexa da espiral composta. Os bulbilhos, após passarem por esta, caem individualmente sobre uma mesa fixa (3). Conforme a rotação da espiral, os bulbilhos caem no solo, após passarem pelo interior de um coletor cônico invertido, através de um tubo condutor (4).

Esta plantadora apresenta, como vantagem, a distribuição de qualquer tipo de semente, sem relação com tamanho ou forma, para altas ou baixas densidades de semeadura, com menor dano mecânico às sementes, podendo ser utilizada como distribuidora de fertilizantes [31].

A principal limitação desta concepção, não disponível comercialmente, é a

de não garantir a uniformidade de espaçamento (entre plantas) na distribuição dos bulbilhos, ocasionando, com isto, densidades diferentes das recomendadas.

Figura 5.3 - Máquina plantadora de bulbilhos com mecanismo tipo rotor com espiral (vista frontal) [32].

Figura 5.4 - Vista superior da máquina plantadora de bulbilhos com mecanismo tipo rotor com espiral (em planta) [32].

Figura 5.5 - Rotor com espirais compostas [32].

Figura 5.6 - Mecanismo separador de bulbilhos (em corte) [32].

5.2.3 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia dentada

Esta máquina plantadora (Figura 5.7), foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em convênio com a Japan International Cooperation Agency - JICA. Consiste num equipamento de operação manual, cujo princípio de funcionamento baseia-se na distribuição de bulbilhos através de uma correia dentada. A correia, ao passar pela parte inferior do depósito (1), permite que os bulbilhos sejam encaixados entre os dentes da correia (2). Dali, os bulbilhos são conduzidos até o sulco de plantio e distribuídos, conforme o espaçamento requerido. Esta plantadora apresenta distribuição variável, entre 5 a 10 bulbilhos, no plantio por metro linear, dependendo da relação de transmissão das rodas dentadas (3).

A inexistência de mais informações desta máquina, disponível apenas na fase de protótipo, impede uma análise mais profunda, mas verifica-se que o sistema exige a prévia classificação dos bulbilhos, para assegurar-se a compatibilidade de suas dimensões com os espaços disponíveis entre os dentes da correia reduzindo,

assim, o risco de falhas na captação dos bulbilhos. Porém, mesmo com a prévia classificação, devido à forma dos dentes, permanece o risco da má distribuição destes, comprometendo a densidade de plantio.

Figura 5.7 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia dentada [33].

O material utilizado, para confecção dos dentes da correia deverá, ser suficientemente flexível para evitar o cisalhamento do bulbilho, quando da sua passagem pelo extrator. Isto poderá ocorrer quando os bulbilhos excederem o espaço disponível entre dentes na correia.

5.2.4 - Máquina plantadora pneumática

J. Manuel CABRERA SIXTO e Ryszard J. SERWATOWSKI [34] no seu trabalho *“Diseño de una Sembradora Neumática para Ajo”* apresentam o protótipo de uma semeadora pneumática para alho (Figura 5.8) com as seguintes especificações agrotécnicas:

- Depositar de 16 a 20 sementes por metro linear, distribuídas uniformemente; e
- Trabalhar com diferentes tamanhos de sementes de alho, classificadas em : grande, mediano e pequeno.

A semeadora de precisão pneumática desenvolvida é do tipo de sucção, com disco giratório acionado pelo implemento e com o sistema de geração de sucção (extrator centrífugo) propulsado pela tomada de força do trator.

O abastecimento das unidades pneumáticas é feito por um sistema de dosificadores, adaptado a estrutura da máquina e sincronizado com os dispositivos de semeadura. O sistema é constituído por dosificadores helicoidais bidirecionais (um contentor alimenta duas unidades pneumáticas), instalados nas partes inferiores dos contentores e acionados, em sincronização com as unidades de semeio, pelas rodas do implemento através de um sistema de transmissão por corrente (Figura 5.9).

Segundo os autores, em provas de campo com a unidade-protótipo desenvolvida, a eficiência de deposição da semente no solo foi de aproximadamente 90%, trabalhando a uma velocidade de avanço não menor de 1 m/s.

Figura 5.8 - Vistas gerais do protótipo de semeadora pneumática de precisão para alho [34].

Figura 5.9 - Contentor com dosificador helicoidal de sementes.

No Brasil, a empresa Branco Equipamentos Ltda., Joaçaba/SC importa e distribui a semeadora de alho mostrada na figura 5.10, fabricada pela Franzino, Itália. Esta máquina pode ser fornecida em linhas espaçadas de 35 a 45 cm e com distância entre plantas de 8 a 15 cm. Realiza a aplicação de adubo a uma distância de 5 cm da semente. A individualização da semente dá-se através de uma turbina aspirante, acionada por transmissão à cardan. Opcionalmente, apresenta um monitor para controle da queda do bulbilho.

A inexistência de mais informações sobre esta máquina impede uma avaliação precisa, mas pode-se verificar que assim como a anteriormente apresentada, elas não permitem o plantio de bulbilhos pré-posicionados.

Figura 5.10 - Máquina semeadora pneumática fabricada pela Franzino, Itália.

5.2.5 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia, com canecas

Este modelo de plantadora, (Figura 5.11), citado por BURBA [17] apresenta um distribuidor, constituído por uma correia que possui "canecas" (1). Estas "canecas", ao passarem por dentro de um reservatório (2), vão recolhendo os bulbilhos e transportando-os para a parte superior, de onde vão cair num tubo de descarga e, deste, nos sulcos abertos pelo próprio equipamento, através de sulcadores (3).

Figura 5.11 - Máquina plantadora com mecanismo tipo correia com canecas [17].

Segundo o mesmo autor, esta máquina permite distanciar os bulbilhos entre 5 e 6 cm. Quando o plantio é feito em linha simples, com afastamentos, entre si, de 45 a 80 cm, obtém-se densidade aproximada de 400.000 plantas/ha.

Analisando-se a máquina em questão, sob o ponto de vista construtivo, observa-se a simplicidade da concepção, o que facilita a sua fabricação e manutenção com a conseqüente redução de custos.

Assim como algumas das concepções analisadas anteriormente, esta máquina não apresenta garantia de uniformidade na distribuição dos bulbilhos, além de não posicioná-los corretamente no solo, ou seja, na posição vertical com o ápice voltado para cima.

A existência destas limitações, afetando a produtividade da cultura, faz com que os produtores prefiram o plantio manual.

Em resumo, as concepções descritas anteriormente apresentam as seguintes desvantagens:

- não garantem o correto posicionamento dos bulbilhos com o ápice voltado para cima;
- os dispositivos utilizados não garantem uniformidade do plantio;
- apresentam falhas de plantio com relativa facilidade;
- podem captar mais de um bulbilho por vez; e
- podem danificar os bulbilhos.

5.3 - Considerações gerais sobre as concepções analisadas

No ítem anterior, fez-se uma análise das concepções de máquinas plantadoras de alho, com o objetivo de obter subsídios para a determinação de parâmetros de projeto e geração de alternativas. Dessa análise, observou-se que os trabalhos desenvolvidos para a mecanização da operação de plantio já atendem

a alguns dos requisitos do projeto que apresentaremos a seguir, porém uma característica desejada e não apresentada pelos sistemas descritos anteriormente é a do plantio de bulbilhos pré-posicionados com o ápice voltado para cima, requisito principal em nosso projeto e que confere ao mesmo um significativo grau de originalidade.

CAPÍTULO VI

DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO PARA MÁQUINA PLANTADORA DE ALHO

6.1- Introdução

O presente capítulo descreve a fase conceitual do projeto, tomando como base as considerações expressas pelos requisitos listados, relacionados especificamente ao desempenho e funcionalidade, visando gerar uma solução que atenda da melhor forma o produto.

Considerando-se os requisitos como ponto de partida, foram desenvolvidas as fases de projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado dessa concepção. Seguiu-se uma metodologia proposta por PAHL & BEITZ [35]. Os passos utilizados no processo de desenvolvimento do projeto são mostrados em esquema, na figura 6.1. Com os requisitos descritos e considerando-se a função total, elaborou-se uma estrutura de funções (Figura 6.2), a qual descreve as tarefas básicas que devem ser executadas pela máquina. A seguir, com o uso do método da matriz morfológica, geraram-se as concepções alternativas para solução do problema proposto. Fazendo-se uso do método da função critério, identificou-se a solução mais adequada aos requisitos desejados.

Escolhida a concepção, iniciou-se o projeto preliminar com a utilização de modelos matemáticos, usuais no processo de dimensionamento dos subsistemas que compõem a máquina.

Concluído o projeto preliminar, a próxima etapa foi detalhá-lo e, a seguir, construir-se o protótipo. Finalmente, foram realizados os testes de desempenho deste protótipo. O projeto foi concluído, sendo o produto final avaliado em relação aos requisitos desejados.

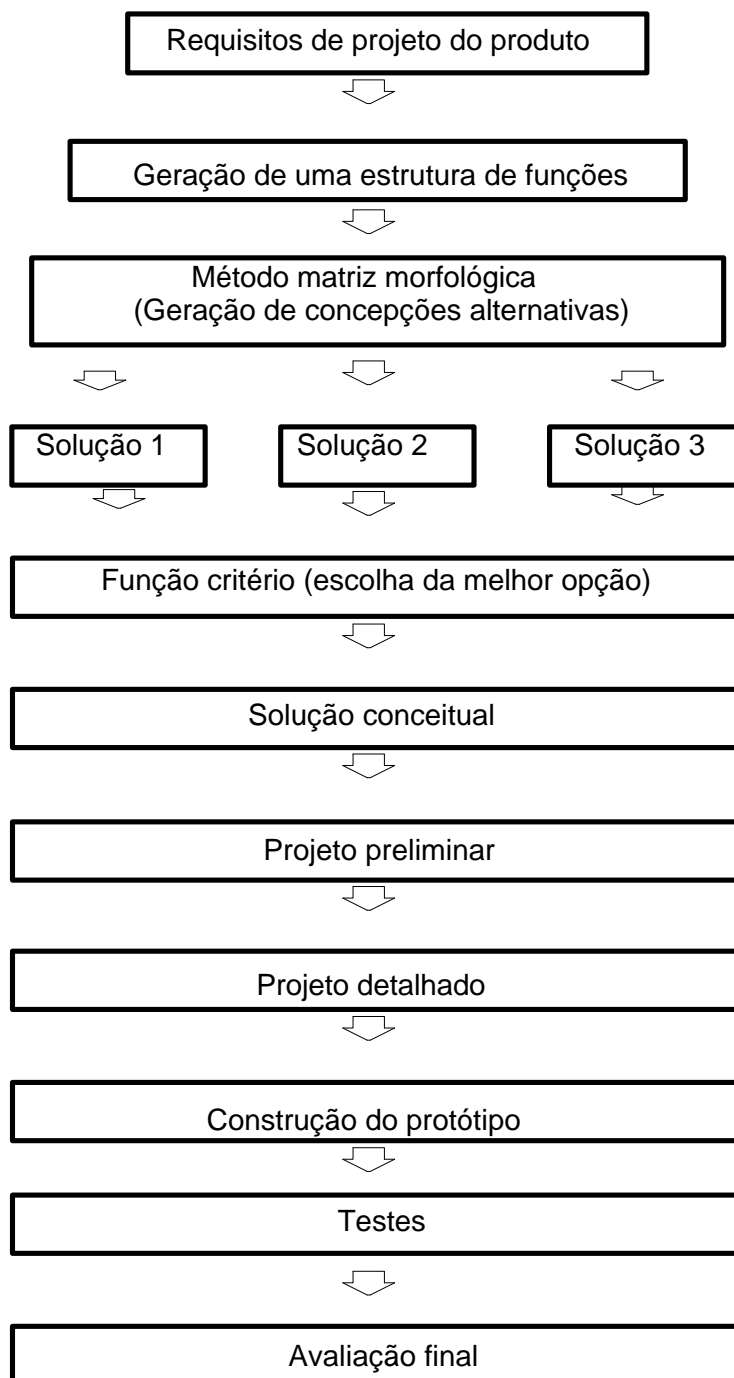


Figura 6.1 - Metodologia utilizada no desenvolvimento da máquina plantadora de alho.

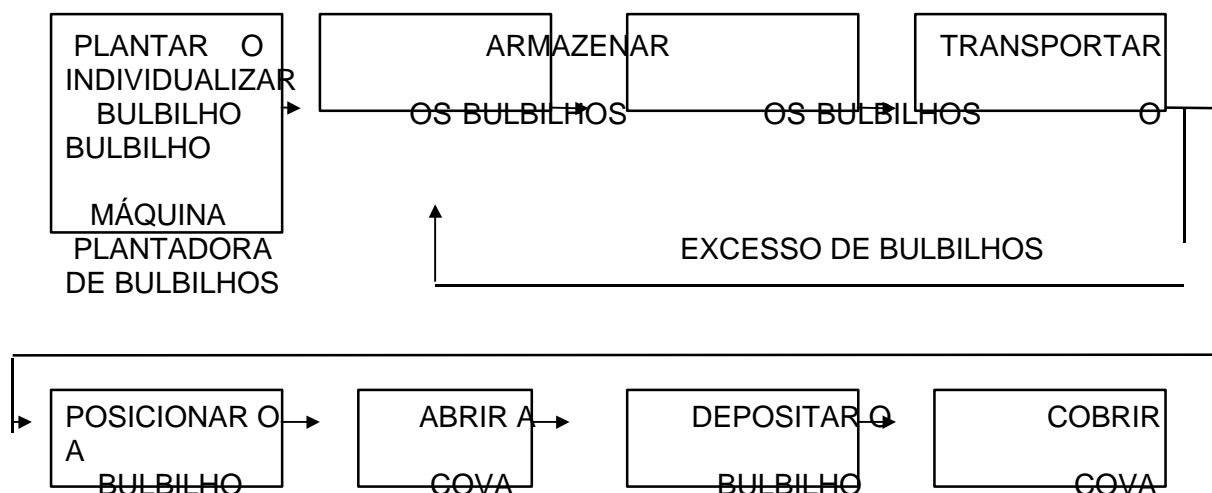


Figura 6.2 - Estrutura de funções para uma máquina plantadora de alho.

6.2 - Subsistemas da máquina plantadora

Com base nas concepções estudadas e nas funções que estas devem realizar, pode-se concluir que uma máquina plantadora de alho pré-posicionado deve ser composta dos seguintes subsistemas:

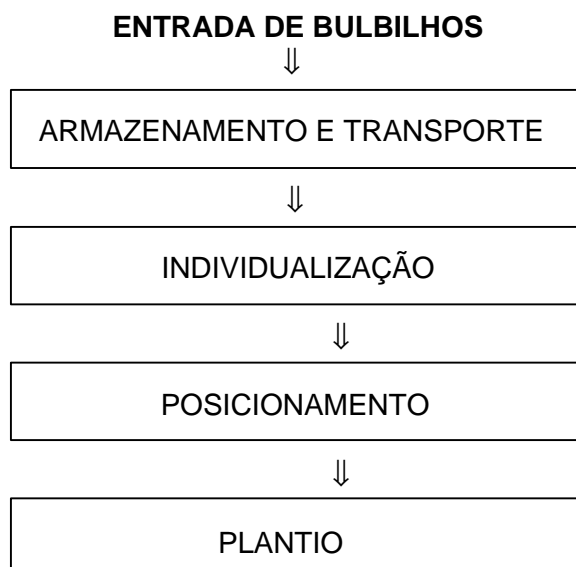


Figura 6.3 - Sistema mecanizado de plantio de alho.

6.3 - Funções da máquina plantadora

Visando-se complementar a relação de requisitos mais adequados à composição dos subsistemas anteriormente citados, a influência de cada função sobre o projeto da máquina será analisada, antecedendo a fase de concepção.

Na definição dos requisitos, deve-se considerar a existência, no Brasil, de um grande número de sistemas de produção do alho para consumo “in natura”. Daí, a dificuldade do desenvolvimento de uma concepção de máquina plantadora, que atenda a todos estes sistemas de produção. Sendo assim, decidiu-se adotar o sistema mais utilizado pelos produtores do município de Curitiba, maior produtor de alho do Estado de Santa Catarina sendo este, o maior produtor do país. Neste Estado, são plantados bulbilhos de 2 g, ou mais, em canteiros com largura média de 1300 mm. A densidade da cultura é de, aproximadamente, 370.000 plantas por hectare, com espaço de 80 mm entre si e dispostas em cinco linhas, com afastamentos de 250 mm.

Com base neste conhecimento, deduz-se que a máquina plantadora deva ser compatível com as demais, que compõem o sistema mecanizado, de tal forma que seu funcionamento não gere capacidade ociosa de produção. Considerando o sistema manual de plantio, a taxa de alimentação requerida pela máquina plantadora deverá ser de 12.333 bulbilhos por hora, sendo a velocidade mínima de deslocamento de 197 m/hora, conforme mostram os cálculos abaixo:

$$\text{Taxa de alimentação requerida} = \frac{\text{Densidade de plantas para o plantio de um hectare}}{\text{N.º de dias trabalhados} \times \text{n.º de horas trabalhadas}}$$

$$\text{Taxa de alimentação requerida} = 370.000 \text{ plantas por hectare} / 3 \text{ dias} \times 10 \text{ horas}$$

Taxa de alimentação requerida para o plantio de 1 hectare em 3 dias de trabalho com jornada diária de 10 horas = 12.333 bulbilhos/hora.

Considerando-se a massa mínima da semente para plantio de 2 g, a vazão de alimentação requerida de 12.333 bulbilhos será de, aproximadamente, 25 kg/hora.

Para o cálculo da velocidade mínima de trânsito, adotou-se o seguinte procedimento:

$$\text{N}^\circ \text{ de canteiros por hectare} = \frac{\text{Largura do terreno}}{\text{Largura do canteiro} + \text{Largura da área livre}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de canteiros por hectare} = 100 \text{ m} / 1,3 \text{ m} + 0,4 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de canteiros por hectare} \cong 59$$

$$\text{Comprimento plantado} = \text{n}^\circ \text{ de canteiros} \times \text{comprimento do canteiro}$$

$$\text{Comprimento plantado} = 59 \text{ canteiros} \times 100 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento plantado} = 5900 \text{ m}$$

Velocidade mínima de trânsito da máquina plantadora considerando sistema

$$\text{manual de plantio} = \frac{\text{Comprimento plantado}}{\text{N}^\circ \text{ de dias trabalhados} \times \text{n}^\circ \text{ de horas trabalhadas}}$$

$$\text{Velocidade mínima de trânsito} = 5900 \text{ m} / 3 \text{ dias} \times 10 \text{ horas}$$

$$\text{Velocidade mínima de trânsito} \cong 197 \text{ m/hora}$$

6.3.1 - Armazenamento, transporte e individualização de bulbilhos

A função de armazenar bulbilhos, conforme apresentou-se nas concepções estudadas anteriormente, é atendida por um depósito ou contentor, o qual deve ter uma capacidade volumétrica que não torne a máquina muito pesada. Ao mesmo tempo, não deve ser tão pequeno que exija alta frequência de abastecimento.

A forma do reservatório também é importante, considerando-se:

- 1) os esforços gerados pela coluna de bulbilhos;
- 2) a necessidade de regulagem, para permitir espaçamentos entre diferentes linhas de plantio;
- 3) a garantia de alimentação com sementes dos demais elementos da máquina;
- 4) a direção de alimentação;
- 5) a facilidade de carga e limpeza.

Para a determinação dos parâmetros dimensionais dos componentes da máquina, é necessário o conhecimento das características morfológicas dos bulbilhos, tais como dimensões e peso. Por existirem muitas espécies de cultivares de alho utilizadas pelos produtores de Curitiba/SC, os parâmetros serão baseados nas características da cultivar Quitéria por esta apresentar formas bem definidas e ser aplicada pela maioria dos agricultores do município (Figura 6.4).

Figura 6.4 - Semente de alho da cultivar Quitéria.

Na determinação das principais dimensões da semente, utilizou-se uma amostra colhida aleatoriamente. Assim sendo, cada elemento da população apresentou igual probabilidade de ser selecionado.

A população considerada foi fornecida pela COOPERPLAC/SC, em caixa de 10 kg de bulbos Classe 5 (Graúdo) da cultivar Quitéria. Através de posterior operação de debulha destes bulbos, simulou-se a situação real de utilização. Dois dias antes do experimento, os bulbos foram abertos e foi feita a separação dos bulbilhos. Evitou-se, deste modo, a quebra de dormência e a redução de peso pela remoção das túnicas, sendo adotados os bulbilhos retidos na peneira Tipo 1 (Grande). A escolha, para estudo, do bulbo Tipo 5 (Graúdo), deu-se devido à preferência do produtor de Curitiba/SC por este bulbo, para a obtenção de semente, pois bulbos maiores, dos Tipos 6 (Florão) e 7, geralmente são comercializados “in-natura” sendo os bulbos menores utilizados para fabricação de pasta, ou seus bulbilhos plantados para obtenção de sementes.

Foi realizado o levantamento dimensional das sementes, utilizando-se um paquímetro, marca Mitutoyo, com escala decimal de 0 a 200 mm. As dimensões levantadas na semente são mostradas na figura 6.5.

Figura 6.5 - Dimensões da semente de alho da cultivar Quitéria. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal.

Os valores estatísticos do levantamento métrico, realizado em amostra (n) de 84 sementes, são mostrados na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Valores estatísticos das dimensões da semente de alho da cultivar Quitéria - Peneira Tipo 1.

Estatística	Dimensão (mm)		
	Altura (A)	Largura (B)	Espessura (C)
Média (x)	41,7	18,2	16,9
Desvio Padrão (s)	4,8	1,3	2,0

As distribuições amostrais de várias estatísticas são aproximadamente normais para amostras de tamanho $n \geq 30$, denominadas “grandes amostras”. A aproximação da distribuição normal melhora com o crescimento do tamanho da amostra (n). Neste caso, as curvas das Distribuições Normal e de Student são muito próximas da Normal Reduzida [36].

Com uma amostra piloto de 84 sementes, que serve para mostrar o grau de variabilidade dos dados coletados, foi calculado o tamanho requerido nos levantamentos, para um erro de 5% e nível de confiança de 95% (Tabela 6.2).

$$n = (K \cdot Cv)/d; [36]$$

Onde:

n - tamanho da amostra;

Cv - coeficiente de variação (s/x);

s - desvio padrão da amostra levantada;

x - média da amostra levantada;

d - grau de precisão requerido (5%);

$K = 1,96$ - coeficiente função da probabilidade adotada.

Tabela 6.2 -Tamanho requerido da amostra de sementes de alho no levantamento métrico para um erro de 5% e grau de significância de 95%.

Dimensão	Tamanho da amostra requerida (n)
Altura (A)	20,32
Largura (B)	7,74
Espessura (C)	21,39

Verificou-se que o tamanho da amostra ($n=84$) adotado neste trabalho foi válido para o grau de significância empregado. Sendo assim, considerando-se a média populacional das sementes de alho, num intervalo de confiança de 99,73%, as dimensões extremas serão:

$$y = x \pm 3,00. S/ n; [36]$$

$$\text{Altura (A)} = 41,7 \pm 3,00. 4,8/ 84$$

$$\text{Altura (A)} = 43,2/ 40,1(\text{mm})$$

$$\text{Largura (B)} = 18,2 \pm 3,00.1,3/ 84$$

$$\text{Largura (B)} = 18,6/ 17,7(\text{mm})$$

$$\text{Espessura (C)} = 16,9 \pm 3,00.2,0/ 84$$

$$\text{Espessura (C)} = 17,5/16,2(\text{mm})$$

S. MUELLER, H. STUKER e J. JOHN [26], no seu trabalho “Influência das classes dos bulbos de alho (*Allium sativum* L.) no peso dos bulbilhos numa

determinada peneira” mostram que o peso médio da semente da cultivar Quitéria, extraída de bulbos Classe 5 e retirada na peneira Tipo 1, é de 3,70 g e desvio padrão de 0,029g.

As dimensões, assim como os pesos levantados, são utilizados no estabelecimento dos principais parâmetros da máquina.

Conforme o sistema de produção catarinense, ora considerado, o plantio é feito em 5 linhas espaçadas de 250 mm, havendo necessidade de um reservatório com largura reduzida. Entretanto, prevendo-se o caso de plantio com maiores distâncias entre linhas, a construção modular é a mais indicada. Para isso, os agricultores deverão utilizar, em versão básica, uma máquina com 1300 mm (largura do canteiro) para 5 linhas. Desta forma poderão ocasionalmente, através da retirada de módulos, obter a distribuição desejada (Figura 6.6). Considerando-se as formas mais utilizadas dos contentores: cônica, cilíndrica, cilíndrica com afunilamento cônico e prismática com afunilamento, concluiu-se que esta última é a mais adequada, por permitir variações geométricas.

Uma vez armazenados os bulbilhos, necessita-se da utilização de um dispositivo de transporte. Sua função é a de permitir alimentação uniforme da máquina com bulbilhos.

Figura 6.6 - Estudo do espaçamento entre linhas de plantio.

Conforme visto no ítem 5.2 do capítulo anterior, existem alguns dispositivos utilizados para individualizar bulbilhos. Mas devido à pouca eficiência com que exercem esta função, podem ser melhor aproveitados para transporte, sem exigência de precisão. Estes dispositivos são compostos por discos e correias com dentes, ou canecas, como mostra a figura 6.7.

Figura 6.7- Atuais tipos de dispositivos para a individualização de bulbilhos.

Não havendo a possibilidade do dispositivo de transporte fazer a individualização, a máquina deve dispor de um mecanismo com esta função, atuando como elemento regularizador do fluxo e impedindo a passagem de duas ou mais sementes mantendo, assim, a taxa de alimentação necessária. Na impossibilidade do retorno dos bulbilhos retirados pelo mecanismo individualizador ao depósito principal, deve ser previsto um contentor suplementar.

6.3.2 - Posicionamento e plantio dos bulbilhos

Uma vez individualizado o bulbilho, o dispositivo posicionador tem a função de preparar a semente para o plantio, posicionando-o com a ápice voltado para cima. Havendo a necessidade do bulbilho ser conduzido aos diferentes dispositivos da máquina através de condutores, estes devem ser dimensionados de maneira a evitar o fenômeno de repique e/ou acavalamento, que influencia consideravelmente a taxa de alimentação.

O dispositivo de plantio tem, como funções, realizar abertura de covas , deposição dos bulbilhos e cobertura destes com o solo.

A densidade de plantio (plantas/ha) e a profundidade de deposição do bulbilho são fatores preponderantes para o desenvolvimento das plantas de alho. Considerando-se os aspectos mecânicos, a regulagem de espaço entre linhas, por exemplo, deve ser possível e de fácil execução. Estas observações não se restringem apenas a este elemento, mas a todas as regulagens existentes na máquina.

6.4 - Resumo dos requisitos de projeto

Com base nos estudos efetuados até o presente momento, a lista a seguir traz os requisitos que deverão ser atendidos pela concepção da máquina plantadora a ser desenvolvida.

- permitir o plantio de bulbilhos em linhas com espaçamentos variáveis a partir de 250 mm (entre linhas);

- realizar o plantio de bulbilhos espaçados de 80 mm entre si, na linha;
- depositar o bulbilho no solo na posição vertical, com ápice voltado para cima;
- depositar o bulbilho em covas com profundidade uniforme de 60 e 80 mm;
- realizar o plantio em canteiros, com largura de 1300 mm;
- realizar o plantio de bulbilhos retidos na malha 15 x 25 mm, peneira Tipo 1, e com dimensões extremas de: comprimento (A = 43,2 a 40,1 mm) Largura (B = 18,6 a 17,7 mm) e espessura (C = 17,5 a 16,2 mm).
- possibilitar a utilização de operador com um mínimo de experiência de manejo de máquinas;
- dispensar o controle de operador;
- permitir a tração por tratores nacionais de pequeno e médio porte;
- não causar danos mecânicos aos bulbilhos;
- substituir a mão-de-obra atual pela máquina, o que representa o plantio de, no mínimo, 25 Kg de bulbilhos por hora;
- apresentar custos de fabricação, manutenção e operação compatíveis com o poder aquisitivo do produtor de Curitiba/SC;
- utilizar, sempre que possível, materiais normalizados e de fácil obtenção, como aço SAE 1020, 1040, etc.
- utilizar peças oriundas de processos envolvendo equipamentos de fácil obtenção;
- apresentar condições ergonômicas e de segurança;
- apresentar velocidade de trânsito compatível com a dos tratores médios e pequenos nacionais;
- apresentar facilidade de transporte;
- permitir o acoplamento de módulos;
- possuir alta resistência à corrosão;

- necessitar de manutenção convencional não especializada;
- utilizar ferramentas convencionais para manutenção;
- apresentar fácil acesso aos componentes da máquina;
- utilizar peças sobressalentes disponíveis no mercado;
- apresentar vazão de alimentação de, no mínimo, 12.333 bulbilhos/hora.

6.5 - Geração de soluções alternativas

O presente ítem descreve o método, bem como os resultados alcançados na geração de soluções conceituais para o problema proposto.

No início da elaboração desta etapa do trabalho, o método utilizado para geração de alternativas foi o mundialmente conhecido por “*brainstorming* ortodoxo”[37]. A característica principal deste método é a geração de alternativas, em sessão da qual participa um grupo de pessoas, havendo ausência completa de crítica e julgamento adiado. Entre os participantes do grupo, muitos têm conhecimento prévio do problema, porém há um número significativo, sem o menor conhecimento do assunto. Tal ferramenta projetual foi-nos muito útil para definição do projeto, pelo número de alternativas de solução apresentadas. Em etapa subsequente, utilizou-se a técnica de geração conhecida como “*synectics*”[37]. Enquanto no “*brainstorm*” a busca é a quantidade de idéias, no “*synectics*” o objetivo é sua qualidade: isto os diferencia. Os participantes de uma sessão de “*synectics*” devem ser, antes de mais nada, técnicos, conhecedores do problema a ser resolvido. A utilização desta técnica foi necessária em determinada fase do processo de criação quando, devido à complexidade do problema a solucionar, os participantes do grupo de “*brainstorm*” poucas contribuições tinham a acrescentar.

Posteriores à geração de cada alternativa de solução para o problema e dependendo da complexidade desta, foram construídos modelos nos Laboratórios

de Produto e Projeto, dos Programas de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Mecânica, da Universidade Federal de Santa Catarina, para a realização de uma avaliação mais precisa. A construção dos modelos, nesta etapa do projeto, foi extremamente válida. Realizaram-se aperfeiçoamentos e foram criados novos princípios de solução, alguns inéditos.

As diferentes soluções, geradas e identificadas para cada uma das sub-funções constantes na estrutura de funções apresentada na figura 6.2, estão descritas nas páginas seguintes.

Essas soluções parciais foram alocadas num dispositivo gráfico conhecido por Matriz Morfológica (Figura 6.8), através do qual pode-se visualizar todo o conjunto de opções, que se apresentam para a função total.

Tomando-se uma determinada linha da matriz pode-se identificar, na primeira coluna, a subfunção em consideração e, nas demais colunas, seus respectivos princípios de solução. Optou-se pela representação dos princípios de solução sob forma ilustrada, por considerar-se que isso facilitaria os trabalhos posteriores de identificação e escolha das melhores soluções.

6.5.1 - Descrição dos elementos da matriz morfológica

As funções e os correspondentes princípios de solução mostradas na figura 6.8 são as seguintes:

A - Sistema de tração

A 1- Trator

B - Acoplamento Trator-Implemento

B.1 - Posição relativa do implemento

B.1.1 - à frente

B.1.2 - ao lado

B.1.3 - atrás

B.2 - Tipo de engate máquina-trator

B.2.1 - acoplamento em três-pontos

B.2.2 - acoplamento à barra de tração

C - Fonte / tomada de energia

C.1 - TDP do trator e cardan

C.2 - Sistema hidráulico do trator

C.3 - Roda

C.4 - Automotriz

D - Armazenamento de bulbilhos

D.1 - Cônico

D.2 - Cilíndrico

D.3 - Cilíndrico com afunilamento cônico

D.4 - Prismático com afunilamento

E - Transporte de bulbilhos

E.1 - Correia transportadora dentada

E.2 - Correia transportadora com canecas

E.3 - Disco ranhurado

E.4 - Disco espiralado

F - Individualização de bulbilhos

F.1 - Mesa transportadora vibratória

F.2 - Disco com espirais duplas

F.3 - Correia transportadora com conchas

F.4 - Individualizador movido por excêntrico

F.5 - Individualizador de lâmina

G - Posicionamento dos bulbilhos

G.1 - Prato giratório com canecas articuladas

G.2 - Disco giratório com sensor fotoelétrico

G.3 - Disco giratório com garras

H - Plantio dos bulbilhos

H.1 - Ponteira retrátil

H.2 - Roda com ponteiras

I - Suporte da máquina

I.1 - Rodas

I.2 - Sem suporte

6.6 - Identificação da solução apropriada

Através do simples rearranjo das diferentes linhas e colunas da matriz, o método da Matriz Morfológica permitiu a elaboração de diferentes soluções para o problema.

Levando-se em consideração os requisitos de projeto listados e a compatibilidade técnica e física entre os diversos princípios de solução, partiu-se para uma investigação que buscou identificar soluções compatíveis. Os princípios de solução, gerados para as subfunções descritas no item 6.3 e que compõem a função total da máquina plantadora, são apresentados a seguir.

6.6.1-Estudo dos dispositivos para armazenamento e transporte de bulbilhos

As subfunções de transporte e armazenamento da máquina plantadora são as mais encontradas em diferentes tipos de equipamentos, existindo um grande número de dispositivos para a sua execução. Analisando-se estes dispositivos e considerando-se os requisitos desejados, concluiu-se pela não geração de novas alternativas de solução, com o aproveitamento dos existentes na máquina plantadora.

O subsistema de armazenamento e transporte deve compreender duas partes: um contentor e um dispositivo para transporte dos bulbilhos, formando o conjunto de alimentação da máquina.

Levando-se em consideração a possibilidade do produtor de alho utilizar a máquina para o plantio da semente, com espaçamentos entre linhas superiores a

250 mm, a utilização mais indicada é a de um conjunto alimentador próprio para cada uma delas, formando um módulo com os demais subsistemas. No intuito de facilitar os trabalhos de fabricação, montagem e manutenção da máquina, este conjunto é dividido em duas partes: contentor e transportador. Das formas utilizadas para o contentor (Figura 6.9), foi escolhida a prismática com afunilamento, por permitir variações geométricas, necessárias devido à limitação de espaço (250mm) entre as linhas de plantio. No seu interior, é previsto um elemento regulador da taxa de descarga, em função da quantidade de sementes necessárias no dispositivo de transporte. A forma do contentor está mostrada na figura 6.10.

Figura 6.9 - Formas dos contentores para sementes de alho.

(a)

(b)

Figura 6.10 - Contentor de sementes de alho. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal.

Para o transporte das sementes, dentre os dispositivos pesquisados, o mais eficiente mostrou ser o de correia inclinada, com dentes de borracha, por apresentar maior uniformidade na taxa de alimentação e menor possibilidade de danificar os bulbilhos. Devido à utilização de sementes retidas na peneira com malha de 15 x 25 mm, mas com dimensões variáveis: altura (A) de 43,2 a 40,1 mm, largura (B) de 18,6 a 17,7 mm e espessura (C) de 17,5 a 16,2 mm, existiu a necessidade de colocar-se um rotor extrator na parte superior da correia, evitando-se o possível acúmulo de bulbilhos sobre ela.

Os principais parâmetros da correia transportadora foram obtidos por experimentação em bancadas de testes. A bancada foi construída utilizando-se materiais básicos, tais como madeira e borracha. A figura 6.11 apresenta o

desenho do conjunto montado, com destaque para os parâmetros estudados com o auxílio desse modelo.

Figura 6.11 - Bancada de testes.

A largura da correia transportadora (L) foi dimensionada supondo-se que os bulbilhos ficassem dispostos transversalmente sobre ela. Como o comprimento máximo dos bulbilhos é de, aproximadamente, 43,2 mm, adotou-se esta dimensão para a largura da correia (Figura 6.12).

Figura 6.12 - Disposição suposta do bulbilho na correia transportadora.

A altura (H) e a distância entre dentes da correia (D) foram dimensionadas considerando-se a largura máxima do bulbilho de, aproximadamente, 18,6 mm (Figura 6.13).

Figura 6.13 - Vista lateral do dente da correia transportadora.

Após vários testes, obteve-se a melhor combinação de comprimento (L_c) e ângulo de inclinação ($\hat{\alpha}$), pois o ângulo de inclinação da correia ($\hat{\alpha}$) (Figura 6.10) podia ser regulado na bancada, por meio da variação do ponto A. Para este modelo, foram testados os ângulos entre 5° e 30° e comprimentos entre 300 e 1200 mm.

Durante os ensaios, pôde-se observar que ângulos na faixa de 15° a 30° e comprimentos a partir de, aproximadamente, 500 mm, favoreciam a captação das sementes, sem haver um acúmulo exagerado das mesmas sobre a correia. A explicação para este fato baseou-se na influência do tempo de permanência dos bulbilhos sobre a correia transportadora. Concluiu-se que a combinação de

pequenos ângulos de inclinação e comprimentos provocavam um acúmulo exagerado de sementes sobre a correia. Devido ao pouco tempo de permanência sobre ela, esse acúmulo não permitiu que houvesse uma perfeita captação das sementes pela correia.

A figura 6.14 mostra a concepção do conjunto de alimentação.

Figura 6.14 - Concepção do conjunto de alimentação.

6.6.2 - Estudo dos dispositivos para individualização de bulbilhos

Qualquer princípio de solução para o problema da individualização de bulbilhos deve prever a manutenção da taxa de alimentação constante, não permitindo a passagem de dois ou mais bulbilhos e mantendo, ao mesmo tempo, a integridade da semente.

O formato ovóide arqueado do bulbilho constitui a principal dificuldade para a construção de dispositivos individualizadores, fazendo com que muitas das máquinas atualmente disponíveis ao produtor apresentem pequena eficiência no plantio, sendo rejeitadas por ele.

As concepções geradas são mostradas na figura 6.15.

Figura 6.15 - Tipos de dispositivos para individualização de bulbilhos.

As descrições destas concepções são apresentadas a seguir.

a) Dispositivo individualizador com mesa transportadora vibratória

A concepção de um dispositivo individualizador de bulbilhos, utilizando-se uma mesa transportadora vibratória, é mostrada na Figura 6.16. Esta alternativa consta de um depósito (1), por onde é feita a entrada de bulbilhos na máquina.

Este depósito, ou contentor, vibra com o conjunto, ocasionando a queda das sementes na mesa inclinada (2), através da abertura regulável (3), dependente da taxa de alimentação requerida. Na mesa inclinada, os bulbilhos são transportados e, gradativamente, individualizados, até caírem no coletor (4).

Devido à dificuldade de uma avaliação mais precisa deste princípio de solução, e visando-se a determinação da forma ideal para a mesa transportadora vibratória, alguns experimentos foram realizados.

Figura 6.16 - Concepção de mecanismo individualizador de bulbilhos, através de mesa transportadora vibratória.

A figura 6.17 mostra um esquema da mesa vibratória, que utiliza aletas convergentes. Através de experiência, verificou-se que o dispositivo garante a integridade dos bulbilhos. Porém, devido ao formato da semente em “cunha”, as aletas provocavam o seu acavalamento, no ponto de máxima convergência dos planos verticais. Com isso, não houve garantia de alimentação contínua do sistema posicionador de bulbilhos.

Posteriormente, outro modelo foi criado, visando-se a supressão da deficiência do anterior, ou seja: o acavalamento dos bulbilhos no ponto de máxima convergência das aletas. A nova concepção consistiu de uma calha em forma de V, tendo uma das faces na vertical e outra inclinada, conforme mostram as figuras 6.18 e 6.19. A calha inclinada em degraus, com perfil em forma de V, teve como objetivo a redução do acavalamento; efeito indesejado criado pelos dois planos convergentes da versão anterior, os quais geravam pontos de estrangulamento.

Verificou-se que, mesmo sendo reduzidos os efeitos acima apontados, estes permaneciam neste modelo.

Os bulbilhos continuavam acumulando-se em determinados pontos, dificultando a alimentação do dispositivo posicionador. Descartado este princípio de solução, partiu-se para a avaliação das demais alternativas.

Figura 6.17 - Concepção de mesa vibratória - Alternativa A. Vista superior.

Figura 6.18 - Concepção de mesa vibratória - Alternativa B. (a) Vista superior. (b) Vista frontal.

Figura 6.19 - Concepção de mesa vibratória - Alternativa B. Vista lateral.

b) Dispositivo com rotor de espirais duplas

Esta concepção derivou-se do mecanismo tipo rotor, com espiral única (Patente n.º8106889). O dispositivo individualizador foi modificado, com a inclusão de uma segunda espiral vibratória, formando um canal divergente no sentido de descarga dos bulbilhos (Figura 6.20). Conforme mostra a figura 6.21, sob o conjunto de espirais (1) localiza-se um disco plano (2), com eixo vertical, o qual gira à velocidade do meio de tração. A alimentação com bulbilhos, das espirais duplas, é contínua, a partir de um depósito (3) localizado no centro do disco (2) e

imediatamente acima delas. Após passarem pelas espirais, as sementes caem através de um coletor cônico (4) no subsistema de posicionamento.

Como a espiral externa do disco (1a) é vibratória e a interna fixa (1b), a individualização, neste dispositivo, dá-se pela combinação de força centrífuga com um movimento vibratório, ocasionando o escorregamento dos bulbilhos ao longo da face interna da espiral fixa (Figura 6.22).

Figura 6.20 - Disco com espirais duplas.

Figura 6.21 - Concepção de dispositivo para individualização de bulbilhos através de disco com espiral dupla vibratória.

Figura 6.22 - Canal formado pelas espirais.

Analisando-se o dispositivo individualizador, já existente, de uma espiral fixa acoplada ao disco giratório, chegou-se à conclusão de que o inconveniente da concepção era a não uniformidade da distribuição de sementes, devido ao acúmulo eventual de bulbilhos dentro do canal formado pelas paredes da espiral.

O objetivo do acréscimo de mais uma espiral seria o de provocar, através de um movimento vibratório, o escorregamento dos bulbilhos dentro do canal formado, eliminando os pontos em que pudesse haver acúmulo de sementes.

Assim como o princípio de solução anteriormente citado, em que se utilizou mesa vibratória, este também necessitou da construção de um modelo para avaliação. Através da experimentação, verificou-se o seguinte:

- o dispositivo gera elevado número de bulbilhos danificados por esmagamento do ápice, entre o disco giratório e a espiral vibratória e

- o freqüente acúmulo de sementes entre a saída do depósito e a entrada das espirais.

Devido ao não atendimento de requisitos desejados para a máquina plantadora, esta concepção foi descartada.

c) Dispositivo individualizador com correia transportadora e conchas.

O princípio de funcionamento da correia transportadora, com canecas (Capítulo V, item 5.2), foi mantido nesta concepção. Houve apenas a modificação na forma do receptáculo dos bulbilhos.

A substituição das canecas por conchas (Figuras 6.23 e 6.24) visou a busca de uma forma aproximada à do bulbilho, que facilitasse a sua captação. Mas, assim como as demais concepções utilizando correia (dentes ou canecas), persistiu o mesmo problema, ou seja, a falta de garantia na individualização das sementes, apesar da mudança na forma do receptáculo do bulbilho.

Figura 6.23 - Dispositivo individualizador com correia transportadora e conchas.

Figura 6.24 - Concha para captação de bulbilhos. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.

d) Dispositivo individualizador movido por excêntricos

Este dispositivo de individualização (Figura 6.25) compõe-se de um tubo ou canal vertical (1) e de dois pinos horizontais retráteis (2), com pontas de material flexível, que se movem dentro do tubo através de um orifício. O movimento de avanço dos pinos é transmitido por cames (3) e o retorno efetuado por molas helicoidais (4). Os dois pinos estão afastados, um do outro, por distâncias reguláveis, de acordo com o tamanho dos bulbilhos.

As sementes penetram pela parte superior do tubo ou canal, percorrendo-o em direção vertical até encontrarem o pino inferior, obstruindo sua passagem. Num movimento alternativo seqüente, o pino superior, até então retraído, move-se em direção ao canal, em movimento horizontal transmitido por cames, prendendo o bulbilho superior contra a parede do canal. Em um movimento imediatamente posterior, retrai-se o pino inferior por ação da mola, combinada com o giro do respectivo came, liberando o bulbilho localizado entre os dois pinos e direcionando-o ao sistema posicionador.

Figura 6.25 - Dispositivo individualizador de bulbilhos movido por cames.

O mecanismo atua como acumulador de sementes. Entre os dois pinos cabem, aproximadamente, dois bulbilhos. O superior fica preso contra a parede do tubo, enquanto o inferior libera-se, consecutivamente.

Através de experiências com modelo (Figura 6.26), verificou-se que os bulbilhos não foram danificados. Apesar desta vantagem, ocorreram casos de acúmulo de bulbilhos no tubo, por acavalamento, mesmo após uma exigente classificação da semente por tamanho, o que anulou a eficiência do dispositivo. Devido à dificuldade de eliminar este problema, a alternativa, assim como as anteriores, foi descartada.

Figura 6.26 - Modelo de dispositivo individualizador de bulbilhos movido por cames.

e) Dispositivo individualizador de lâmina

Este dispositivo (Figuras 6.27 e 6.28) é composto de uma mesa captadora de bulbilhos (1) presa pela base superior ao corpo do mecanismo (2). É dotada de movimento de rotação de dentro para fora, com centro em (3) e uma lâmina (4) que possui, em uma extremidade superior, um rebaixo chanfrado de largura e comprimento suficientes para abrigar um bulbilho (5). Neste rebaixo situa-se uma trave (6), que impede a deposição de mais de um bulbilho sobre a lâmina. Esta é dotada de movimento alternativo vertical, proporcionado por excêntrico localizado na sua face inferior, com movimento de retorno provocado por mola (7).

Os bulbilhos são transportados por um mecanismo alimentador até a mesa captadora onde, através de um plano inclinado, deslizam até a parte chanfrada da lâmina. No espaço existente entre a parede vertical do corpo do dispositivo e o chanfro da lâmina, fica depositado o bulbilho (Figura 6.29). Quando a lâmina se move para cima, transporta a semente até um canal vertical situado num plano superior fixo ao corpo (8), o qual faz o bulbilho deslizar até o sistema posicionador.

Figura 6.27 - Dispositivo individualizador de lâmina.

Figura 6.28 - Dispositivo individualizador de lâmina. Vista lateral esquerda.

Quando a lâmina é erguida para o transporte de um bulbilho, simultaneamente, através de um movimento de rotação, provocado pelos braços (9) e (10) (Figura 6.30), a mesa deixa os excedentes caírem num reservatório (11). A trave evita que mais de um bulbilho se localize sobre a lâmina e seja transportado até o canal de descarga.

De todos os dispositivos de subsistemas individualizadores desenvolvidos e experimentados, este revelou ser o de mais simples construção e de melhor desempenho, apresentando características como:

- aceitar bulbilhos de diferentes tamanhos e
- não danificar as sementes.

As vantagens apresentadas por esta concepção em relação às demais indicam-na para compor o sistema mecanizado de plantio.

Na geração desta alternativa de solução para o problema da individualização da semente de alho foi utilizada a técnica do “*synectics*”, cuja concepção é mostrada em modelo na figura 6.31. Posteriormente, num processo de aperfeiçoamento visando a construção do protótipo, aplicou-se o “*brainstorming individual*”, resultando na concepção mostrada na figura 6.32. O esquema de

funcionamento dos subsistemas de armazenamento, individualização e transporte é mostrado na figura 6.33.

Figura 6.29 - Esquema de funcionamento do dispositivo individualizador.
Destaque da lâmina.

Figura 6.30 - Esquema de funcionamento do dispositivo individualizador.
Destaque da mesa.

Figura 6.31 - Modelo de dispositivo individualizador de lâmina.

(a)

(b)

(c)

Figura 6.32 - Modelo de dispositivo individualizador de lâmina modificado. (a) Vista lateral esquerda. (b) Vista frontal. (c) Vista lateral direita.

Figura 6.33 - Esquema de funcionamento dos subsistemas de armazenamento, transporte e individualização de bulbilhos.

6.6.3 - Estudo dos dispositivos para posicionamento de bulbilhos

Também foram utilizadas as técnicas do “*brainstorming*”, “*synectics*” e “*brainstorming* individual” na geração de alternativas de solução para o problema do posicionamento da semente de alho. Não havendo esta função em máquinas plantadoras de alho, a solução tem características inéditas. Assim como no problema da individualização o princípio de solução que melhor atendeu aos requisitos previamente estabelecidos para a máquina plantadora, proveio de sessões de “*synectics*”, com posterior aperfeiçoamento da concepção através de sessões de “*brainstorming* individual” mostrando, com isto, a importância do

conhecimento dos vários aspectos do problema a ser resolvido, em projetos de produtos complexos.

Na geração de alternativas de solução foram considerados os parâmetros:

- taxa de alimentação requerida e
- fragilidade e tamanho do bulbilho;

As idéias geradas para o subsistema posicionador são as seguintes (Figura 6.34):

Figura 6.34 - Tipos de dispositivos para posicionamento de bulbilhos.

a) Dispositivo posicionador com prato giratório e canecas articuladas.

Este dispositivo, posicionador de bulbilhos (Figura 6.35), compõe-se de um prato horizontal (1), que gira em um eixo central vertical (2). Presas pelo eixo (3) no raio externo deste prato giratório, encontram-se as canecas articuladas (4), com três faces laterais fechadas e uma quarta aberta, em contato com a superfície de uma guia fixa (5), (Figura 6.36). Esta acompanha quase todo o contorno externo do prato. A mesma guia lateral (5) consiste de uma aba bipartida, em forma de disco, com desenvolvimento decrescente na parte superior até um determinado ponto. A partir deste ponto, mantém-se constante. A parte inferior conserva altura uniforme até o ponto em que termina o decréscimo de altura da parte superior. A partir daí, sua altura reduz-se (Figura 6.37). À medida em que há mudança de forma, a guia gradativamente altera a sua posição, de vertical para horizontal.

Figura 6.35 - Dispositivo posicionador de bulbilhos, com prato giratório de canecas articuladas.

Figura 6.36 - Canecas articulada. Vista superior.

Figura 6.37 - Vista desenvolvida da guia lateral do prato giratório.

O bulbilho ingressa no dispositivo por um canal, caindo em uma das canecas, provida de movimento de rotação produzido pelo prato ao qual está inserida. A parte inferior da caneca, que está em contato com a guia, é cônica, permitindo a perfeita inserção do bulbilho em seu interior, com o ápice voltado para baixo. À medida que a caneca gira, a guia modifica, paulatinamente, sua posição, de vertical para horizontal, ao mesmo tempo em que reduz a área de oclusão da lateral exterior da caneca.

O bulbilho, que cair com o ápice voltado para baixo, acomoda-se perfeitamente no interior da caneca, deixando um espaço livre na face superior do receptáculo (Figura 6.38 a).

À medida que a posição da caneca muda, progressivamente, de vertical para horizontal, conduzindo o bulbilho nela inserido, a guia reduz sua área de contato com a mesma caneca (Figura 6.38 b). Então, a semente, perdendo parte da superfície inferior em que se apoiava, cai em um canal, que o conduz ao mecanismo de plantio.

O bulbilho, que cair no receptáculo com o ápice voltado para cima, utiliza um espaço maior, por não adaptar-se perfeitamente ao interior cônico da caneca (Figura 6.38 c). Por esta razão, a parte superior da guia servirá de apoio ao ápice do bulbilho, ao passo que a redução da parte inferior da guia elimina a superfície de apoio da semente, ocasionando sua queda no canal de descarga (Figura 6.38 d).

(a) (b)

(c) (d)

Figura 6.38 - Esquema de funcionamento do dispositivo posicionador com prato giratório e canecas articuladas. (a) Bulbilho com ápice para baixo na caneca. (b) Bulbilho apoiado na parte inferior da guia. (c) Bulbilho com ápice para cima na caneca. (d) Bulbilho apoiado na parte superior da guia.

Pela análise do dispositivo de prato giratório com canecas articuladas, concluiu-se que o mesmo apresenta vários pontos positivos, como a manutenção da integridade do bulbilho e a simplicidade de construção do mecanismo. Alguns pontos fracos, porém, impossibilitam o seu aproveitamento na máquina plantadora.

São eles:

- qualquer trepidação no dispositivo compromete a eficiência no posicionamento da semente e

- o bulbilho deve sofrer rigorosa classificação prévia, de acordo com o seu comprimento. Qualquer falha, na uniformidade, ocasiona a redução da eficiência do mecanismo posicionador.

d) Disco giratório com sensor fotoelétrico

Este dispositivo (Figura 6.39) é composto por uma caneca (1), com a parte inferior cônica, fixa a um disco giratório (2) movido por um motor elétrico, o qual é acionado por um sensor fotoelétrico (3) e um temporizador. A caneca é bipartida na parte inferior, tendo uma face fixa ao disco e outra articulada, com uma abertura na base.

O bulbilho penetra no dispositivo através de um canal (4) existente acima da caneca. Ao cair nela, se estiver na vertical com o ápice voltado para baixo, o bulbilho provoca a interrupção de um feixe luminoso, acionando o motor. Neste caso, o disco efetuará um giro de 150° , no sentido horário, alinhando a abertura superior da caneca (1) ao canal de descarga (5). O bulbilho já posicionado corretamente, passará para o mecanismo de plantio (Figura 6.40 a).

Figura 6.39 - Dispositivo posicionador de disco giratório com sensor fotoelétrico.

No caso do bulbilho alojar-se na caneca com o ápice voltado para cima, posição ideal para o plantio, não haverá interrupção do sinal luminoso. O disco (2), neste caso, fará um giro em sentido anti-horário, em movimento de 35° , provocado por um temporizador, ligado ao motor do dispositivo. A caneca, ao alinhar-se ao canal de descarga, abre a face móvel (6) permitindo a saída do bulbilho para o plantio (figura 6.40 b).

(a)

(b)

Figura 6.40 - Esquema de funcionamento do dispositivo posicionador de disco giratório com sensor fotoelétrico. (a) Bulbilho em giro de 150° . (b) Bulbilho em giro de 35° .

Assim como o dispositivo anterior, este modelo não chegou a ser construído. Através de análises, verificou-se que a concepção era inadequada ao uso pretendido, devido ao grande número de componentes sensíveis às condições a que o equipamento será exposto.

c) Disco giratório com garras

Visando eliminar as partes críticas do dispositivo anterior, buscou-se uma solução mecânica para o problema de posicionamento do bulbilho.

Esta concepção, mostrada na figura 6.41, é composta por dois discos giratórios (1 e 2) posicionadores de bulbilhos. O disco superior (1) apresenta, no seu interior, um mecanismo construído por anel (3) e disco com garras (4), (Figura 6.42).

Figura 6.41 - Dispositivo individualizador de disco giratório com garras.

Figura 6.42- Mecanismo de garras

Os dois discos possuem cavidades (5) que servem de receptáculos para os bulbilhos.

O alho-semente ingressa no dispositivo por um canal vertical (6), alojando-se em uma das cavidades do disco (1). Este receptáculo possui um orifício, na sua parte inferior, por onde se projetará o ápice do bulbilho (Figura 6.43).

Figura 6.43 - Cavidade de disco posicionador.

Se o bulbilho estiver com o ápice para cima, a garra (4) não captará a semente, pois o seu ápice não apresentará saliência no orifício da base inferior da cavidade (5) (condição indispensável para que a garra prenda o bulbilho). Portanto, a finalidade deste elemento no mecanismo é a de posicionar o bulbilho pelo seu ápice, impedindo que caia nos receptáculos do segundo disco (2).

O segundo disco (2), girando em sentido anti-horário, oposto ao movimento do primeiro (1), inverterá a posição do bulbilho que não tenha sido preso pela garra (4), trazendo-o novamente à situação ideal. Em seqüência, a semente cai, por gravidade, no mecanismo de plantio.

Através de experimentação em modelo (Figura 6.44), verificou-se que o dispositivo funciona satisfatoriamente, apresentando construção simples, de fácil manutenção e regulagem. Condições indispensáveis para o funcionamento deste dispositivo, são a perfeita reprodução da forma do bulbilho na cavidade do disco e a presença de um ápice saliente, que facilitam a captação pela garra.

Analisando-se os resultados obtidos pela máquina de debulha, integrante do sistema mecanizado para a cultura do alho e desenvolvida pelo Eng.^o Eucáριο Contreras Chacon [27], verificou-se que a solução gerada por ele mantém a integridade da semente, inclusive do ápice, permitindo seu aproveitamento nos dispositivos ora apresentados. Portanto, considerando-se as vantagens apresentadas por esta concepção que utiliza disco com garras, esta alternativa é a indicada para compor o sistema mecanizado de plantio.

Figura 6.44 - Modelo de dispositivo posicionador de disco giratório com garras.

6.6.4 - Estudo dos dispositivos para plantio de bulbilhos

Este subsistema tem como funções realizar a abertura de cavidades, depositar os bulbilhos com o ápice voltado para cima e cobri-los com o solo. Na busca de uma concepção que atendesse estas funções, foram considerados:

- taxa de alimentação requerida;
- fragilidade e tamanho do bulbilho;
- espaçamento entre plantas e
- profundidade de deposição dos bulbilhos.

As principais alternativas de solução geradas para a abertura de covas e deposição de bulbilhos foram:

a) Dispositivo para o plantio com ponteiras retrateis

Este dispositivo foi concebido através do estabelecimento de analogia com o mecanismo de uma lapiseira. Consiste de um tubo de ponta cônica, dividida em quatro partes pontiagudas (1). Sobre estas, existe um anel que proporciona o seu fechamento (2), conforme mostra a figura 6.45. O tubo possui movimento alternado,

gerado por disco rotativo (3). Ao descer, por ação do anel, a ponteira ligada ao disco permanece fechada, abrindo a cova no contato com o solo. Em movimento seqüente ascendente, o anel libera as lâminas pontiagudas, permitindo a liberação do bulbilho dentro da cova, completando assim o ciclo. O esquema de funcionamento do dispositivo é mostrado na figura 6.46.

Analisando-se o dispositivo, verifica-se a possibilidade da ocorrência de acavamento de bulbilhos dentro do tubo, assim como o embuchamento da ponteira quando em contato com o solo, sendo anulada a eficiência do subsistema. Esta alternativa foi rejeitada, portanto.

Figura 6.45 - Dispositivo de plantio com ponteiros retráteis.

Figura 6.46 - Esquema de funcionamento de dispositivo com ponteiras retráteis.

b) Dispositivo para plantio com disco giratório e ponteiras

Este dispositivo, concebido para abertura de cavidades e deposição de bulbilhos, compõe-se de um disco vertical (1), (Figura 6.47 a), que gira em torno de um eixo central horizontal (2). Em sua face externa existem ponteiras (3), que permitem a abertura de cavidades e, nestas, a deposição das sementes.

O disco é composto de dois anéis com planos horizontais (4) e (5) (Figura 6.47 b). O anel externo (4) está em contato com o solo e tem por objetivo atuar como limitador de penetração das ponteiras no terreno. O anel interno (5) é provido de orifícios com diâmetro de 32 mm, que permitem a passagem dos bulbilhos do sistema posicionador às ponteiras nele fixadas.

A figura 6.48 mostra os tipos de ponteiras experimentadas. Destas, a que apresentou melhores resultados foi a solução 6. A figura 6.49 mostra a ponteira em detalhes. Esta ponteira é bipartida, tendo uma face fixa ao disco e a outra articulada, com movimento de abertura oblíqua externa. O comprimento desta ponteira é de 90 mm, permitindo a deposição do bulbilho na profundidade recomendada.

(a)

(b)

Figura 6.47 - Disco de plantio. (a) Vista frontal. (b) Vista lateral.

Figura 6.48 - Tipos de ponteiras experimentadas.

Figura 6.49 - Ponteira de plantio.

Anterior ao disco de plantio existe um dispositivo sulcador, que tem por objetivo facilitar o trabalho de abertura das cavidades, através da remoção do excesso de terra. Assim, as ponteiras abrem cavidades de 40 mm dentro de um sulco com 40 mm de profundidade (Figuras 6.50 e 6.51). Outro elemento, o tapador de sulcos, colocado após o disco de plantio, faz a cobertura dos bulbilhos com o solo (Figura 6.52).

O fechamento e a abertura da ponteira são feitos através de um pino, fixo à face móvel da mesma ponteira, que se move entre duas guias, fixas à estrutura da máquina (figura 6.53). Os movimentos articulados de fechamento e abertura da face móvel da ponteira ocorrem conforme a posição em que ela estiver, em relação à estrutura da máquina.

No disco, as ponteiras estão fixas em espaçamentos segundo recomendação agrônômica. Neste caso, o sistema de plantio utilizado em Curitiba/SC, com distância entre plantas, é de 80 mm.

Através de experimentação, verificou-se que o dispositivo acima descrito apresenta bom desempenho, que recomenda a sua utilização. As principais características do subsistema são:

- admitir bulbilhos de diferentes tamanhos;
- manter a integridade do bulbilho e
- plantar o bulbilho em posição correta.

Como ponto fraco, pode-se considerar a possibilidade de embuchamento, pelo acúmulo de terra entre ponteiras, o que pode ser amenizado pela presença de escovas, não afetando a eficiência do subsistema.

Figura 6.50 - Ponteira de plantio e detalhe da abertura de cavidade.

(a)

(b)

(c)

Figura 6.51 - Sulcador. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal. (c) Vista superior.

(a)

(b)

Figura 6.52 - Tapador de sulcos. (a) Vista lateral. (b) Vista superior.

(a)

(b)

Figura 6.53 - Ponteira de plantio - Detalhe de guias. (a) Vista lateral. (b) Vista frontal.

6.7 - Solução conceitual para máquina plantadora de alho

Como não houve mais de uma concepção potencial para a máquina proposta, em função de sua complexidade, não foi necessário o estabelecimento de critérios de seleção para soluções alternativas. Portanto, considerando-se todos os requisitos de projeto e, ainda, a compatibilidade técnica e física entre os diversos princípios de solução, adotou-se os elementos A.1, B.1.3, B.2.2, C.3, D.4, E.1, F.5, G.3, H.2 e I.1 da matriz morfológica (Figura 6.8).

6.7.1 - Descrição do princípio de funcionamento da solução

Os elementos constituintes da solução escolhida são descritos na figura 6.54. O desenho esquemático mostrando a solução conceitual para o problema é apresentado na figura 6.55.

Figura 6.54 - Elementos constituintes da solução conceitual escolhida para a máquina plantadora de alho.

Figura 6.55 - Solução conceitual para o problema.

Os bulbilhos são armazenados num recipiente de forma prismática com afunilamento (1). A alimentação da máquina é feita através de uma correia transportadora inclinada dentada (2). Na sua parte superior, existe um rotor extrator (3). Os bulbilhos, através de um canal (4), caem na mesa principal do mecanismo individualizador (5) após a passagem pelo rotor extrator. Através do movimento alternativo de uma lâmina, é feita a individualização dos bulbilhos. O excesso de sementes é separado em um reservatório suplementar (6).

Após a separação, o bulbilho ingressa através de um canal (7) no mecanismo posicionador. Neste subsistema, construído por dois discos giratórios

com cavidades (8), o bulbilho sofre um ou dois giros, indo cair com o ápice para cima em outro canal (9), que irá conduzi-lo até o disco de plantio (10). Neste disco, através de ponteiras (11), o bulbilho é liberado no solo em cavidade aberta dentro de um sulco. Logo após, um elemento faz a cobertura deste com o solo (12).

A máquina é acoplada, sem movimento relativo, aos três pontos (13) da traseira do trator. Como o plantio é feito, muitas vezes, em terrenos acidentados, havendo a necessidade de que a roda com ponteiras esteja sempre em contato com o solo, optou-se por um sistema articulado (14), para permitir que os módulos acompanhem o relevo do terreno.

A estrutura de suporte, além de permitir o acoplamento da máquina no trator, possibilita o levante dos módulos para transporte desta estrutura, através de um elemento limitador de curso (15).

A energia de acionamento dos mecanismos do implemento é fornecida diretamente pela roda com ponteiras, através de seu contato com o solo. Esta mesma roda tem , como função, nivelar o implemento em relação ao canteiro.

CAPÍTULO VII

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

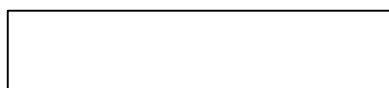
7.1 - Introdução

Uma vez definida a concepção da máquina a ser projetada, descrita no capítulo anterior, serão detalhados os principais elementos e conjuntos que compõem a solução apresentada, de modo a atender os requisitos estabelecidos. O detalhamento maior se refere à especificação dos componentes padronizados, determinação das dimensões dos elementos, seleção dos materiais e indicação dos processos de fabricação e tem o objetivo de permitir a construção do protótipo.

A figura 7.1 apresenta, resumidamente, as etapas do processo de detalhamento do projeto, construção e avaliação do protótipo. Inicialmente, cada conjunto é desmembrado e seus diversos elementos, partes, blocos são concebidos. A seguir, é feita a seleção dos materiais utilizados nos diversos elementos, partes, blocos e conjuntos, visando-se à viabilização da montagem. Em todas essas três etapas, o processo de tomada de decisão foi feito à luz dos requisitos estabelecidos no Capítulo VI.

No próximo passo, é feita a checagem do dimensionamento dos diversos elementos. Para esse processo, foram utilizados os modelos matemáticos usuais, constantes na mecânica dos sólidos.

Concepção dos conjuntos



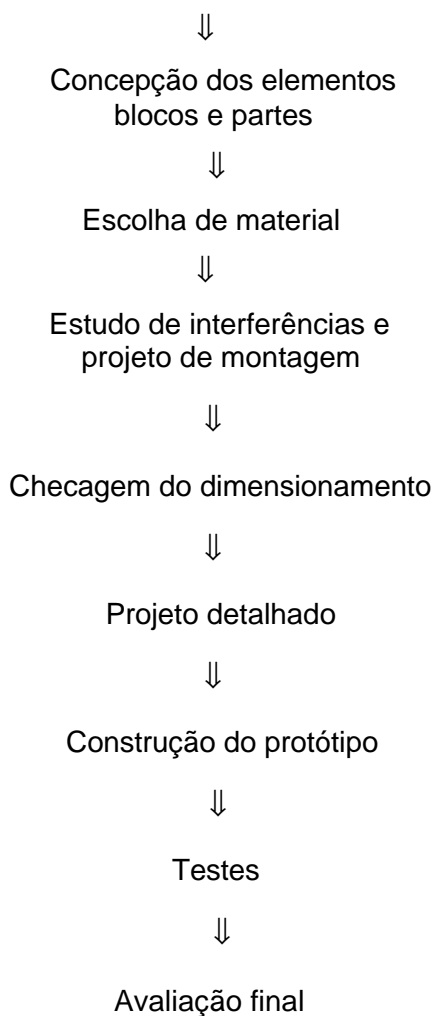


Figura 7.1 - Esquema do processo de detalhamento e avaliação do protótipo.

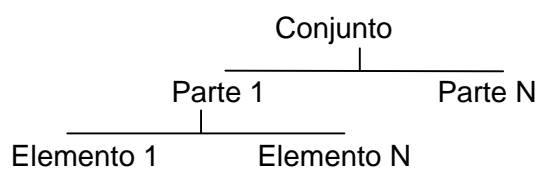
O protótipo foi construído em empresas do município de Santa Maria/RS, com recursos financeiros do autor deste trabalho, devido o seu envolvimento em atividades docentes na Universidade Federal de Santa Maria.

7.2 - Protótipo da Máquina Plantadora

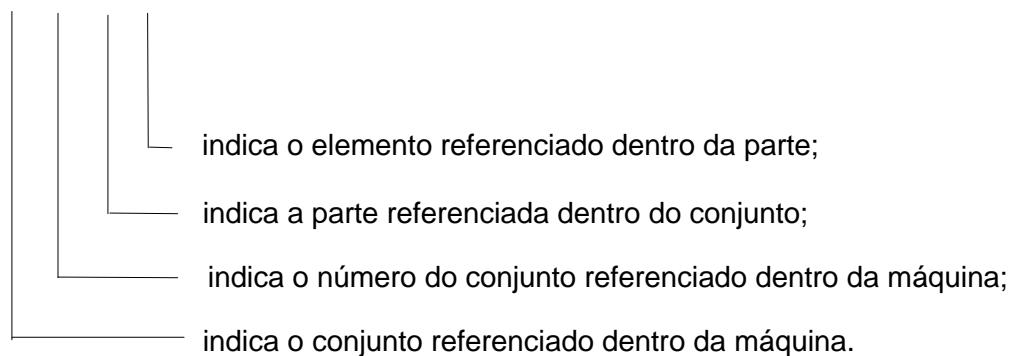
A máquina projetada foi concebida na forma de módulos, sendo estes divididos em quatro subsistemas distintos: alimentação (1), individualização (2), posicionamento (3) e plantio (4) de bulbilhos, conforme mostra a figura 7.2. O primeiro subsistema realiza as funções de armazenamento e transporte dos bulbilhos, o segundo realiza a função de individualização, o terceiro posiciona o bulbilho com o ápice para cima e o quarto realiza o plantio. Esta estruturação da máquina através de subsistemas tem como conveniência a possibilidade da construção paralela dos mesmos, agilizando o seu processo de fabricação. Também buscou-se uma economia de material e simplicidade de fabricação, através da utilização de materiais e componentes padronizados e de fácil aquisição; da minimização dos trabalhos de usinagem, corte, dobramento e conformação e daqueles que necessitam de mão-de-obra especializada.

Figura 7.2 - Subsistemas da máquina plantadora de alho.

Visando-se facilitar o trabalho de referenciamento, bem como o próprio entendimento do conjunto de desenhos constitutivos, foi criado um sistema de codificação para a concepção desenvolvida. Por este sistema, os desenhos são classificados segundo um código numérico composto basicamente de uma letra e três números. Este código é descrito abaixo, com o respectivo significado de cada elemento:



X - Y . Y . Y



Os conjuntos tomados como base para a codificação são abaixo especificados:

- A - 1 conjunto de alimentação;
- I - 2 conjunto de individualização;
- O - 3 conjunto de posicionamento;
- P - 4 conjunto de plantio;
- T - 5 conjunto de transmissão
- E - 6 conjunto estrutural.

No anexo 1 estão listados todos os conjuntos, partes e elementos constituintes desse protótipo.

7.2.1 - Conjunto estrutural da máquina

Com o objetivo de sustentar os subsistemas concebidos e permitir o acoplamento da máquina na unidade de tração, assegurando uma estrutura compacta, foi idealizada a estrutura dos módulos. Inicialmente, foram realizados estudos tentando-se identificar a natureza, intensidade e direção das possíveis forças a que a máquina estaria sujeita. Dessa pesquisa, pôde-se concluir que as principais cargas atuando sobre a máquina provinham dos próprios pesos do implemento e das sementes contidas no seu reservatório.

Na sequência, foram propostas diversas configurações espaciais para a estrutura em questão. Para a escolha da melhor opção, foram considerados fatores como:

- facilidade de fabricação e montagem;
- utilização de material normalizado e
- padronização de partes.

Após várias modificações, chegou-se à configuração mostrada na figura 7.3, onde são mostrados os apoios dos conjuntos de alimentação e individualização e posicionamento (1). Observe-se que esta solução considera que todo o peso próprio da máquina é transferido diretamente para a estrutura principal, através de barras retangulares ligadas pelo eixo da roda de plantio (2).

O sistema articulado (3) permite que os módulos acompanhem o relevo do terreno, mantendo as ponteiros em contato com o solo.

Uma estrutura de suporte, constituída pelo elemento triangular (4), permite o acoplamento da máquina no trator aos três pontos deste, através dos pinos de

ligação, e o ajuste de regulagem de espaçamentos entre módulos, para a obtenção da densidade desejada de plantas.

Para evitar o desperdício de sementes, quando do transporte da máquina em terreno não preparado para plantio ou entre canteiros, por exemplo, foi previsto um limitador de curso do movimento de articulação do módulo (5), permitindo o seu levante para deslocamentos.

A operação com engate livre nos três-pontos do trator, usando-se o disco de plantio para controle da profundidade, foi escolhida basicamente por oferecer uma melhor uniformidade na profundidade de trabalho, necessidade expressa na relação de requisitos desejados (Capítulo VI). Para este caso, a profundidade de trabalho da ponteira é fixa e fornecida pelo disco de plantio.

Os elementos (6) e (7) servem para fixação do sulcador e tapador, respectivamente.

As figuras 7.4 e 7.5 mostram as dimensões e o protótipo da estrutura principal da máquina plantadora.

Figura 7.3 - Esquema da estrutura da máquina.

Figura 7.4 - Estrutura principal da máquina e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista superior.

Figura 7.5.a - Protótipo do conjunto estrutural.

Figura 7.5.b - Protótipo do conjunto estrutural com disco de plantio.

Figura 7.5.c - Detalhe da articulação e suporte de sulcador.

Figura 7.5.d - Detalhe da estrutura dos discos posicionadores.

7.2.2 - Conjunto de alimentação

Considerando-se o espaçamento entre linhas plantadas de 250 mm, adotou-se para o contentor superior a largura de 150 mm e capacidade básica de armazenagem de, aproximadamente, 1500 sementes de alho, prevendo-se a realização de 50 abastecimentos durante o plantio de um hectare, com a possibilidade de aumento através de reservatório complementar. As dimensões do contentor e do rotor extrator são mostradas nas figuras 7.6 e 7.7.

Figura 7.6 - Contentor de sementes e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista frontal. (c) Vista superior.

Figura 7.7 - Rotor extrator e suas dimensões (mm). (a) Vista lateral. (b) Vista frontal.

Na sua parte interna existe o elemento regulador de vazão com acionamento feito por parafuso com porca e contraporca e articulação, através de dobradiças (Figura 7.8.a). O rotor extrator, acoplado à parte frontal do contentor através de parafusos, é composto de quatro elementos retangulares de borracha e acionado por roda dentada (Figuras 7.8 b e 7.8.c).

O dispositivo para transporte de bulbilhos, do contentor ao subsistema individualizador, é mostrado na figura 7.9. As dimensões da correia dentada foram determinadas a partir das características morfológicas da semente, utilizando-se elementos padronizados disponíveis comercialmente.

Figura 7.8.a - Detalhe do regulador de vazão de sementes no protótipo do contentor de sementes.

Figura 7.8.b - Vista superior do protótipo do contentor de sementes.

Figura 7.8.c - Protótipo do rotor extrator montado no contentor de sementes.

A correia transportadora sincronizada é constituída por uma tira de borracha de 50,8 mm de largura e 1219,20 mm de comprimento e 29 dentes de espuma de borracha espaçados entre si em 42 mm, com 20 mm de altura e espessura e 50 mm de comprimento, colados à tira (1). A estrutura de apoio do conjunto da correia é composta por duas chapas laterais (2), ligadas através de um perfil em forma de U (3). As chapas laterais (2), apresentam rasgos (4) que servem para dar entrada ao eixo da polia tensora (5) e permitir o deslocamento desta polia para tensionar a correia. A tensão é obtida apertando a porca (6) que desloca o parafuso (7), o qual movimentará o eixo (8) apoiado por mancais. O mancal (9) é fixo à chapa lateral (2) e serve de apoio ao eixo (10) da polia sincronizada transmissora (11).

O eixo (10) possui em uma extremidade as rodas dentadas (12), que acionam a correia e o rotor extrator e, na outra, a cruzeta (13) que aciona o conjunto individualizador.

Os protótipos da correia transportadora e da escova são mostrados nas figuras 7.10 e 7.11.

(a)

(b)

Figura 7.9 - Esquema da estrutura da correia transportadora. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior.

Figura 7.10.a - Vista anterior do protótipo da correia transportadora.

Figura 7.10.b - Vista posterior do protótipo da correia transportadora.

Figura 7.10.c - Vista superior do protótipo da correia transportadora.

Figura 7.11- Protótipo da escova.

7.2.3 - Conjunto de individualização

O conjunto de individualização é composto de um dispositivo individualizador de sementes , um contentor e um canal condutor que as leva ao subsistema posicionador.

O esquema e o protótipo do dispositivo individualizador são mostrados nas figuras 7.12 e 7.13.

Figura 7.12 - Esquema do dispositivo individualizador. (a) Vista lateral. (b) Vista superior.

A lâmina (1) (Figura 7.12) possui movimento alternativo gerado por cruzeta e mola (2) com limite de curso através de parafuso (Figura 7.13). A trave (3) evita a sobreposição de sementes. O elemento separador (4) é provido de movimento de rotação promovido pela roda (5) e came (6). As sementes individualizadas são conduzidas pelo canal (7) ao conjunto posicionador. O excesso de sementes é coletado pelo contentor inferior. A figura 7.14 mostra o canal condutor em vista frontal.

Figura 7.13 - Protótipo do conjunto individualizador. Detalhe da mola de retorno e parafuso limitador de curso.

O contentor inferior colocado abaixo da correia transportadora possui capacidade aproximada para armazenamento de 500 sementes (Figura 7.15).

O protótipo dos conjuntos de alimentação e individualização são mostrados na figura 7.16.

Figura 7.14 - Protótipo do canal condutor. Vista frontal.

Figura 7.15 - Contentor inferior de sementes e suas dimensões (mm).
(a) Vista lateral. (b) Vista superior.

Figura 7.16 - Protótipo dos conjuntos de alimentação e individualização.

7.2.4 - Conjunto de posicionamento

O conjunto de posicionamento é formado pelos discos posicionadores (1) e (2), a capa (3) e o mecanismo de embreagem (4). A roda dentada (5) transmite movimento ao conjunto de alimentação (Figura 7.17).

Os elementos e o protótipo do conjunto são mostrados nas figuras 7.18 e 7.19.

Figura 7.17 - Esquema do conjunto de posicionamento.

Figura 7.18 - Elementos do conjunto de posicionamento.

Figura 7.19 - Protótipo do conjunto de posicionamento.

7.2.5 - Conjunto de Plantio

O conjunto de plantio é composto por um disco com ponteiras articuladas (Figuras 7.20 e 7.21), um sulcador (Figuras 7.22 e 7.23) e um tapador de sulco (Figura 7.24).

O disco de plantio sustenta a máquina e permite a abertura de covas, para posterior deposição dos bulbilhos no solo, à profundidade de 90 mm. O disco é composto de dois anéis horizontais (1) e (2) (Figura 7.20). O anel interno possui 36 orifícios com 31 mm de diâmetro, espaçados de 50 mm entre centros. A união dos anéis dá-se através de um disco vertical (3), onde estão fixadas as ponteiras de plantio (4). A roda dentada (Figura 7.21) transmite movimento aos demais conjuntos da máquina.

Figura 7.20 - Esquema do disco de plantio. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior.

(a)

(b)

Figura 7.21 - Protótipo do disco de plantio. (a) Vista anterior. (b) Vista posterior.

Figura 7.22 - Sulcador e suas dimensões (mm). Figura 7.23 - Protótipo do sulcador.

Figura 7.24 - Protótipo do tapador de sulco.

As ponteiros (Figura 7.25) possuem o corpo com secção quadrada e afunilamento cônico inclinado. Duas das faces da ponteira possuem movimento de articulação com abertura oblíqua externa através de pino-guia. A guia está fixa à estrutura da máquina e forma um anel (Figura 7.26). Os pinos estão fixos à face móvel da ponteira.

Figura 7.25 - Ponteira de plantio e suas dimensões.

Figura 7.26 - Protótipo de anel de guia.

7.2.6 - Conjunto de transmissão de potência

Considerando-se a complexidade dos dispositivos que compõem os subsistemas da máquina plantadora, estabeleceu-se que a velocidade de trânsito da máquina deva ser de 300 m/h. Para isto, fixou-se o diâmetro externo da roda de plantio (tratora) em 700 mm que, na rotação de 2,3 rpm, garante a velocidade desejada.

A figura 7.27 mostra o esquema do sistema de transmissão de potência proposto para o funcionamento de todos os componentes da máquina. O acionamento deste sistema ocorre a partir de uma roda (T-1), situada no eixo (1), com 36 dentes e velocidade de 2,3 rpm. Através do movimento de uma corrente de rolo até a roda (T-2) com 18 dentes, montada em seu eixo (2), obtém-se uma velocidade de 4,6 rpm. Outra roda dentada (T-3) tem por finalidade permitir a inversão de movimento na roda (T-2) de 18 dentes. Com rotação inversa à da roda de plantio, mais uma roda (T-4) com 36 dentes, situada no eixo (2) e com centro no disco posicionador (O-1) transmite movimento através de corrente de rolo até a roda (T-5), com 18 dentes, que está montada em seu eixo (3) e com centro no disco posicionador (O-2). Com este sistema obtém-se uma velocidade de 9,2 rpm. Como a roda dentada (T-6) tem por finalidade inverter o sentido de giro da roda (T-5), os discos posicionadores (O-1) e (O-2) giram em sentidos opostos.

A roda (T-7) com 18 dentes, situada na extremidade do eixo (3), acionando a correia transportadora, transmite movimento, à velocidade de 9,2 rpm, até a roda (T-8) de 18 dentes, montada em um eixo (4). Neste eixo a roda (T-9) de 18 dentes transmite movimento à roda (T-10) com 9 dentes acionando o elemento extrator com velocidade de 18,4 rpm.

A configuração final da máquina é mostrada na figura 7.28. Visando a proteção do operador da máquina, capas em plástico reforçado com fibra de vidro foram projetadas e desenvolvidas para atender a tal função (Figura 7.29).

Figura 7.27 - Conjunto de transmissão.

Figura 7.28.a - Vista anterior do protótipo da máquina plantadora.

Figura 7.28.b - Vista posterior do protótipo da máquina plantadora.

Figura 7.28.c - Vista do acoplamento do protótipo da máquina plantadora no trator.

Figura 7.29 - Configuração final do protótipo. Detalhe das capas de proteção.

CAPÍTULO VIII

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO DA MÁQUINA PLANTADORA

8.1 - Introdução

O capítulo VII culminou com a apresentação do projeto detalhado do protótipo da máquina plantadora de alho.

No presente capítulo, são relatados os testes de laboratório e campo com o protótipo e, posteriormente, é realizada a avaliação do projeto da máquina, sendo propostas melhorias, que visem atender os requisitos estabelecidos no capítulo IV.

8.2 - Testes do protótipo

O objetivo dos testes realizados com o protótipo foi verificar o funcionamento da máquina em geral e quantificar a eficiência dos conjuntos de alimentação, individualização, posicionamento e plantio de bulbilhos. Além disso, os testes serviram para detectar as possíveis falhas apresentadas nos conjuntos, de forma a permitir propor soluções para a melhora de seus funcionamentos.

Em uma primeira fase, as verificações foram realizadas em laboratório testando-se os subsistemas de forma individual e, posteriormente, com a máquina plantadora em campo. Considerou-se como semente apta aquela que saiu do subsistema considerado, ou da máquina, sem apresentar danos.

As sementes usadas nos ensaios eram captadas junto às saídas dos conjuntos e colocadas em sacos plásticos, para posterior avaliação de danos.

Foram consideradas danificadas as sementes que apresentaram amassamentos e lesões aparentes.

Em cada um dos momentos dos testes, considerou-se como principais parâmetros aqueles que caracterizavam o funcionamento da máquina e de cada conjunto que a compõe.

Parâmetros gerais do teste:

- Número esperado de sementes plantadas e posicionadas (Nspp);
- Número efetivo de sementes plantadas e posicionadas (Nepp);

Conjunto de alimentação:

- Número de espaços da correia transportadora (Neco);
- Número de espaços, da correia, com uma ou mais sementes aptas (Nesa);

Conjunto de individualização:

- Número de sementes introduzidas no conjunto de individualização (Nici);
- Número de sementes aptas individualizadas (Nsai);

Conjunto de posicionamento:

- Número de sementes introduzidas no conjunto de posicionamento (Nicip);
- Número de sementes aptas posicionadas (Nsap);

Conjunto de plantio:

- Número de sementes introduzidas no conjunto de plantio (Nipl);
- Número de sementes aptas depositadas, posicionadas (Nadp).

A eficiência da máquina e dos quatro conjuntos enunciados foi calculada de forma percentual como é mostrada, a seguir:

1. Eficiência da máquina plantadora (Ep)

$$Ep = (Nspp/Nepp) \times 100 \quad (8.1)$$

2. Eficiência do conjunto de alimentação (Ea)

$$Ea = (Nesa/Neco) \times 100 \quad (8.2)$$

3. Eficiência do conjunto de individualização (Ein)

$$Ein = (Nsai/Nici) \times 100 \quad (8.3)$$

4. Eficiência do conjunto de posicionamento (Ep)

$$Ep = (Nsap/Nicp) \times 100 \quad (8.4)$$

5. Eficiência do conjunto de plantio (Epl)

$$Epl = (Nadp/Nipl) \times 100 \quad (8.5)$$

8.2.1 - Testes de laboratório

Os testes de laboratório foram realizados em bancada, nas dependências do Laboratório de Projeto da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando-se motovariador de velocidade com sementes de alho da cultivar Quitéria, retidas na peneira Tipo 1 (malha 15 x 25 mm).

As velocidades de trabalho da máquina, fixadas para a realização dos testes, foram as seguintes:

a - 300 m/h (velocidade de trânsito da máquina);

b - 330 m/h (velocidade de trânsito da máquina + 10%) e

c - 270 m/h (velocidade de trânsito da máquina - 10%).

Logo após a construção do protótipo, fez-se um teste preliminar, utilizando-se apenas a velocidade de 300 m/h (velocidade de trânsito da máquina), com o fim de verificar-se, principalmente, o desempenho dos diferentes componentes dos conjuntos.

Nos primeiros testes individuais dos conjuntos, obteve-se um desempenho pouco satisfatório dos componentes da máquina, uma vez que as funções

especificadas - alimentação, individualização, posicionamento e plantio - não foram realizadas a contento, devido aos seguintes problemas observados :

a - Conjunto de alimentação

- Excessiva restrição criada pelo elemento regulador de vazão do contentor à passagem de sementes, provocando falhas na alimentação da correia transportadora.

- Retirada excessiva de sementes localizadas nos espaços entre os dentes da correia transportadora pelos elementos do rotor extrator.

- Retenção de sementes nas cerdas da escova.

b - Conjunto de individualização

- Passagem direta das sementes da correia transportadora ao contentor inferior, devido ao elevado tempo de permanência da lâmina do dispositivo individualizador na posição superior.

- Retenção de bulbilhos sobre a lâmina do dispositivo individualizador, devido à falta de espaço de escape destes para o contentor inferior.

- Acavalamento de bulbilhos no canal de descarga para discos posicionadores.

c - Conjunto de posicionamento

- Retenção de bulbilhos, pelo ápice, nos orifícios das cavidades do disco posicionador O1 (Figura 7.19 - Disco maior).

- Cisalhamento dos bulbilhos, ao entrarem nas cavidades, pela capa do disco posicionador O1.

- Acavalamento dos bulbilhos, por tombamento, nas cavidades do disco posicionador O2 (Figura 7.19 - Disco menor).

d - Conjunto de plantio

- Retenção dos bulbilhos, por tombamento, nos orifícios do anel da roda de plantio.

Com o objetivo de melhorar o desempenho geral do protótipo, foram realizadas as seguintes modificações nos componentes.

a - Conjunto de alimentação

- A retenção excessiva de bulbilhos no contentor foi eliminada através da redução da área de obstrução do regulador de vazão. No rotor extrator, os elementos tiveram a altura reduzida, aumentando-se o espaço livre entre os dentes da correia. O problema com a escova foi resolvido, com sua substituição por uma lâmina de borracha flexível (Figura 8.1).

b - Conjunto de individualização

- Visando-se aumentar o tempo de permanência da lâmina do dispositivo na posição inferior, a cruzeta foi redesenhada conforme mostra a figura 8.2.

- Para eliminar os problemas de retenção das sementes, o canal de descarga e o espaço para captação, sobre a lâmina do dispositivo individualizador, foram redesenhados (Figuras 8.3 e 8.4).

Figura 8.1 - Protótipo da escova com lâmina de borracha.

Figura 8.2 - Protótipo do conjunto individualizador. Detalhe da cruzeta redesenhada.

Figura 8.3 - Protótipo do canal de descarga do dispositivo individualizador, redesenhado. Vista frontal.

Figura 8.4 - Detalhe do espaço para captação do bulbilho no dispositivo individualizador, redesenhado.

c - Conjunto de posicionamento

Para evitar a retenção dos bulbilhos pelo ápice, nos orifícios das cavidades do disco posicionador, foi colocado um elemento raspador sob estes (Figura 8.5). Visando-se a solução do problema de cisalhamento do bulbilho na entrada do canal, foi aumentado o espaço livre entre a saída do canal condutor superior e a capa do disco posicionador O1, adicionando-se um anteparo em borracha flexível (Figura 8.6).

Quanto ao problema de acavalamento das sementes, as cavidades dos discos receberam um polimento.

Figura 8.5 - Detalhe do elemento raspador no dispositivo posicionador.

Figura 8.6 - Detalhe da capa do disco posicionador O1, redesenhada.

d - Conjunto de plantio

O anel com orifícios foi substituído por elementos separadores, aumentando-se a área para entrada dos bulbilhos nas ponteiras (Figura 8.7).

Figura 8.7 - Detalhe do espaço para entrada dos bulbilhos nas ponteiras de plantio.

Após a realização dessas modificações nos conjuntos, deu-se prosseguimento a uma nova bateria de testes da máquina.

Esta segunda etapa de testes de laboratório teve o objetivo de verificar-se a repetibilidade proporcionada pelos novos dispositivos, e a influência de diferentes velocidades de trabalho, sobre o desempenho da máquina e dos conjuntos de alimentação, individualização, posicionamento e plantio.

Além da velocidade de trânsito da máquina (300 m/h), foram fixadas neste teste, as velocidades de 330 m/h (velocidade de trânsito + 10%) e 270 m/h (velocidade de trânsito - 10%).

No decorrer do teste verificou-se a permanência de alguns problemas, como o acavalamento de sementes no canal de descarga do dispositivo individualizador e no disco posicionador O2, gerando falhas nos conjuntos de posicionamento e plantio. A forma ovóide arqueada e em cunha da semente de alho facilita a ocorrência do acavalamento, principalmente quando ela está em queda livre. Um novo desenho do canal teve o objetivo de fazer com que a semente escorregasse no seu interior (Figura 8.8).

Figura 8.8 - Protótipo do canal condutor do conjunto de individualização redesenhado. Vista frontal.

A frequência de ocorrência do problema diminuiu com o novo desenho, mas continuou existindo, mostrando a necessidade de mudança na concepção da máquina, com a eliminação dos condutos atuais entre os conjuntos.

Outro problema que continuou a ocorrer, mesmo após a realização do polimento interno, foi o tombamento da semente nas cavidades do disco posicionador O2, provocando o seu acavalamento nestas cavidades, ou sua mudança de posição no canal de descarga.

Os resultados obtidos nos testes de laboratório encontram-se nas tabelas 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5.

A eficiência calculada da máquina e dos conjuntos para as diferentes velocidades de trabalho é mostrada na tabela 8.6.

O primeiro conjunto testado nesta nova etapa de testes em laboratório foi o de alimentação. Para isto, considerou-se como amostra 36 espaços entre dentes da correia transportadora, da qual fez-se 20 observações (Tabela 8.1).

Tabela 8.1 - Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de alimentação.

Velocidade (m/h)	Número considerado de espaços da correia	Número médio de espaços da correia que transporta- ram uma ou mais sementes aptas	Número médio de sementes danificadas		Número médio de sementes por espaço da correia	Captação (%)
			N ^o	%		
270	36	33,4	0,8	1,9	1,24	92,7
300	36	32,1	0,7	1,7	1,26	89,1
330	36	32,3	0,9	2,2	1,22	89,7
Média geral	-	32,7	0,8	1,9	1,24	90,5

Amostra = 36 espaços da correia / 20 observações.

Constata-se neste conjunto (Tabela 8.1) que a variável “velocidade” dentro dos parâmetros considerados (270 - 330 m/h), não influenciou significativamente a taxa de fornecimento de sementes.

A maioria dos danos ocorridos nas sementes foi do tipo amassamento, e deram-se na passagem destas pelo rotor extrator.

O segundo conjunto testado foi o de individualização utilizando-se amostras de 100 sementes introduzidas no contentor e observadas 20 vezes (Tabela 8.2).

Tabela 8.2 - Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de individualização.

Velocidade (m/h)	Número de sementes introduzidas	Número médio de sementes aptas individualizadas	Número médio de sementes danificadas	Número médio de falhas - Zero, duas ou mais
		Nº	Nº	Nº
270	100	52,4	3,6	23,2
300	100	53,1	5,1	24,6
330	100	52,8	4,4	22,8
Média geral	-	52,7	4,3	23,5

Amostra = 100 sementes / 20 observações.

Verificou-se neste conjunto o elevado percentual de sementes danificadas. São danos do tipo cisalhamento, provocados pela lâmina do dispositivo individualizador.

O conjunto de posicionamento foi testado com amostras de 100 sementes, observadas 20 vezes, introduzidas não aleatoriamente na posição VAC - Vertical com ápice para cima ou VAB - Vertical com ápice para baixo (10 observações na posição VAC e 10 observações na VAB) no canal de descarga do dispositivo individualizador (Tabela 8.3).

Tabela 8.3 - Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de posicionamento.

Velocidade (m/h)	Número de sementes introduzidas	Número médio de sementes aptas posicionadas	Número médio de sementes danificadas
		Nº	Nº
270	100	56,4	8,8
300	100	59,4	8,8
330	100	56,7	9,1
Média geral	-	57,5	8,9

Amostra = 100 sementes / 20 observações.

O aspecto que sobressai neste conjunto, assim como no anterior, é o elevado percentual de sementes danificadas. Verifica-se que, com o aumento da velocidade, aumenta também o número de bulbilhos danificados. Estes danos ocorreram na capa dos discos posicionadores e foram do tipo cisalhamento.

A baixa eficiência do conjunto deu-se devido, principalmente, ao problema de tombamento das sementes dentro das cavidades do disco O2 (Disco menor), quando introduzidas no canal na posição VAC e no canal de descarga.

O teste com o conjunto de plantio teve o objetivo de verificar a posição da semente quando da abertura da ponteira (Tabela 8.4). O procedimento utilizado foi o da introdução dos bulbilhos na posição VAC pela parte superior das ponteiras e a posterior verificação desta na abertura. A profundidade de deposição da semente não foi estudada.

Tabela 8.4 - Resumo dos dados obtidos no teste do conjunto de plantio.

Velocidade (m/h)	Número de sementes introduzidas	Número médio de sementes aptas depositadas posicionadas Nº	Número médio de sementes danificadas Nº
270	100	73,2	0,5
300	100	71,7	0,3
330	100	70,5	0,7
Média geral	-	71,8	0,5

Amostra = 100 sementes / 20 observações.

O processo de fabricação das ponteiras, através de chapas soldadas, não se mostrou o mais adequado, pela presença de superfícies não arredondadas, que prejudicaram o escorregamento das sementes no seu interior, prejudicando a eficiência do dispositivo.

Com exceção do conjunto de alimentação, verifica-se nas tabelas 8.2, 8.3 e 8.4 a baixa eficiência dos conjuntos. Os problemas apresentados nos testes e citados anteriormente, justificam estes resultados.

O próximo passo, após a avaliação individual dos conjuntos, foi o teste da máquina plantadora, ainda em bancada. Para isto, considerou-se como amostra 36 sementes em corrida de 2,19 metros (perímetro da roda de plantio) observadas 20 vezes (Tabela 8.5).

O teste foi realizado introduzindo-se 36 bulbilhos no contentor superior e, posteriormente, verificando-se o número dos liberados pelas ponteiras, posicionados e aptos para o plantio, isto é, sem danos.

Tabela 8.5 - Resumo dos dados obtidos no teste da máquina plantadora.

Velocidade (m/h)	Número esperado de sementes por corrida	Número médio de sementes por corrida		Número médio de sementes posicionadas		Número médio de sementes aptas posicionadas		Número médio de sementes posicionadas danificadas	
		N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%
270	36	12,6	35,0	8,1	22,5	7,1	19,7	1,0	12,3
300	36	12,2	33,9	7,9	21,9	7,0	19,4	0,9	11,4
330	36	13,4	37,2	7,5	20,8	6,6	18,3	0,9	12,0
Média geral	-	12,7	35,8	7,8	21,7	6,9	19,1	0,9	11,9

Corrida = 2,19 m / Amostra = 36 sementes / 20 observações.

Verificou-se na máquina o elevado número de falhas ocorridas, fazendo com que, de um número esperado de 36 sementes por corrida, houvesse uma redução para a média de 12,7 bulbilhos, em 20 observações. Estas falhas foram devidos a acavalamientos e danificações nos bulbilhos.

Das 12,7 sementes liberadas, apenas 6,9 estavam posicionadas e aptas para o plantio, isto é, 19,1% dos bulbilhos esperados.

Os resultados dos testes dos conjuntos e da máquina plantadora são mostrados na tabela 8.6.

Tabela 8.6 - Eficiências da máquina plantadora e seus conjuntos obtidas em testes de laboratório.

Conjunto	Velocidade (m/h)	Eficiência (%)
Alimentação (Ea)	270	92,7
	300	89,1
	330	89,7
Média		90,5
Individualização (Ein)	270	52,4
	300	53,1
	330	52,8
Média		52,7
Posicionamento (Ep)	270	56,4
	300	59,4
	330	56,7
Média		57,5
Plantio (Epl)	270	73,2
	300	71,7
	330	70,5
Média		71,8
Máquina Plantadora (Ep)	270	19,7
	300	19,4
	330	18,3
Média		19,1

8.2.2 - Testes de campo

Os testes de campo foram realizados no município de Itaara/RS e posteriormente junto à Estação Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis.

Num canteiro previamente preparado, com 50 metros de comprimento, utilizando-se um trator Agrale 4100 (Figura 7.28.a) foram realizados os testes no município de Itaara/RS. O primeiro teste teve o objetivo de verificar o deslocamento da roda de plantio da máquina, no terreno com textura de 34% de argila. Os resultados foram bons, uma vez que a roda não sofreu arrasto, garantindo assim um deslocamento constante no canteiro.

Dando-se continuidade aos testes, foi analisado o desempenho dos conjuntos da máquina em velocidades de trabalho superiores à especificada (300 m/h). Os primeiros problemas verificados foram o levantamento da máquina pelo sulcador, em locais com solos pouco profundos, e o tombamento das sementes dentro das ponteiras. A solução para o primeiro problema foi a mudança da forma do sulcador, com a retirada da função de subcompactação do solo (Figura 8.9). Para as ponteiras, conforme foi citado anteriormente, a solução está na adoção de processos de fabricação (como o forjamento e a fundição) que permitam o arredondamento das suas superfícies internas.

No decorrer dos testes outros problemas foram verificados, como o elevado número de sementes danificadas pela máquina, principalmente no dispositivo posicionador, devido à excessiva velocidade de trânsito utilizada nos testes (1,24 km/h - 1ª reduzida / Trator Agrale 4100) e o amassamento das extremidades inferiores das ponteiras, provocando a retenção dos bulbilhos.

Figura 8.9 - Sulcador redesenhado.

Posteriormente, utilizando-se dos mesmos procedimentos adotados em Itaara/RS, foi realizado um teste, na Estação Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina, com os objetivos de verificar-se o comportamento da máquina em terreno com solo do tipo arenoso (Areia Quartzosa Hidromórfica) e o desempenho à velocidade de trabalho estabelecida, de 300 m/h, obtida ao utilizar-se um protótipo de microtrator (Laboratório de Projetos - Universidade Federal de Santa Catarina).

Novamente, a roda de plantio não sofreu arrasto, garantindo um deslocamento constante no canteiro.

Assim como nos testes em laboratório e, posteriormente, em Itaara/RS, os resultados obtidos do desempenho da máquina apresentaram baixa eficiência (Tabela 8.7).

Tabela 8.7 - Resultados dos testes de campo realizados com a máquina plantadora.

Amostra	Número de sementes depositadas nas covas		Número de sementes aptas depositadas nas covas na posição VAC		Número de sementes aptas depositadas na posição VAC e em profundidade de 60 a 80 mm	
	N ^o	%	N ^o	%	N ^o	%
1	12	33,3	6	16,6	6	16,6
2	10	27,8	5	13,9	4	11,1
3	11	30,5	5	13,9	5	13,9
4	10	27,8	5	13,9	4	11,1
5	11	30,5	6	16,6	6	16,6
6	14	38,9	8	22,2	7	19,4
7	12	33,3	7	19,4	7	19,4
8	10	27,8	6	16,6	6	16,6
9	9	25,0	4	11,1	4	11,1
10	12	33,3	6	16,6	5	13,9
Média	11,1	30,83	5,8	16,1	5,4	15,0

Amostra = 36 sementes / Corrida = 2,19 M

O elevado número de falhas ocorridas nos conjuntos reduz o número esperado de sementes de 36 para 11,1, em média, de 10 observações. Destas 11,1 sementes, apenas 5,4 estão aptas para plantio, na posição VAC e dentro da faixa requerida de profundidade de 60 a 80 mm, resultando na eficiência de 15% para a máquina plantadora.

8.3 - Avaliação do projeto da máquina plantadora em relação aos requisitos estabelecidos.

Uma vez finalizadas as etapas de testes e reprojeto da máquina, pode-se

fazer uma análise global do desempenho do protótipo, verificando-se o atendimento dos requisitos de projeto, inicialmente propostos, e o cumprimento dos objetivos que levaram à sua construção. Os requisitos que ainda não foram totalmente atendidos deverão ser alvo de estudos posteriores, com vistas ao aprimoramento do protótipo.

A avaliação do atendimento dos requisitos de projeto abrange os seguintes parâmetros:

a) Densidade, posição e profundidade de plantio

A máquina plantadora permite o plantio de sementes com espaçamento de 80 mm entre si na linha, com possibilidade de afastamentos de 250 mm, utilizando-se como referência a largura do módulo construído, que possui 230 mm de largura. Assim, é possível o plantio de sementes em uma ou mais linhas.

Quanto à profundidade de plantio, as sementes são depositadas em profundidades entre 60 e 80 mm abaixo da superfície do solo, conforme mostra a tabela 8.7 atendendo a requisito estabelecido. Das 5,8 sementes, em média plantadas na posição VAC, 5,4 estavam depositadas dentro da faixa de profundidade requerida, representando 93,10% de eficiência.

Considerando-se que semente plantada em posição diferente da VAC pode significar a perda total desta, afetando a produtividade (kg/ha), ou a diminuição do valor comercial do bulbo, conclui-se que deverão ser realizados aperfeiçoamentos na máquina, visando aumentar a sua eficiência.

b) Velocidade de operação

O requisito estabelecido para a máquina, de operar em pequenos e médios

tratores nacionais, não pode ser atendido. O funcionamento dos mecanismos desenvolvidos limita a velocidade de operação a, aproximadamente, 300 m/hora.

O problema que ocorreu na máquina em velocidades muito maiores que a nominal foi a danificação por cisalhamento das sementes no dispositivo posicionador (em média 8,9%).

c) Integridade da semente

O aprimoramento dos dispositivos, principalmente o de posicionamento, poderá reduzir o número de bulbilhos danificados, pois a taxa atual de 11,9% é muito alta, considerando-se o alto preço da semente e a consequente perda de produtividade por hectare, que poderá passar de 6.000 kg/ha para 5.286 kg/ha.

d) Operacionalidade

A possibilidade da utilização de um operador com um mínimo de experiência no manejo da máquina, necessitando fazer apenas o controle da quantidade de sementes no contentor foi um requisito não atendido, pois existem as necessidades de reabastecimento e verificação de possíveis acavalamentos de sementes no canal de descarga do dispositivo individualizador durante a operação com o trator exigindo, portanto, um segundo operador para o total controle da operação.

e) Segurança do operador e ergonomia

Capas em plástico reforçado com fibra de vidro cobrem os mecanismos que apresentam maiores riscos à segurança do operador.

A máquina é suspensa no trator por três pontos. Devido ao peso relativamente baixo (300 kg com 5 módulos) o implemento pode ser manobrado por dois homens, quando do acoplamento ao trator.

A remoção dos módulos, fixados à barra de sustentação através de parafusos, facilita o acesso às diferentes partes dos conjuntos.

f) Peças e materiais normalizados

A máquina utiliza alguns elementos normalizados e materiais comerciais, de uso comum, em peças soldadas, torneadas, dobradas, coladas ou parafusadas. Como a concepção possui dispositivos inéditos, a maioria das peças não é encontrada pronta no mercado exigindo, portanto, a sua construção.

g) Sistemas simples

Uma verificação no protótipo conduz à conclusão de que o mesmo apresenta algumas peças de relativa complexidade nas suas construções, exigindo uma infraestrutura com processos de fundição, torneamento, etc. Contudo pode-se dizer que a máquina é de fabricação relativamente simples, pois os processos usados em sua construção já são amplamente difundidos na área de construção metal-mecânica.

h) Custo de aquisição

O objetivo previsto para o custo de aquisição da máquina é de que esta seja acessível ao produtor brasileiro. Este grau de acessibilidade é de difícil definição mas, sabendo-se que a maioria dos prováveis usuários da máquina possui um

trator e implementos como grade, arado e outros, parte-se do princípio de que, considerando-se os materiais utilizados na construção do protótipo e estimando-se os custos do processo de fabricação, montagem e administrativos, o preço de US\$ 5.500,00 para a máquina com 5 módulos é acessível.

i) Resistência à corrosão superficial

A máquina apresenta pintura protetora sobre a maioria das partes sujeitas à corrosão superficial mas, devido ao elevado número de peças móveis e em contato direto com outras ou com o solo, como a embreagem do disco posicionador e as ponteiros de plantio, o indicado seria a utilização de materiais mais adequados às condições de uso do implemento.

A disposição dos dispositivos e algumas peças móveis na concepção da máquina dificultam a proteção contra a poeira e o barro.

j) Densidade espacial

O módulo apresenta as seguintes dimensões limites: comprimento - 1650 mm, largura - 230 mm e altura - 1370 mm, o que dá ao conjunto de cinco linhas uma aparência bastante compacta.

k) Manutenibilidade

A manutenção é realizada com peças facilmente removíveis, utilizando-se ferramentas usuais e de fáceis obtenções no comércio, não exigindo pessoal especializado. Devido ao pequeno afastamento entre os cinco módulos da

máquina, o acesso direto às peças fica impossibilitado sem que haja a remoção do módulo.

8.4 - Sugestões para melhoramentos

A análise crítica, apresentada nas seções anteriores, permite que sejam feitas algumas observações com o objetivo de melhorar a qualidade do projeto, isto é, aumentar o grau de atendimento aos requisitos apresentados.

Um dos pontos que devem ser reavaliados na máquina diz respeito aos conjuntos individualizador e posicionador, que apresentam dispositivos mecânicos de baixa eficiência. Conforme visto anteriormente, a opção por dispositivos mecânicos deu-se a partir do conhecimento de características e aspectos culturais dos produtores de alho e usuários da máquina, sabendo-se das vantagens que estes dispositivos oferecem quanto à simplicidade de construção e decorrente facilidade de manutenção. Os testes com os componentes reprojatados dos conjuntos individualizador e posicionador, mostraram não ser esta a melhor alternativa para a máquina plantadora.

Os dispositivos individualizador e posicionador, desenvolvidos neste trabalho, utilizam para o seu funcionamento, como parâmetro, as dimensões da semente de alho da cultivar Quitéria, retida na malha 15 x 25 mm, por esta apresentar uma definição de forma. Porém, no decorrer dos testes observou-se que, apesar da semente manter a mesma forma em diferentes amostras, as suas dimensões apresentam grandes variações dentro da mesma classificação (Bulbo Tipo 5 - malha 15 x 25 mm), em função, principalmente, da tecnologia utilizada pelo produtor, reduzindo com isto a eficiência do conjunto. A criação de outras classificações, a partir da malha 15 x 25 mm, exigirá a adaptação dos dispositivos a estas.

A utilização de sistemas pneumáticos em dispositivos individualizadores, menos sensíveis às variações de tamanho da semente, apesar do custo mais alto e complexidade de construção, poderão melhorar a eficiência da máquina plantadora, com vantagens para o consumidor.

Em relação ao dispositivo posicionador verificou-se que o seu princípio de funcionamento é válido mas, mesmo com a presença de ápice saliente na semente, o mecanismo necessita de maior precisão na sua construção para permitir a perfeita captação do bulbilho.

A substituição do disco de embreagem por sensores fotoelétricos, com maior capacidade de detecção do ápice do bulbilho, apesar da sensibilidade às condições a que o equipamento será exposto, acionando sistema pneumático para a retenção e ejeção da semente das cavidades dos discos do dispositivo posicionador, poderá ser outra alternativa de solução para o problema.

Estudos agrônômicos devem ser realizados, para verificar-se das vantagens na utilização pelo dispositivo posicionador de sementes pré-germinadas, de fácil captação pela presença de ápice mais saliente. Assim, sementes de diferentes cultivares de alho poderão ser utilizadas na máquina atual, sem uma preocupação maior com precisão de mecanismos.

Através dos testes, verificou-se que o princípio de funcionamento da roda de plantio é viável, mas novos desenvolvimentos poderão ser realizados, prevendo aperfeiçoamentos, como exemplos:

a) a robustez do dispositivo para abertura e fechamento das ponteiras deverá ser reestudada, evitando-se a sua frequente quebra, conforme mostrado nos testes de campo;

b) o controle de profundidade de penetração da ponteira no solo poderá ser realizado por ela mesma, sem a necessidade da presença do anel externo;

c) a utilização de chapas dobradas e soldadas na construção das ponteiras do protótipo não é adequada, exigindo-se novos estudos para a sua construção e

d) a abertura das ponteiras em sentidos alternados opostos, reduz o risco de penetração de objetos entre elas.

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO SISTEMA MECANIZADO PARA A CULTURA DO ALHO

9.1 - Introdução

Considerando-se que o enfoque do presente trabalho não é restrito apenas à máquina plantadora, mas ao conjunto de máquinas que, atuando de forma integrada, compõem o sistema mecanizado para a cultura do alho, este capítulo apresenta a avaliação econômica deste sistema.

Tal análise justifica-se pois, além do aspecto de inovação tecnológica que alguns dos equipamentos desenvolvidos neste trabalho contêm, existe a necessidade de julgar se o sistema proposto oferece algum retorno ante as alternativas de produção hoje disponíveis ao produtor. Sendo assim, é vital o estudo sobre a viabilidade econômica do sistema mecanizado e sua influência sobre a cultura do alho.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos junto ao Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina - CEPA/SC que, periodicamente, publica um folheto com os custos de produção dos principais produtos agropecuários do Estado. Estes dados são coletados mensalmente, baseados nos coeficientes técnicos mostrados no Capítulo II (Tabela 2.7), junto aos produtores de Curitiba/SC e referendados pela Associação Nacional dos Produtores de Alho - ANAPA, para utilização pelos demais produtores do país.

O município de Curitiba e região, como foi citado anteriormente neste trabalho, apresenta a cultura com um sistema de produção bem caracterizado, obtendo rendimentos compatíveis com a média mundial, além de possuir um produto de qualidade similar ao importado pelo Brasil.

Na região deste município, vários produtores estão utilizando a irrigação na lavoura. Esta prática tem, em geral, aumentado a produtividade. Por não ter a sua utilização generalizada a todas as propriedades produtoras, os custos inerentes a tal operação não foram incluídos neste estudo.

O sistema de custeio da produção, utilizado pelo Instituto CEPA/SC, considera como propriedade padrão aquela que cultiva uma área média de 2,5 ha e obtém um rendimento médio de 6.000 kg/ha, possuindo uma estrutura composta de custos fixos e variáveis, que formam o custo total de produção.

São considerados como custos fixos:

- a. Manutenção de benfeitorias - depreciação;
- b. Valor da terra - remuneração;
- c. Juros sobre o custeio da produção;
- d. Investimento em maquinário - depreciação;
- e. Impostos e taxas e
- f. Administração.

Os custos variáveis foram agrupados em:

- a. Insumos;
- b. Serviços manuais;
- c. Serviços mecânicos e
- d. Outros custos variáveis, que compreendem: despesas gerais, assistência técnica, seguros da produção, custos financeiros e despesas de comercialização.

A análise econômica, apresentada neste capítulo, baseou-se no trabalho realizado por Éverton LORETO [38] sob o título “Análise de custos equivalentes das alternativas para o plantio de alho (*Allium sativum* L.)”.

LORETO realizou uma análise econômica das alternativas para a operação de plantio do alho, comparando os sistemas existentes, manual, semi-automático e o automático, proposto neste trabalho, através da máquina plantadora.

De posse do custo total, LORETO determinou o ponto de equilíbrio (PE), definido como aquele em que o custo total é igual à receita total, concluindo que a viabilidade econômica da máquina plantadora está na dependência dos custos de produção e, logicamente, do preço de venda do alho.

9.2 - Análise econômica do sistema mecanizado para a cultura do alho

A sistemática a ser utilizada nesta análise será a mesma de LORETO, estimando-se os coeficientes técnicos com base nos utilizados na tabela 2.7, considerando-se os requisitos estabelecidos nos projetos e em parâmetros decorrentes das eficiências obtidas em testes dos protótipos das máquinas desenvolvidas para o sistema mecanizado, isto é, as máquinas debulhadora, colhedora, beneficiadora e classificadora de bulbos e a plantadora de sementes de alho (Tabela 9.1).

A seguir, são feitas considerações sobre alguns dos requisitos e parâmetros das máquinas citadas.

Máquina debulhadora de bulbos [27]:

a) Capacidade de debulha: o requisito inicial para esta máquina foi o de obter uma capacidade de debulha de, aproximadamente, 50 kg/h. Com o protótipo

construído, obteve-se uma capacidade de, aproximadamente, 60 kg/h, portanto, superior à requisitada.

b) Não danificar os bulbilhos: eram previstas até 5% de perdas por danos mecânicos. Nos testes, 3,4% do total de bulbilhos resultaram danificados, dependendo da qualidade e do tipo de alho.

Previendo estas perdas, deve-se acrescentar à quantidade considerada para plantio 26 kg, totalizando 776 kg, ao invés dos 750 kg de bulbos utilizados para a operação manual de debulha.

c) Separação da palha: o requisito inicial do projeto foi o de separar a maior quantidade de palha possível. Nos testes do protótipo, conseguiu-se separar aproximadamente 95% do total de palha.

d) Dispensar o controle de operador: o protótipo construído mostrou a necessidade de manter um operador revisando eventualmente os diferentes módulos da máquina. Sendo assim, para 776 kg de sementes a debulhar serão necessárias, aproximadamente, 13 horas de operação da máquina e o consequente acompanhamento, por igual período, do operador.

e) Custo: depois de concluído o protótipo, foi feita uma análise de custo, obtendo-se um preço de venda da máquina em torno de US\$ 2.000,00.

Máquina plantadora de bulbilhos:

a) Capacidade de plantio: considerando-se a velocidade de 300 m/h como a mais adequada para a máquina plantadora, a capacidade aproximada de plantio é de 18.500 bulbilhos/hora distribuídos em cinco linhas.

Nos testes realizados, a eficiência foi de 19,1%. Portanto, a produtividade esperada de 6.000 kg será reduzida em 4.854 kg, totalizando 1.146 kg/ha.

b) Custo: considerando-se os materiais utilizados na construção e estimando-se os custos do processo de fabricação, montagem e administrativos, o

preço da máquina com 5 módulos, para o produtor de alho, deve ficar em US\$ 5.500,00.

Tabela 9.1 - Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitiba com máquinas componentes do sistema mecanizado, por hectare, para uma produtividade de 6.000 kg/ha.

CUSTOS VARIÁVEIS		
INSUMOS	UNID. REF.	QUANTIDADE
Sementes		kg 776
Calcário		kg 1.200
Adubo corretivo		kg
Adubo base		kg 5
Herbicida		kg 2
Inseticida		l 1
Fungicida Tipo 1		kg 6
Fungicida Tipo 2	l	1
Fungicida Tipo 3		kg
Embalagens		cx 600
CUSTOS DE MECANIZAÇÃO		
Aração	h/Tr	7.0
Gradagem	h/Tr	6.0
Distribuição do calcário	h/Tr	0.4
Incorporação do calcário	h/Tr	0.3
Distribuição e incorporação do adubo corretivo	h/Tr	1.5
Construção de canteiros	h/Tr	3.0
Transporte interno	h/Tr	
5.0		
Debulha	h/Máq	13.0
Classificação de bulbilhos	h/Máq	13.0
Plantio	h/Tr	20.0
Colheita	h/Tr	2.0
Beneficiamento e classificação	h/Máq	108
SERVIÇOS MANUAIS		
Distribuição e incorporação de corretivos	d/h	1.0
Adubação de base e cobertura	d/h	5.0
Desinfecção	d/h	1.6
Plantio	d/h	2.5
Capina	d/h	50.0
Aplicação de defensivos	d/h	25.0
Estaleiramento	d/h	
20.0		
Beneficiamento e classificação	d/h	13.5
Embalagem	d/h	20.0
OUTROS CUSTOS VARIÁVEIS		
Despesas de comercialização		
Custos financeiros		

Seguros da produçãoAssistência técnicaDespesas gerais

h/Tr = hora/trator d/h = dia/homem - jornada de 8 horas/dia h/Máq = hora/máquina

Máquina colhedora de bulbos [28]:

Devido ao fato do protótipo da colhedora não ter sido construído, foi realizada uma análise restrita àqueles requisitos possíveis de serem avaliados a nível de projeto detalhado.

a) Capacidade de colheita: o processo de projeto do sistema de acionamento da máquina foi realizado considerando-se a velocidade de 3 km/h para a máquina, sendo necessárias, aproximadamente, 2 horas para percorrer os 5.900 metros, correspondentes ao comprimento total dos canteiros, para plantio de 1 hectare de sementes. Como o protótipo não foi construído, não existe a possibilidade de determinação, para esta máquina, da sua capacidade de manter a integridade dos bulbos do alho.

b) Custo: obteve-se ao final do projeto detalhado um custo de, aproximadamente, US\$ 1.604,00 referente aos materiais necessários; porém, para efeito de cálculo do custo total, considerando-se os outros custos relacionados tanto ao processo de fabricação e montagem como os custos administrativos, ambos absolutamente singulares para uma determinada empresa, pode-se estimar um preço de venda ao consumidor de, aproximadamente, US\$ 3.000,00.

Máquina beneficiadora e classificadora de bulbos [29]:

a) Capacidade de beneficiamento e classificação: estabelecida como requisito em projeto e posteriormente obtida em protótipo, a máquina possui uma capacidade de beneficiamento e classificação de 70 kg/h de bulbos. Como a concepção da máquina é de alimentação manual, desconsiderando-se a eficiência da máquina plantadora, para uma colheita de 6.000 kg/ha de bulbos, serão

necessárias, aproximadamente, 86 horas de operação da máquina e consequente utilização de mão de obra para alimentação.

Nos testes, verificou-se que o conjunto que apresentou menor eficiência foi o corte de raiz com 69%. Porém, como as condições do alho para experimento não eram as ideais, devido à realização dos testes ter-se dado fora da época de colheita da cultivar, os bulbos utilizados não reproduziam as condições reais de aplicação. Portanto, este percentual tende a aumentar com a utilização de bulbos adequados, podendo-se considerar a eficiência da máquina em 75%. O retrabalho nas operações de beneficiamento e classificação será de 1.500 kg de bulbos totalizando, aproximadamente, 108 horas de trabalho de máquina e operador alimentador.

b) Danificação dos bulbos: considerando-se as condições dos testes citadas anteriormente, 5% da amostra empregada apresentou danos mecânicos, tornando 300 kg de bulbos inviáveis para a comercialização “in natura,” restando a utilização industrial.

c) Custo: assim como nas demais máquinas, um estudo aprofundado sobre o custo final do projeto não foi realizado, mas estima-se um preço de venda de, aproximadamente, US\$ 2.500,00.

A comparação entre os coeficientes do sistema de produção empregado em Curitiba, com o sistema mecanizado, e o manual, atualmente utilizado, é mostrada na tabela 9.2.

Verifica-se que, com a introdução das máquinas, aumentam as perdas por danos nas sementes, significando um acréscimo de 26 kg na quantidade destas a utilizar na operação de debulha.

Além da necessidade de uma quantidade maior de sementes, aumentam também em relação ao sistema manual de produção, as horas de operação com o

trator em 22 h/Tr. Este acréscimo ocorre, devido à mecanização das operações de plantio e colheita.

As máquinas de debulha, beneficiamento e classificação de bulbos geram 134 h/Máq. Neste processo de mecanização da cultura, a incidência de mão-de-obra é reduzida em 110,4 d/h.

Tabela 9.2 - Coeficientes técnicos do sistema de produção do alho empregado em Curitiba com máquinas componentes do sistema mecanizado e manual, por hectare, para uma produtividade de 6.000 kg/ha.

	Sistema Mecanizado		Sistema Manual	
CUSTOS VARIÁVEIS				
INSUMOS	UNID. REF.	QUANTIDADE		DIFERENÇA Pró-sistema
Mec.				
Sementes	kg	776	750	+ 26 kg
Calcário	kg	1.200	1.200	-
Adubo corretivo	kg	200	200	-
Adubo base	kg	500	500	-
Herbicida	kg	2	2	-
Inseticida	l	1	1	-
Fungicida Tipo 1	kg	6	6	-
Fungicida Tipo 2	l	1	1	-
Fungicida Tipo 3	kg	3	3	-
Embalagens	cx	600	600	-
CUSTOS DE MECANIZAÇÃO				
Aração	h/Tr	7.0	7.0	-
Gradagem	h/Tr	6.0	6.0	-
Distribuição do calcário	h/Tr	0.4	0.4	-
Incorporação do calcário	h/Tr	0.3	0.3	-
Distribuição e incorporação do adubo corretivo	h/Tr	1.5	1.5	-
Construção de canteiros	h/Tr	3.0	3.0	-
Transporte interno	h/Tr	5.0	5.0	-
Debulha	h/Máq	13.0	-	+13.0h/Máq.
Classificação de bulbilhos	h/Máq	13.0	-	+13.0 h/Máq.
Plantio	h/Tr	20.0	-	+20.0 h/Tr.
Colheita	h/Tr	2.0	-	+2.0 h/Tr.
Beneficiamento e classificação	h/Máq	108	-	+108.0 h/Máq.
SERVIÇOS MANUAIS				
Sulcamento	d/h	-	6.0	- 6.0 d/h
Distribuição e incorporação de corretivos	d/h	1.0	1.0	-

Adubação de base e cobertura	d/h	5.0	5.0	-
Desinfecção de bulbilhos	d/h		1.6	-
				+1.6 d/h
Debulha, seleção e desinfecção	d/h		-	32.0
				-
				32.0 d/h
Plantio	d/h	2.5	40.0	-37.5 d/h
Capina	d/h	50.0	50.0	-
Aplicação de defensivos	d/h	25.0	25.0	-
Colheita, beneficiamento, classificação e embalagem	d/h	-	90.0	-90,0 d/h
Estaleiramento	d/h	20.0	-	+20.0 d/h
Beneficiamento e classificação	d/h		13.5	-
				+13.5 d/h
Embalagem	d/h	20.0	-	+20.0 d/h
OUTROS CUSTOS VARIÁVEIS		-	-	

h/Tr = hora/trator d/h = dia/homem - jornada de 8 horas/dia h/Maq = hora/máquina

Como o custo total de produção por hectare apresentou grandes variações no período considerado para estudo, de janeiro de 1980 a dezembro de 1996 (Ministério da Agricultura lançou o PLANALHO em 1979), a análise econômica foi realizada sob um enfoque probabilístico, utilizando 96 registros e contemplando cenários diferentes, amenizando a incerteza que uma análise pontual teria. Os cenários foram construídos com os valores do custo total de produção por hectare, em dólar, dando origem à tabela 9.3. O cenário 1 apresenta um custo total de produção por hectare na faixa de US\$ 2.509,54 a US\$ 4.816,10, com um ponto médio de US\$ 3.662,82. Representa um custo baixo de produção por hectare e tem 35,42% de probabilidade de ocorrência. O cenário 2 representa um custo médio de produção por hectare compreendido entre US\$ 4.816,11 a US\$ 7.122,66, com um ponto médio de US\$ 5.969,39 e probabilidade de ocorrência de 47,92% e o 3 representa um custo de produção elevado, numa faixa mais ampla, que vai de US\$ 7.122,67 a US\$ 16.348,92, com um ponto médio de US\$ 11.735,80 e probabilidade de ocorrência de 16,67%.

Tabela 9.3 - Tabela de frequência dos custos totais no sistema manual de produção do alho por hectare, em dólar, de janeiro de 1980 a dezembro de 1996, para uma produtividade de 6.000 kg/ha.

Cenário Percentual cenário (%)	Classe	Limite inferior	Limite superior	Custo médio da classe	Ponto médio do cenário	Número da observações	Percentual do classe (%)
1 35,42	1	2.509,54	4.816,10	3.662,82	3.662,82	34	35,42
2 47,92	2	4.816,11	7.122,66	5.969,38	5.969,38	46	47,92
3 16,67	3	7.122,67	9.429,22	8.275,95	11.735,80	4	4,17
	4	9.429,23	11.735,79	10.582,51		10	10,42
	5	11.735,80	14.042,35	12.889,07		1	1,04
	6	14.042,36	16.348,92	15.195,64		1	1,04

Como os dados existentes são baseados no sistema manual de produção e servirão de base para projetar-se o sistema mecanizado proposto, para cada um dos 3 cenários fez-se uma análise das parcelas componentes do custo total (custos fixo e variável), procurando-se identificar as características particulares que possuem.

O cenário 1 apresentou os seguintes resultados, expressos como participação percentual sobre o custo total médio de produção (US\$ 3.662,82):

US\$ 3.662,82 (100%) = Custo fixo (12,42%) + Custo variável (87,58%)

- Sementes..... 32,91%
- Outros insumos..... 17,85%
- Serviços manuais..... 23,24%
- Serviços mecânicos..... 6,40%

- Outros custos variáveis..7,18%

Custo total variável 87,58%

Para o cenário 2 (US\$ 5.969,38) , obteve-se os seguintes valores:

US\$ 5.969,38 (100%) = Custo fixo (11,94%) + Custo variável (88,06%)

- Sementes..... 40,22%

- Outros insumos..... 12,39%

- Serviços manuais..... 20,49%

- Serviços mecânicos..... 4,75%

- Outros custos variáveis 10,21%

Custo total variável 88,06%

Para o cenário 3 (US\$ 11.735,80), os resultados são os seguintes:

US\$ 11.735,80 (100%) = Custo fixo (14,19%) + Custo variável (85,81%)

- Sementes..... 42,20%

- Outros insumos..... 10,58%

- Serviços manuais..... 15,27%

- Serviços mecânicos..... 3,85%

- Outros custos variáveis 13,91%

Custo total variável 85,81%

Em função dos custos envolvidos ocorrerem no decorrer do ano e em meses bem determinados, optou-se por desenvolver um fluxo de caixa anual com períodos mensais, contemplando os custos nos meses em que ocorreram e corrigindo-os para valor futuro (para o mês de dezembro, ou seja, período 12), isto para os três cenários de custo total.

O método do custo anual [39], foi utilizado como base neste estudo, pois possibilita a tomada de decisão entre as alternativas propostas (sistema manual ou mecanizado). Neste método, a comparação dá-se pela redução de cada fluxo de caixa a uma série uniforme equivalente e, através dos valores obtidos, pode-se efetuar a decisão pela opção de menor custo anual. As receitas não foram consideradas, pois espera-se que, dentro de cada cenário, sejam idênticas para as alternativas. A taxa mínima de atratividade utilizada foi de 6,0% ao ano (caderneta de poupança). A vida útil esperada para as máquinas que compõem o sistema mecanizado é de 10 anos.

As planilhas de custos foram desenvolvidas considerando-se os coeficientes técnicos para cada alternativa de produção do alho (manual e mecanizada) em cada cenário, para diferentes áreas de plantio (1, 2, 3, 4, 5, 7,5 e 10 hectares). Os custos fixos e os outros custos variáveis não foram considerados para o cálculo destas planilhas de custos, pois são idênticas para ambas as alternativas, dentro de um mesmo cenário.

Os fluxos de caixa anuais com períodos mensais são originários das despesas no decorrer do ano, conforme mostram de forma esquemática as figuras 9.1 e 9.2 para os sistemas manual e mecanizado de produção do alho, respectivamente. Os gastos, com os respectivos meses em que ocorrem, são:

- I 1 = compra de alho-semente, (abril);
- I 2 = compra de calcário, (março);
- I 3 = compra de adubo e corretivo, (março);
- I 4 = compra de adubo base, (março);
- I 5 = compra de herbicida, (março);
- I 6 = compra de fungicida, (março);
- I 7 = compra de inseticida, (março);
- I 8 = compra de embalagem, (março);
- T1 = aração, (abril e maio);
- T2 = gradagem, (abril e maio);
- T3 = distribuição do calcário, (junho e julho);
- T4 = incorporação do calcário, (junho e julho);
- T5 = distribuição do adubo corretivo, (junho e julho);
- T6 = construção de canteiros, (junho e julho);

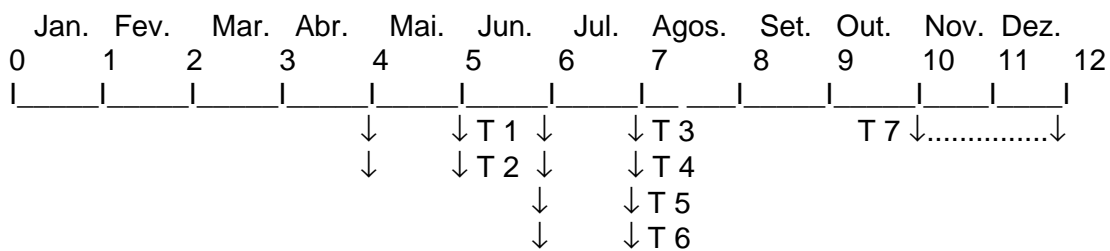
- T7 = transporte interno, (outubro, novembro e dezembro);
- T8 = plantio (alternativa de operações mecanizadas - plantio e sulcamento), (junho e julho) ;
- T9 = colheita (alternativa de operação mecanizada), (janeiro e fevereiro);
- Máq. 1 = debulha (alternativa de operação mecanizada), (junho e julho);
- Máq. 2 = classificação de bulbilhos (alternativa de operação mecanizada);
- Máq. 3 = beneficiamento e classificação de bulbos (alternativa de operações mecanizadas), (janeiro e fevereiro);
- M1 = sulcamento, (junho e julho);
- M2 = distribuição e incorporação de corretivos, (junho e julho);
- M3 = adubação de base e cobertura, (junho e julho);
- M4 = debulha, classificação e desinfecção de bulbilhos, (junho e julho);
- M5 = desinfecção de bulbilhos (alternativa de operação de debulha mecanizada), (junho e julho);
- M6 = plantio, (junho e julho);
- M7 = plantio (alternativa de operação de plantio mecanizada), (junho e julho);
- M8 = capina, (agosto, setembro, outubro e novembro);
- M9 = aplicação de defensivos (agosto, setembro, outubro e novembro);
- M10 = estaleiramento (alternativa de colheita mecanizada), (janeiro e fevereiro);
- M11 = beneficiamento, classificação (alternativa de operações mecanizadas) e embalagem, (fevereiro e março)
- M12 = colheita, beneficiamento, classificação e embalagem, (janeiro, fevereiro e março).

Os três fluxos representam, respectivamente, gastos com insumos, serviços mecânicos e serviços manuais. Os números acima, de cada fluxo, representam os meses em que eles ocorrem.

Insumos - I

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				↓ 12	↓ 11								
				↓ 13									
				↓ 14									
				↓ 15									
				↓ 16									
				↓ 17									
				↓ 18									

Trator - T



Mão de Obra - M

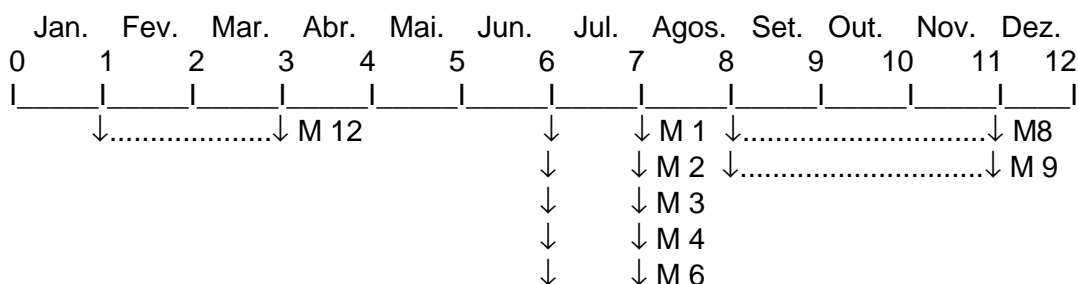
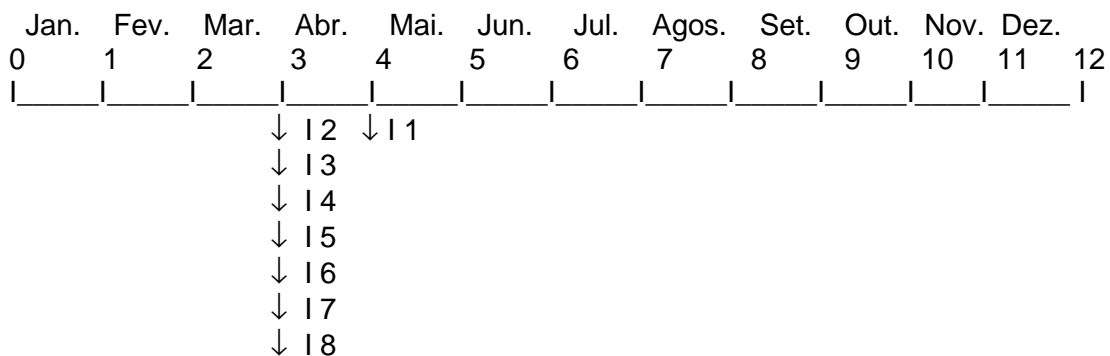
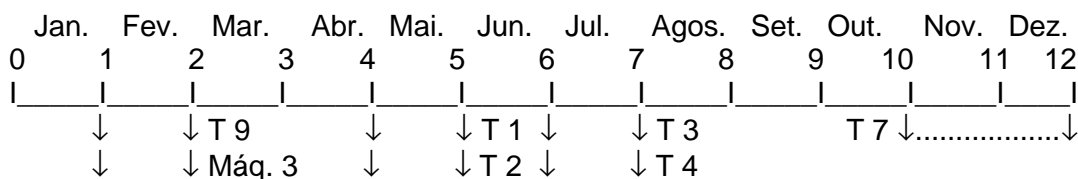


Figura 9.1 - Fluxo de caixa anual para insumos, serviços mecânicos e serviços manuais com sistema manual de produção.

Insumos - I



Trator - T
Máquina - Máq.



↓
↓
↓
↓
↓

↓ T 5
↓ T 6
↓ T 8
↓ Máq. 1
↓ Máq. 2

Mão de Obra - M

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	↓											
		↓ M 10				↓	↓ M 2	↓.....			↓ M 8	
		↓	↓ M 11			↓	↓ M 3	↓.....			↓ M 9	
						↓	↓ M 5					
						↓	↓ M 7					

Figura 9.2 - Fluxo de caixa anual para insumos, serviços mecânicos e serviços manuais com sistema mecanizado de produção.

Um exemplo da planilha de custo, com as operações de plantio de bulbilhos, debulha, colheita, beneficiamento e classificação de bulbos manuais (sistema manual), é mostrado na tabela 9.4. As demais planilhas são mostradas no anexo 3.

Tabela 9.4 - Planilha de custo (genérica), por hectare, para sistema manual de produção, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha.

Custo total	3.662,82
Custo fixo	454,92
Custo variável	3.207,90
- Custo das sementes	1.205,43
- Custo dos demais insumos	653,81
- Custo dos serviços mecânicos	234,42

- Custo dos serviços manuais
851,24

Custo variável parcial
2.994,90

US\$

- Custo dos outros variáveis
262,99

Custo dos insumos (I)
1.859,25

- Custo das sementes (I 1) (Abril) -
US\$1.205,43
- Custo dos demais insumos (I 2 ++ I 8) (Março) - US\$
653,81

Custos dos serviços mecânicos (T)
234,42

- Custo de aração (T 1) (Abril e maio) - US\$
70,73
- Custo de gradagem (T 2) (Abril e maio) - US\$
60,63
- Custo de distribuição de calcário (T 3) (Abril e maio) - US\$
4,04
- Custo de incorporação de calcário (T 4) (Abril e maio) - US\$
3,03
- Custo de distribuição e incorporação de corretivos (T 5) (Abril e maio) - US\$
15,16
- Custo de construção de canteiros (T 6) (Abril e maio) - US\$
30,31
- Custo de transporte interno (T 7) (Outubro, novembro e dezembro) - US\$
50,52

Custos dos serviços manuais (M)
851,24

- Custo de sulcamento (M 1) (Junho e julho) - US\$
20,51
- Custo de distribuição e incorporação de corretivos (M 2) (Junho e julho) - US\$
3,42
- Custo de distribuição de adubação de base e cobertura (M 3)
(Junho e julho) - US\$ 17,09
- Custo de debulha, classificação e desinfecção de bulbilhos (M 4)
(Junho e julho) - US\$
109,40
- Custo de plantio (M 6) (Junho e julho) - US\$
136,75
- Custo de capina (M 8) (Agosto, setembro, outubro e novembro) - US\$
170,93
- Custo de aplicação de defensivos (M 9)
(Agosto, setembro, outubro e novembro) - US\$
85,47

- Custo de colheita, beneficiamento, classificação e embalagem (M12)
(Janeiro, fevereiro e março) - US\$ 307,60

Os valores mensais dos componentes do custo variável parcial (custos dos insumos, serviços mecânicos e manuais) desembolsados pelo produtor, transferidos para o mês 12 (dezembro) e corrigidos a uma taxa de juros de 6,0% a.a. (taxa mínima de atratividade para o produtor de alho - caderneta de poupança) são mostrados na tabela 9.5.

Tabela 9.5 - Custos mensais corrigidos a uma taxa de 6,0% a.a. para o mês de dezembro, para o sistema manual de produção, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha.

- Custo das sementes	(I 1) x FC 1: US\$	
1.252,50		
- Custo dos demais insumos	+ (I 2 I 8) x FC 2: US\$	
	682,57	
- Custo de aração e gradagem	+ (T 1 + T 2) x FC 3: US\$	
135,95		
- Custo de distribuição e incorporação de calcário e corretivos e construção de canteiros	+ (T 3 T 6) x FC 4: US\$	
	53,85	
- Custo de transporte interno	+ (T 7) x FC 5: US\$	
50,75		
- Custo de sulcamento, distribuição de corretivos, adubação de base e cobertura, incorporação de corretivos, debulha, classificação e desinfecção de bulbilhos e plantio	+ (M 1 M 7) x FC 7: US\$	
294,34		
- Custo de capina e aplicação de defensivos	+ (M 8 + M 9) x FC 8: US\$	
	259,60	
- Custo de colheita, beneficiamento, classificação e embalagem	+ (M 12) x FC 10: US\$	
334,54		
		US\$
3.064,10		
Custo parcial anual		US\$
2.994,00		

Custo parcial anual corrigido a uma taxa de 6,0% a.a. **US\$**
3.064,10

Os termos denominados como FC's representam os fatores de correção para cada parcela, levando-se em consideração o mês em que ocorreram no ano e transportando-os para o período 12 (Dezembro).

9.2.1 - Resultados obtidos para o sistema manual de produção do alho

Os resultados obtidos para o custo parcial anual corrigido da alternativa, utilizando-se o sistema manual, para cada cenário, foram:

- Cenário 1: US\$ 3.064,10
- Cenário 2: US\$ 4.834,26
- Cenário 3: US\$ 8.775,51

Estes valores foram calculados para uma área plantada de 1 hectare.

9.2.2 - Resultados obtidos para o sistema mecanizado de produção do alho

Os resultados da planilha de custo parcial anual corrigido da alternativa, utilizando-se sistema mecanizado, para cada cenário, foram:

- Cenário 1: US\$ 2.982,34
- Cenário 2: US\$ 4.682,30
- Cenário 3: US\$ 8.906,00

Contudo, para esta alternativa, é preciso considerar-se o investimento na compra das máquinas; debulhadora (D), plantadora (P), colhedora (C), beneficiadora e classificadora (B) e, para tanto, o fluxo é mostrado na figura 9.3.

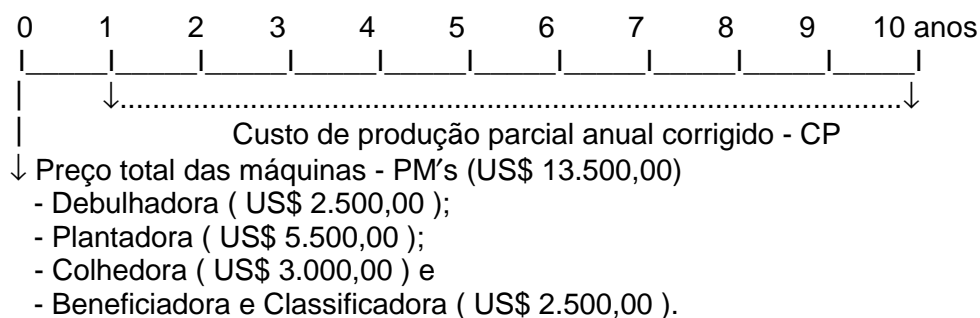


Figura 9.3 - Fluxo de caixa anual para sistema mecanizado de produção do alho.

PM é o preço das máquinas integrantes do sistema mecanizado e CP é o custo de produção parcial anual corrigido determinado para cada cenário. A vida útil considerada para as máquinas é de 10 anos e assume-se que não tenham valor residual.

Transformando-se PM (US\$ 13.500,00) numa série uniforme, à taxa de 10,0% a.a., obtém-se US\$ 2.197,12 por ano, o que condiciona ao custo de produção parcial anual corrigido no seguinte resultado:

- Cenário 1: US\$ 2.982,34 + US\$ 2.197,12 = US\$ 5.179,46
- Cenário 2: US\$ 4.682,30 + US\$ 2.197,12 = US\$ 6.879,42
- Cenário 3: US\$ 8.906,00 + US\$ 2.197,12 = US\$ 11.103,12

9.2.3 - Comparação dos custos parciais anuais corrigidos para as formas manual e mecanizada de produção do alho, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha, para áreas plantadas de um a dez hectares.

Com o objetivo de conhecer qual a alternativa de produção de menor custo para o produtor - manual, atualmente empregada ou mecanizada, calcularam-se os custos parciais anuais corrigidos de produção do alho, com igual metodologia

utilizada anteriormente neste capítulo, considerando-se que as máquinas componentes do sistema mecanizado possuam eficiências capazes de permitir uma produtividade mínima para a cultura de 6.000 kg/ha.

Os cálculos foram realizados para áreas de 1 a 10 hectares. As planilhas de custo estão no anexo 3, e os resultados na tabela 9.6 e figura 9.4.

Comparando-se as alternativas de produção, o sistema que apresentou um custo menor foi o manual, para todos os cenários propostos. A utilização menor da mão-de-obra no sistema de produção mecanizado é compensada pelo custo de aquisição das máquinas, fazendo com que esta alternativa apresente um custo maior para áreas de até 10 hectares. Porém, à medida em que esta aumenta, independentemente de cenário, a diferença pró-sistema manual deixa de existir, tornando-se de menor custo a alternativa de produção utilizando máquinas. Conclui-se, com isto que, para o produtor que plantar em pequenas áreas (aproximadamente 10 ou menos hectares), o sistema mecanizado, considerando-se capaz de permitir uma produtividade de 6.000 kg/ha (produtividade média obtida atualmente pelo agricultor de Curitiba/SC utilizando o sistema manual de produção), não apresenta vantagens econômicas, em relação ao sistema manual, isto é, possui maior custo de produção.

Tabela 9.6 - Custos parciais anuais corrigidos (custo total sem custos fixos e outros variáveis) de produção do alho para áreas de um a dez hectares, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha.

Cenário	Área (ha)	Custos parciais anuais corrigidos de produção (US\$)	
		Manual/Atual	Mecanizada
1	1,0	3.064,07	5.179,46
	2,0	6.128,73	8.161,76
	3,0	9.190,47	11.192,12
	4,0	12.254,28	14.126,32

	5,0	15.320,30	17.108,83
	7,5	22.960,10	24.544,28
	10,0	31.209,56	32.020,65
2	1,0	4.834,26	6.879,42
	2,0	9.668,56	11.661,05
	3,0	14.502,88	16.394,10
	4,0	19.337,18	21.126,43
	5,0	24.127,49	25.814,78
	7,5	36.257,23	37.689,53
	10,0	48.710,43	49.520,31
3	1,0	8.775,51	11.103,12
	2,0	17.551,00	20.009,06
	3,0	26.326,54	28.915,04
	4,0	35.098,98	37.817,01
	5,0	43.877,63	46.727,04
	7,5	65.816,38	68.993,27
	10,0	87.755,22	90.256,98

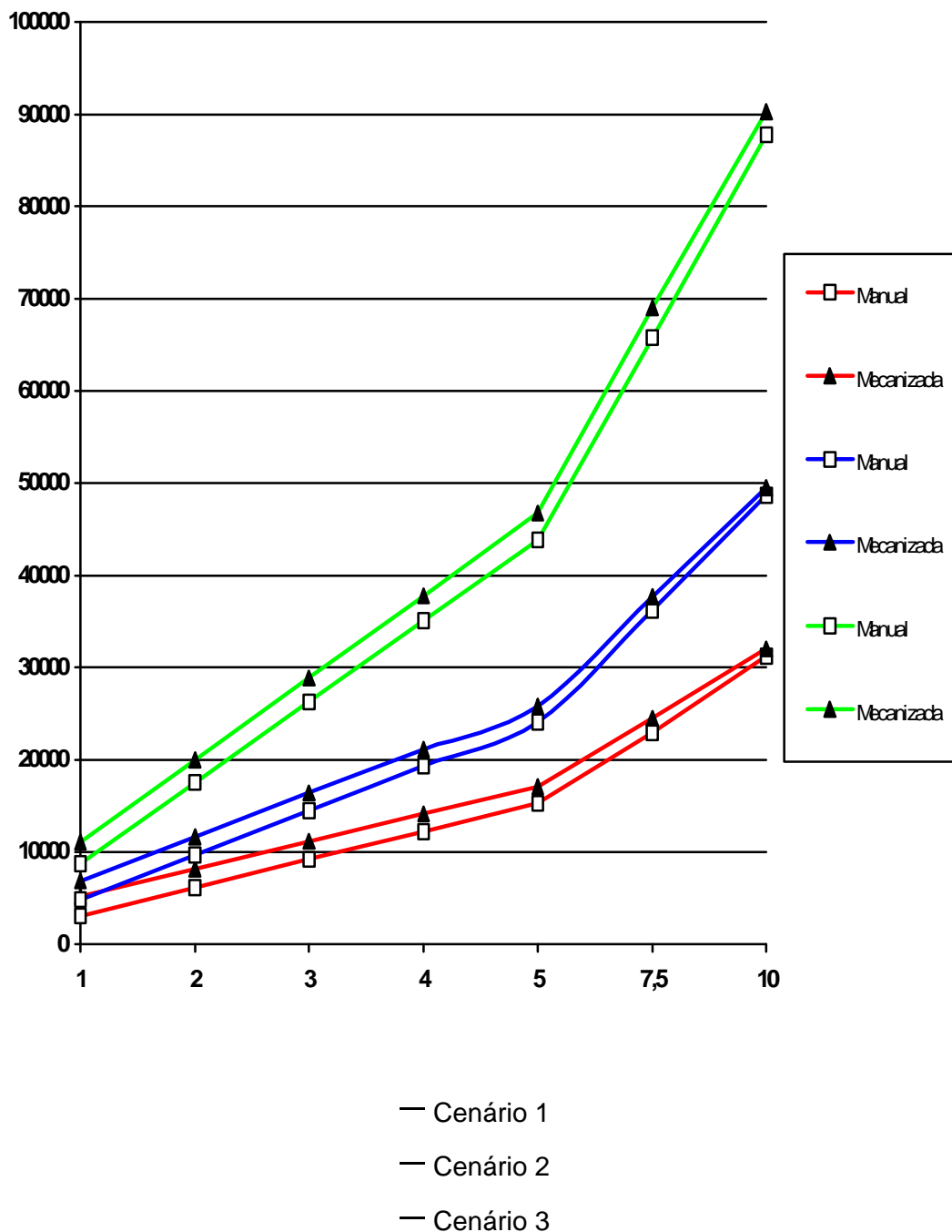


Figura 9.4 - Custos parciais anuais corrigidos (custo total sem custos fixos e outros variáveis) de produção do alho para áreas de um a dez hectares, em dólar, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha.

9.2.4 - Viabilidade econômica do sistema mecanizado de produção do alho

No item anterior, verificou-se qual das alternativas de produção do alho apresenta menor custo para o produtor que obtiver uma produtividade de 6.000 kg/ha. O próximo passo é determinar-se o ponto de equilíbrio, isto é, qual o preço mínimo que o produtor deve receber para que não tenha prejuízo com a cultura, isto é, para que a mesma seja viável economicamente, quando este estiver utilizando o sistema mecanizado.

A viabilidade econômica para o sistema mecanizado, calculada através do ponto de equilíbrio (PE), pode ser expressa pelo preço de venda, considerado o custo total de produção. Para uma produtividade média esperada de 6.000 kg/ha, tem-se:

$$\text{Preço de venda (US$/kg)} = \frac{\text{Custo total de produção (US\$)}}{\text{Área (ha)} \times 6.000 \text{ kg/ha}} \quad (9.1)$$

Onde:

$$\begin{aligned} \text{Custo total corrigido de produção (CT)} &= \text{Custo parcial anual corrigido (CP)} \\ &+ \text{Custo fixo (CF)} + \text{Outros custos variáveis (OC)}. \end{aligned}$$

Conforme foi visto anteriormente, o custo fixo e os outros custos variáveis possuem uma participação percentual sobre o custo total anual médio do sistema de produção manual.

Estas participações percentuais permitem a estimativa dos custos totais dos diferentes cenários, para o sistema de produção, utilizando o conjunto de máquinas.

a) Cenário 1 - Custo total anual médio.....	<u>US\$ 3.662,82</u>
- Custo fixo (12,42%).....	US\$ 454,92
- Custo dos insumos, serviços mecânicos e	

manuais (80,40%).....	US\$ 2.944,90
- Outros custos variáveis (7,18%).....	US\$ 263,00
b) Cenário 2 - Custo total anual médio.....	<u>US\$ 5.969,38</u>
- Custo fixo (11,88%).....	US\$ 709,15
- Custo dos insumos, serviços mecânicos e manuais (77,91%).....	US\$ 4.650,76
- Outros custos variáveis (10,21%).....	US\$ 609,47
c) Cenário 3 - Custo total anual médio.....	<u>US\$ 11.735,80</u>
- Custo fixo (14,19%).....	US\$ 1.665,31
- Custo dos insumos, serviços mecânicos e manuais (71,90%).....	US\$ 8.438,04
- Outros custos variáveis (13,91%).....	US\$ 1.632,45

Um exemplo de cálculo de custo total anual estimado, corrigido a taxa de 6,0% a.a., para o plantio de 1 hectare de alho no cenário 1, utilizando-se o sistema mecanizado é mostrado a seguir:

Custo total anual corrigido de produção (CT) = Custo parcial anual corrigido (CP) + Custo fixo (CF) + Outros custos variáveis (OC).

$$CT = CP + CF + OC \quad (9.2)$$

Cenário 1 - Custo total de produção.....	US\$ 3.662,82
- Custo parcial anual corrigido.....	US\$ 3.064,07
- Custo fixo (12,42% do custo total).....	US\$ 454,92
- Outros custos variáveis	

$$(7,18\% \text{ do Custo total anual corrigido}) \dots\dots\dots 0,0718 \times CT$$

$$CT = US\$ 3.064,07 + US\$ 454,92 + (0,0718 \times CT)$$

$$CT - (0,0718 \times CT) = US\$ 3.519,00$$

CT = US\$ 3.791,21 (Custo total anual corrigido para o plantio de 1 hectare no cenário 1 utilizando o sistema de produção manual)

$$OC = 0,0718 \times CT$$

$$OC = 0,0718 \times US\$ 3.791,21$$

$$OC = US\$ 272,21 \text{ (Outros custos variáveis)}$$

Adotando-se o mesmo procedimento anterior, e considerando-se que os custos fixos e outros variáveis são iguais nos dois sistemas de produção, o custo total anual corrigido para o plantio de 1 hectare no cenário 1, utilizando o sistema mecanizado, será:

$$CT = CP + CF + OC$$

CP = US\$ 5.179,46 (Custo parcial anual corrigido para plantio de 1 hectare no cenário 1)

$$CT = US\$ 5.179,46 \text{ (CP)} + US\$ 454,92 \text{ (CF)} + US\$ 272,21 \text{ (OC)}$$

CT = US\$ 5.906,59 (Custo total anual corrigido para o plantio de 1 hectare no cenário 1, utilizando-se sistema mecanizado)

Com os custos totais anuais corrigidos, calculados anteriormente, será realizada a análise econômica do sistema mecanizado, considerando-se uma área de 10 hectares como sendo a maior admissível para a manutenção dos coeficientes componentes do custo de produção.

A primeira etapa do estudo é a determinação do preço mínimo que o produtor deverá receber pela caixa de 10 kg, para cada cenário e área, para não ter prejuízo com a cultura (Ponto de equilíbrio), considerando-se que o sistema mecanizado permita uma produtividade igual à do sistema manual, para os mesmos coeficientes técnicos estabelecidos, isto é, 6.000 kg/ha.

Observando-se a tabela 9.7, verifica-se que o aumento na área plantada implica na diminuição do ponto de equilíbrio; isto é, na redução do preço mínimo que o produtor deve receber; contudo, esta relação não é linear, sendo mais

significativa para áreas de até 1 hectare com participação relativa de 55 % (Tabela 9.8).

Tabela 9.7 - Ponto de equilíbrio do sistema de produção do alho, utilizando-se o conjunto de máquinas, em dólar, para produtividade de 6.000 kg/ha.

Cenário	Área (ha)	Custo total corrigido de produção (US\$)	Ponto de equilíbrio para produtividade de 6.000 kg/ha (US\$/cx.)
1	1,0	5.906,59	9,84
	2,0	9.123,42	7,60
	3,0	12.393,15	6,90
	4,0	15.564,34	6,48
	5,0	18.784,02	6,26
	7,5	26.810,44	5,96
	10,0	34.924,94	5,82
2	1,0	8.218,91	13,70
	2,0	13.550,25	11,29
	3,0	18.833,01	10,46
	4,0	24.115,04	10,05
	5,0	29.348,10	9,78
	7,5	42.602,11	9,47
	10,0	55.848,95	9,31
3	1,0	14.457,14	24,09
	2,0	24.782,49	20,65
	3,0	35.107,87	19,50
	4,0	45.428,73	18,93
	5,0	55.758,65	18,58
	7,5	81.573,35	18,13

10,0 107.385,54 17,90

Tabela 9.8 - Relação diferencial do ponto de equilíbrio entre áreas de plantio para produtividade de 6.000 kg/ha no cenário 1.

Relação entre áreas (ha)	Diferencial de pontos de equilíbrio entre áreas (US\$/cx.)	Participação relativa (%)	Participação acumulada (%)
1 - 2	2,24	55,72	55,72
2 - 3	0,70	17,41	73,13
3 - 4	0,43	10,70	83,83
4 - 5	0,22	5,47	89,30
5 - 7,5	0,30	7,46	96,76
7,5 - 10	0,13	3,24	100,00
Total	4,02	100,00	-

Conhecendo-se o preço mínimo que o produtor deve receber pela caixa de 10 kg de bulbos de alho, para que não tenha prejuízo, utilizando o sistema mecanizado na sua lavoura, cabe fazer uma retrospectiva dos preços pagos nos últimos anos e, comparando-os, verificar a viabilidade econômica da cultura neste período.

Conforme mostra a tabela 9.9, o preço médio anual da caixa de 10 kg de bulbos de alho nobre, tipo 4 ou superior, recebido pelos produtores do Estado de Santa Catarina no período de janeiro de 1980 à dezembro de 1996, foi de 19,20 dólares. No entanto, a ação do governo na área agrícola tem sido, nos últimos anos, de modo geral, cada vez mais normativa, evitando entrar em aspectos protecionistas, e deixando que a economia de mercado balize as decisões dos produtores. O resultado desta ação governamental foi a redução do preço médio pago ao produtor pela caixa de bulbos do tipo 4, ou superior de US\$ 20,54 no

período de janeiro de 1980 a dezembro de 1990 para US\$ 16,75 no período de janeiro de 1991 a dezembro de 1996.

Portanto, assim como o custo total de produção, visto anteriormente, o preço médio anual recebido pelos produtores no período considerado, de janeiro de 1980 a dezembro de 1996, também apresentou grandes variações, ficando impossibilitada uma análise pontual baseada nestes dados, devido à grande incerteza que apresentaria.

Tabela 9.9 - Preços médios anuais da caixa de 10 kg de bulbos tipo 4 ou superior recebidos pelos produtores de Santa Catarina, período 1980/1996.

Período	Ano	Preço (US\$/cx.)
0	1980	19,10
1	1981	23,10
2	1982	30,70
3	1983	15,40
4	1984	9,10
5	1985	11,40
6	1986	25,90
7	1987	17,20
8	1988	8,30
9	1989	24,50
10	1990	41,30
-	Média parcial (período 1980/1990)	<u>US\$ 20,54</u>
11	1991	19,90
12	1992	10,70
13	1993	17,00
14	1994	12,20
15	1995	18,80
16	1996	21,90
-	Média parcial (período 1991/1996)	<u>US\$ 16,75</u>

Média geral

US\$ 19,20

Fonte [40].

Aplicando-se o método dos mínimos quadrados [36] a esta série de preços, verifica-se que a tendência dos valores futuros é de manterem-se estáveis (Tabela 9.10).

Considerando-se, por exemplo, o ano de 1997, no período de 1980 à 1996, temos:

$$Y = 2,12392 - 0,00924X \quad (9.3)$$

Onde:

Y - variável dependente (preço previsto à receber pelo produtor - US\$/cx.);

X - variável independente (período correspondente ao ano de previsão, no caso, 17).

$$Y = 2,12392 - 0,00924X$$

$$Y = 2,12392 - 0,00924 \times 17$$

$$Y = \text{US\$ } 19,70/\text{cx.}$$

Tabela 9.10 - Preços médios anuais previstos à receber pelo produtor.

Período	Ano	Preço previsto	Preço previsto
		(US\$/cx.)	(US\$/cx.)
		Período	Período
		(1980/1996)	(1991/1996)
17	1997	19,70	19,68
18	1998	19,60	20,52
19	1999	19,50	21,36
20	2000	19,40	22,20

A quantidade de bulbos do tipo 4 ou superior, colhidos em 1 hectare é variável, dependendo principalmente de fatores como: qualidade da semente, organização espacial da lavoura, utilização de adubação verde e orgânica, irrigação e manejo adequado do produto na colheita e pós-colheita [03]. Segundo o economista Admir Tadeo de SOUZA, do Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina/CEPA, os produtores de Curitiba/SC estão obtendo em média a porcentagem de 80% de bulbos do tipo 4 ou superior, com preço médio de US\$ 16,75 por caixa (bulbos para consumo “in natura”). Para os tipos inferiores a 4 (Tipo 3 - bulbos para consumo in natura, Tipo 1 e 2 - bulbos para industrialização), o preço médio pago ao produtor é de US\$ 13,00, resultando num preço médio de US\$ 16,00 por caixa.

Comparando-se este valor com os preços mínimos que os produtores deverão receber pela caixa de 10 kg de alho (Tabela 9.7) para que não tenham prejuízo com a cultura, verifica-se que, para custos de produção baixos e médios (cenários 1 e 2), o sistema mecanizado é plenamente viável. À medida que estes custos aumentam, torna-se necessário aumentar a escala de produção em área plantada. No cenário 3, considerado de alto custo, a cultura é inviável para o produtor, se este utilizar o sistema mecanizado e obtiver produtividades até 6.000 kg/ha.

O estudo realizado até aqui considera que as máquinas componentes do sistema mecanizado permitem produtividade igual à do sistema manual de produção, isto é, 6.000 kg/ha.

Porém, para as eficiências efetivas obtidas pelas máquinas, deve-se saber ~~se o sistema é viável ou não.~~

A máquina debulhadora apresenta uma capacidade de 60 kg/h, acima da requisitada (50 kg/h) com uma taxa de danificação de 3,6%, o que representa o

acrécimo de 26 kg à quantidade considerada para plantio, totalizando 776 kg, ao invés dos 750 kg de bulbos utilizados para a operação manual de debulha. Este acréscimo representa um aumento no custo de produção da cultura, não afetando a sua produtividade. Para a máquina plantadora, com uma eficiência de 19,1% ocorre uma redução da produtividade esperada de 6.000 kg/ha para 1.146 kg/ha.

A máquina colhedora de bulbos, por não ter sido construído o seu protótipo, não possibilita a consideração da eficiência e da sua taxa de danificação de bulbos.

A máquina beneficiadora e classificadora de bulbos apresenta uma capacidade 70 kg/h, estabelecida como requisito, com eficiência de 75%, gerando retrabalho na operação, com o conseqüente aumento no custo de produção. A taxa de danificação desta máquina é de 5% da quantidade de bulbos. Estes danos inviabilizam a venda do produto "in natura", ocasionando a diminuição do preço médio da caixa de 10 kg, recebido pelo produtor, de US\$ 16,00 para US\$ 15,81 (75% de bulbos para consumo "in natura" - US\$ 16,75 e 25% de bulbos para uso industrial - US\$ 13,00).

Para o valor médio de US\$ 15,81/cx., a produtividade mínima que o sistema mecanizado deverá permitir é de 2.209,04 kg/ha (Cenário 1 - 10 hectares), para ser viável economicamente para o produtor (Tabela 9.11).

Considerando-se o custo total médio corrigido, apenas dos últimos 6 anos (período de janeiro de 1991 a dezembro de 1996) de US\$ 8.587,85, a produtividade mínima que o sistema mecanizado deverá possuir é de 5.431,91 kg/ha (Tabela 9.12).

Tabela 9.11 - Produtividade mínima necessária para viabilidade econômica do sistema mecanizado considerando preço médio recebido pelo produtor de US\$ 15,81/cx.

Cenário	Área (ha)	Custo total corrigido de produção (US\$)	Produtividade mínima (kg/ha)	Eficiência relativa (%) Produtividade de referência 6.000 kg/ha
1	1,0	5.906,59	3.735,98	62,27
	2,0	9.123,42	2.885,33	48,09
	3,0	12.393,15	2.612,93	43,55
	4,0	15.564,34	2.461,15	41,02
	5,0	18.784,02	2.376,22	39,60
	7,5	26.810,44	2.261,05	37,68
	10,0	34.924,94	2.209,04	36,82
2	1,0	8.218,91	5.198,55	86,64
	2,0	13.550,25	4.285,34	71,42
	3,0	18.833,01	3.970,69	66,18
	4,0	24.115,04	3.813,25	63,55
	5,0	29.348,10	3.712,60	61,88
	7,5	42.602,11	3.592,84	59,88
	10,0	55.848,95	3.532,51	58,87
3	1,0	14.457,14	9.144,30	152,40
	2,0	24.782,49	7.837,60	130,63
	3,0	35.107,87	7.402,04	123,37
	4,0	45.428,73	7.183,54	119,72
	5,0	55.758,65	7.053,60	117,56
	7,5	81.573,35	6.879,50	114,66
	10,0	107.385,54	6.792,25	113,20

Tabela 9.12 - Custos totais médios anuais de produção do alho, em dólar, para 1 hectare, considerando-se uma produtividade de 6.000 kg/ha, período 1991/1996.

Período	Ano	Custo total médio anual (US\$) Sistema manual
1	1991	5.744,40
2	1992	3.898,43
3	1993	5.973,22
4	1994	5.233,90
5	1995	8.568,15
6	1996	8.005,97
Média	-	6.237,34
Custo total médio corrigido (US\$) Sistema mecanizado	-	8.587,85
Produtividade mínima para preço médio recebido de US\$ 15,81/cx.	-	5.431,91

Fonte [40].

9.3 - Considerações gerais

Através do estudo realizado anteriormente, verifica-se que o sistema mecanizado não é viável economicamente para o produtor de alho, em nenhum cenário de custos, devido à baixa eficiência apresentada pela máquina plantadora (19,1%), que reduz a produtividade esperada de 6.000 kg/ha para 1.146 kg/ha (Tabelas 9.11 e 9.12). Sendo assim, o sistema manual de produção é o mais vantajoso economicamente, principalmente para o produtor que utiliza pequenas áreas de plantio. À medida em que estas aumentam, a vantagem diminui, mas continua sendo favorável a este sistema para áreas de até 10 hectares.

A avaliação econômica limitou-se a áreas de até 10 hectares pois os dados fornecidos pelo Instituto CEPAS/SC, tangentes aos custos de produção são válidos apenas para estas, sem que haja alteração dos custos fixos.

Considerando-se que o sistema mecanizado não é viável economicamente, devido à máquina plantadora, outra alternativa para a produção do alho é a utilização deste sem a máquina. Neste caso, para o produtor que realizar somente o plantio na forma manual existe a vantagem da obtenção da produtividade esperada de 6.000 kg/ha.

Comparando-se esta alternativa, ou seja, o sistema mecanizado sem a máquina plantadora, com o sistema manual de produção, verifica-se que para áreas próximas de 10 hectares os seus pontos de equilíbrio tendem a equiparar-se (Tabela 9.13).

Para o preço médio recebido de US\$ 15,81, o conjunto de máquinas é viável para o produtor apenas nos cenários de custos 1 e 2, apresentando retorno médio de 106,23% sobre o capital investido na cultura (Tabela 9.14).

Tabela 9.13 - Ponto de equilíbrio dos sistemas de produção manual e mecanizado (exceto máquina plantadora), em dólar, para produtividade de 6.000 kg/ha.

Cenário	Área (ha)	Custo anual	Ponto de	Custo anual	Ponto de
		de produção (US\$)	equilíbrio (US\$/cx.)	de produção (US\$)	equilíbrio (US\$/cx.)
		Sistema manual	Preço médio US\$ 16,00	Sistema mecanizado	Preço médio US\$ 15,81
1	1,0	3.064,07	5,10	4.229,67	7,05
	2,0	6.128,73	“	7.157,29	5,96
	3,0	9.190,47	“	10.132,98	5,63
	4,0	12.254,28	“	13.012,49	5,42
	5,0	15.320,30	“	15.940,32	5,31
	7,5	22.960,10	“	23.239,08	5,16
	10,0	31.209,56	“	30.578,78	5,10
2	1,0	4.834,26	8,05	5.952,88	9,92
	2,0	9.668,56	“	10.703,08	8,92
	3,0	14.502,88	“	15.404,70	8,56
	4,0	19.337,18	“	20.105,61	8,38
	5,0	24.127,49	“	24.762,53	8,25
	7,5	36.257,23	“	36.558,70	8,12
	10,0	48.710,43	“	48.310,91	8,05
3	1,0	8.775,51	14,62	10.108,80	16,85
	2,0	17.551,00	“	18.915,54	15,76
	3,0	26.326,54	“	27.722,32	15,40
	4,0	35.098,98	“	36.525,12	15,21
	5,0	43.877,63	“	45.335,94	15,11
	7,5	65.816,38	“	67.354,19	14,97
	10,0	87.755,22	“	89.369,21	14,89

Tabela 9.14 - Retorno sobre o capital investido na produção de alho utilizando o sistema mecanizado (exceto máquina plantadora), considerando o preço médio recebido pelo produtor de US\$ 15,81/cx., para produtividade de 6.000kg/ha.

Cenário	Área (ha)	Custo total corrigido de produção (US\$)	Ponto de equilíbrio (US\$/cx.)	Retorno (%) Preço de venda US\$ 15,81/cx.
1	1,0	4.956,80	8,26	91,40
	2,0	8.118,95	6,76	133,87
	3,0	11.334,01	6,30	150,95
	4,0	14.505,20	6,04	161,75
	5,0	17.615,51	5,87	169,33
	7,5	25.505,24	5,67	178,84
	10,0	33.483,07	5,58	183,33
2	1,0	7.292,37	12,15	30,12
	2,0	12.592,28	10,49	50,71
	3,0	17.843,61	9,91	59,53
	4,0	23.094,22	9,62	64,34
	5,0	28.295,85	9,43	67,65
	7,5	41.471,28	9,21	71,66
	10,0	54.639,55	9,10	73,74
Retorno médio				106,23%
3	1,0	13.462,82	22,43	-
	2,0	23.688,97	19,74	-
	3,0	33.915,15	18,84	-
	4,0	44.136,84	18,39	-
	5,0	54.367,55	18,12	-
	7,5	79.934,27	17,76	-

10,0	105.497,77	17,58	-
------	------------	-------	---

No seu estágio de desenvolvimento, o sistema mecanizado possibilita uma redução significativa da dependência de mão-de-obra na cultura, de 250 d-h/ha para 140 d-h/ha. Porém, permanecem operações manuais, como capina (agosto, setembro, outubro e novembro - 50 d-h/ha), aplicação de defensivos (agosto, setembro, outubro e novembro - 25 d-h/ha), estaleiramento (janeiro e fevereiro - 20 d-h/ha) e embalagem (março - 20 d-h/ha) que necessitam, na totalidade, de 115 d-h/ha para as suas execuções.

Para pequenas propriedades com áreas plantadas de até aproximadamente 3 hectares, esta dependência de mão-de-obra geralmente é suprida por familiares do produtor. Em áreas maiores, a contratação de pessoal (bóias-frias) é necessária principalmente nas operações que demandam muitas horas de mão-de-obra, e ocorrem próximas no tempo, como a debulha de bulbos com o imediato plantio dos bulbilhos, a colheita com o estaleiramento das plantas e o beneficiamento, classificação e embalagem dos bulbos. As demais operações como capina e aplicação de defensivos são realizadas por mão-de-obra fixa assalariada e/ou familiar.

Verifica-se portanto que, mesmo com a utilização do conjunto de máquinas componentes do sistema mecanizado, permanece a necessidade de mão-de-obra, que poderá ser alocada na operação de plantio.

O pessoal envolvido com as atividades de início do ciclo da cultura (debulha e plantio) geralmente é o mesmo que, aproximadamente 180 dias após, retorna à propriedade rural e realiza as operações de colheita e estaleiramento das plantas, e posteriormente o beneficiamento, classificação e embalagem dos bulbos.

Por se tratar de uma cultura de caráter micro-regional, e havendo a coincidência de períodos de execução de operações como a colheita e o estaleiramento, altamente dependentes das condições climáticas, quando todos os

produtores se veem obrigados a executar a operação nos mesmos dias, ocorrem muitas vezes as conseqüentes disputas de mão-de-obra nesse período, provocando o aumento dos salários muito acima do preço normal de mercado, como única alternativa de garantir a operação no tempo hábil.

A época de colheita do alho no Brasil é relativamente ampla. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde são cultivados alhos comuns e seminobres, variedades precoces e de ciclo médio, com ciclo vegetativo de 4 e menos de 6 meses respectivamente, a implantação da cultura ocorre nos meses de fevereiro e março. Na Região Sul, onde predomina o cultivo de alhos nobres, tardios, com 6 meses de cultivo, a concentração do plantio dá-se nos meses de maio, junho e julho.

A comercialização concentra-se de agosto até o mês de abril. A Região Sudeste e Centro-Oeste abastece com a sua produção o mercado de agosto a dezembro. A Região Sul, de dezembro a abril.

As variedades nobres de alho, devido às suas ótimas características de qualidade, com bulbos grandes e poucos bulbilhos, são as únicas em condições de competir com o produto importado e obter melhores cotações de mercado. Como são variedades exigentes em frio e em fotoperíodo longo, sua exploração está condicionada à Região Sul do país e em regiões dos estados do Sudeste e Centro-Oeste, quando submetidas à técnica de vernalização das sementes produzidas nos estados sulinos. Esta técnica também vem sendo utilizada pelos produtores da Região Sul, com o objetivo de antecipar a colheita, a fim de obter melhores preços de mercado [40]. Com isto, aumentam-se os períodos de oferta do produto no mercado e de realização das operações, principalmente aquelas relacionadas à colheita e pós-colheita (estaleiramento, beneficiamento, classificação e embalagem) com a conseqüente redução da concentração de mão-de-obra.

Uma melhor distribuição de mão-de-obra no período de cultivo do alho também pode ser obtida através do uso de cultivares nobres (ciclo tardio) mas menos exigentes em relação a baixas temperaturas que as demais desse ciclo, e portanto plantadas em períodos diferentes.

No país, pode-se caracterizar dois sistemas modais de produção. As lavouras tradicionais, mais disseminadas no Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, e em pequenas áreas na Região Sul, que destinam o produto para mercados menos exigentes cultivando variedades precoces (alhos comuns). Outra modalidade é a lavoura tecnificada, direcionada ao abastecimento do mercado nacional, com variedades de ciclo tardio, concorrendo com os alhos importados.

Em ambos os sistemas, o alho não é a única atividade da propriedade. Nas tecnificadas, representa a maior fonte de renda. Na Região Sul, em especial em Santa Catarina, onde a atividade teve uma maior evolução comparativamente aos demais estados da federação, a cultura do alho normalmente é a principal atividade da propriedade.

Outras atividades, como hortaliças de verão (para o abastecimento do mercado local, regional e nacional) e grãos (principalmente o feijão) complementam a exploração do alho em Santa Catarina, utilizando máquinas e equipamentos usados no cultivo. Nas áreas não ocupadas com esta cultura, são ainda exploradas atividades peculiares a cada região, que variam desde a criação extensiva do gado de corte e leiteiro, até a fruticultura (macieiras em Curitiba/SC) [40].

Verifica-se assim que, mesmo permanecendo a dependência de mão-de-obra no cultivo do alho, esta pode ser reduzida através da melhor distribuição das operações no ciclo da cultura e da exploração de outras atividades na propriedade rural.

CAPÍTULO X

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

10.1 - Conclusão

Os resultados deste trabalho mostram um conjunto de máquinas que atingiram um grau de desenvolvimento satisfatório.

Com os protótipos das máquinas debulhadora e beneficiadora/classificadora de bulbos, obtiveram-se concepções que se aproximam das condições ideais de funcionamento e, portanto, fornecem boas perspectivas para que se chegue a uma versão final, que possa ser utilizada como cabeça de série na produção desses tipos de máquinas. Nestas condições, recomenda-se apenas que os trabalhos nos protótipos tenham continuidade, testando-se as alterações sugeridas pelos seus autores, Eng.º Eucário Contrera Chacon [27] e Eng.º Jorge Luiz Coelho da Silva [29].

Para a mecanização da colheita do alho, fazendo-se também uso de uma metodologia de projeto bem definida [35], visou-se solucionar os problemas específicos de arrancamento, transporte e limpeza das plantas. Um protótipo foi construído, concluindo-se que os problemas de não-adequação apresentados por ele tinham, como natureza, falhas a nível de projeto conceitual. A experiência adquirida com o primeiro protótipo permitiu o projeto de um segundo. Este novo projeto do protótipo, conforme avaliação do seu autor, Eng.º Claudiano Sales de Araujo Júnior [28], apresenta-se razoavelmente adequado à maioria dos objetivos

estabelecidos na especificação de projeto do produto mas, como não foi construído, não puderam ser testados e avaliados diversos aspectos funcionais da máquina.

O ponto alto desta máquina colhedora diz respeito à invenção de um novo princípio de arrancamento e transporte da planta o qual, supõe-se, apresenta potencial para ser adaptado à colheita de outros tipos de vegetais, desde que tenham a haste (folhagem) razoavelmente rígida e alta.

Considerando-se a análise realizada pelo Eng.º Claudiano em seu trabalho, com título “Desenvolvimento de tecnologias adaptáveis à mecanização da colheita do alho”, recomenda-se que o protótipo seja construído e testado em campo, quando poderão ser tiradas conclusões úteis e válidas à continuidade do desenvolvimento do projeto da colhedora de alho.

Dentre as máquinas desenvolvidas para compor o sistema mecanizado, a plantadora foi a que apresentou menor eficiência, sendo anti-econômica a sua utilização na cultura, em áreas de até 10 ha. Com 19,1% de eficiência, esta máquina reduz a produtividade esperada da cultura de 6.000 kg/ha para 1.146 kg/ha quando para um preço médio recebido pelo produtor nos últimos anos, de US\$ 15,18/cx. deveria permitir a colheita 5.431,91 kg/ha.

Com este protótipo, obteve-se uma máquina que se apresenta como um novo produto; a sua solução funcional não está contida no atual estado da técnica, ou seja, não existe produto similar industrializado, comercializado ou cujo projeto tenha sido divulgado até agora.

Dos dispositivos projetados, apenas o de alimentação caracteriza-se como de evolução, isto é, aperfeiçoamento de outro já existente, sendo os de individualização, posicionamento e plantio, inéditos. Destes, o único que não se mostrou viável tecnicamente foi o de individualização devido, principalmente, à sua elevada sensibilidade às variações de tamanho da semente. Já os demais fornecem boas perspectivas para que se chegue a uma versão final da máquina.

Nessas condições, recomenda-se que o trabalho no protótipo tenha continuidade, realizando-se as alterações sugeridas na capítulo VIII para, posteriormente, com as demais máquinas, testar-se o sistema mecanizado junto ao produtor de alho do município de Curitibanos/SC, avaliando-se aspectos técnicos, econômicos e sociais.

Sabendo-se que a eficiência da mecanização no plantio do alho é dependente de certos requisitos que o bulbilho deve conter, como regularidade na forma e formato alongado com ápice saliente, novas cultivares deverão surgir, adequadas ao processo de mecanização, com sementes selecionadas, visando-se sempre a melhoria dos meios de produção e do produto final.

O desenvolvimento da máquina plantadora, assim como das outras que compõem o sistema mecanizado, deve ser sucedido pelo projeto das máquinas que realizam as demais operações compreendidas na cultura do alho para, assim, ser atingido o objetivo principal deste trabalho; aumentar a capacidade de produção do alho brasileiro, através da mecanização da lavoura.

10.2 - Recomendações

Face à complexidade do tema desenvolvido e à importância crucial do assunto, algumas sugestões de caráter relevante são apresentadas para desenvolvimento futuro no complemento e aprofundamento do referido tema.

a) a construção do protótipo da colhedora e os posteriores testes de laboratório e campo;

b) os testes das máquinas isoladamente e posteriormente do conjunto das máquinas no campo, para avaliação do usuário; e

c) a avaliação do impacto social causado pela implantação da mecanização na cultura.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, Sebastião. Notas sobre o cultivo do alho. **Colheitas e Mercados**. São Paulo: 5 (3) setembro, 1949, p. 7-11.
- AMARAL, F. A. L., SPIES, C. D., BRAGA, J. M., COUTO, F. A. A. & RESENDE, M. Localização de fertilizantes na cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Experientiae**, n. 11, 1971. p. 209-237.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. Proposta do Setor para Integração-Mercosul. **Análise da situação brasileira na produção e custos**. Brasília. **Circulação Interna**, 1991.
- ARAUJO, Jr., C.S. Desenvolvimento de Tecnologias Adaptáveis à Mecanização da Colheita do Alho. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1993.
- BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
- BANHOLZER, G, KRUMBEIN, G & MAUT, R. J. **Mechanisierung der Knoblauchproduktion in der lpg Pflanzenproduction "Fortschritt" Krostitz**. Gartenbau: 32 (9), 1985, p. 266-268, Germany Democratic Republic.
- BARTOS, J. & HOLIK, K. **Mechnizovana Priprava Sadby Cesneku (*Allium sativum* L.)** Sbornik Uvtiz, Zahradnictvi: 12(12), 1985, p. 131-140, Czechoslovakia, Olomouc.
- BARTOS, J. & HOLIK, K. **Intenzifikace vyroby cesneku (*Allium sativum* L.) Zpresnenim Strojni Vysa dby**. Sbornik Uvtiz, Zahradnictvi: 12 (13), 1985, p. 195-201, Czechoslovakia, Olomouc.
- BASSO, J. L. **Engenharia e análise do valor - EAV: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento do valor: um guia prático para aplicação: interfaces de EAV x TQM x JIT e outros programas**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1991.
- BERNARDI, J. B. Instruções para o cultivo do alho. Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: **Boletim**, n. 173, 1967, 23 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria Ministerial n° 289 de 07/04/1982; Norma de Identidade, Qualidade e Embalagem do Alho. **Diário Oficial**. n°3.543, abril, 1982.

- BURBA, J. L., FONTAN, H. M., LANFRANCONI, L. & BERETTA, R. Influencia del Calibrado Mecánico en "Semilla" de Ajo (*Allium sativum* L.) sobre Producción Comercial. **Revista CS. Agropecuária**. Córdoba: III, octubre, 1982, p. 37-38.
- BURBA, J. L. Importancia de la Mecanización del Cultivo de Ajo "Semilla (*Allium sativum* L.) entre las etapas de selección y Plantación y su Relación con los Rendimientos Comerciales. **Técnica para "Semilleros de Ajo"**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: 1981, 29 p.
- CABRERA SIXTO, J. M. & SERWATOWSKI, R.J. Diseño de una Sembradora Neumática para Ajo. XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. Bauru, SP: Resumos, 1996. p.549.
- CAMPOS, V. F. **CQT: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)** / Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Rio de Janeiro: Bloch Editora, 1992.
- CASTRONOVO, Alfonso. Ensayos Culturales com Ajo em 1ª Region de Buenos Aires. **Revista de Investigaciones Agrícolas**. Buenos Aires: 4(4), 1950, p. 409-416.
- CHACON, E. C. Desenvolvimento do Protótipo de Debulhadora de Alho para Sementes. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1992.
- CHEN, J., KWONG, K. & CHIU, Y. Studies on the Feasibility of Mechanical Planting for Garlic (*Allium sativum* L.). **Revista Taiwan Sugar Research Institute**. n. 73, 1976, p. 31-41.
- COELHO, J. L. da Silva. Desenvolvimento de Protótipo de Beneficiadora e Classificadora de Bulbos de Alho. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1995.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Equipamentos Agrícolas Apropriados ao Pequeno Produtor Rural. Brasília: 1983, 64 p.
- COUTO, F. A. A. A Profundidade de Plantio de Alho. **Revista Olericultura**. Belo Horizonte: n. 4, 1964, p. 219-222.
- COUTO, F. A. A. Efeito do tipo de Bulbilhos na Brotação, Crescimento e Produção de Alho. **Experimental**. Viçosa: 1(6), 1961, p. 247-280.
- COUTO, F. A. A Cultura do Alho. **Revista Hortaliças**. Viçosa: n. 5, 1976, p. 1-16.

- COUTO, F. A. A. **A Cultura do Alho: Clima, variedades e plantio.**
Apostila. Viçosa: 1976, p. 108-115.
- COUTO, F. A. A. Resultados experimentais de seleção e métodos de plantio de Bulbilhos na Brotação, Crescimento e Produção de Alho. **Tese Catedrática.** Viçosa: 1958, 130 p.
- COBRE, R. V. Hortaliças: do Fundo do Quintal a Componente Importante do PIB. **Boletim CNPHortaliças.** Brasília: n. 2, jan./ mar., 1987, p. 6-7.
- COSTA, B. Em Busca do Dente Perfeito. **Guia Rural Abril.** São Paulo: ano 1, n. 1, abril , 1987.
- CORREIA, L. G. & REGINA, S. M. Aspectos da Tecnologia Usada na Cultura do Alho. **Revista Olericultura.** Belo Horizonte: n. 13, 1973, p. 129-130.
- COMÉRCIO Exterior do Brasil. Importação, **Ministério da Fazenda.** Brasília: 1988, v. 17, p. 887.
- DE DONATO, M. Il Miglioramento Della Coltura Del Aglio. **Revista Frutticoltura.** 2 (27), 1965, p. 123-130, Itália.
- DONI, L. F. **Semeadura de Precisão: A Falta de uma Solução Definitiva.** Apostila. Viçosa: novembro, 1980, 18 p.
- DUAILIBI, R. & SIMONSEN, H. **Criatividade: a formulação de alternativas de marketing.** Editora Abril e McGraw-Hill do Brasil, 1971.
- DUIMOVIC, A. M. & BRAVO, A. M. Efectos del Peso de Bulbillos-Semilla y Población de Plantas sobre el Rendimiento y Calidad del Ajo Blanco. **Revista Ciencia e Investigación Agraria.** 6 (2), 1979, p. 99-103, Itália.
- EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Custo de Produção por Hectare - Alho. Circulação Interna. Brasília: 1990.
- EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Fichário de tecnologias adaptadas. Fascículos n. 11 e 13. Distrito Federal. Brasília, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultura de Alho. Circular Técnica. Pelotas: 1982, documento n. 8.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Instruções Técnicas do CNP Hortaliças. Cultivo do Alho (*Allium sativum* L.). Distrito Federal, Brasília: n.2, fevereiro.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Protótipos de Equipamentos para Produção de Hortaliças. Distrito Federal. Brasília: CNPH, 1990, 30 p., documento n. 06.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Orientações para a Cultura do Alho em Santa Catarina. **Boletim**. Florianópolis: 1989, doc. n. 104.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de Produção para Alho. **Boletim**. Florianópolis: 1980, doc. n. 269.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura do Alho em Santa Catarina. Florianópolis: 1983, 98 p.
- FERNANDES, S. S. Influência do tamanho do Bulbilho na Produção de Seis Cultivares de Alho (*Allium sativum* L.). **Dissertação de Mestrado**. Viçosa: 1979, 56 p.
- FOLLE, S. M., ROCHA, F. E. & FRANZ, C. A. B. Semeadora com Mecanismo Tipo Rotor com Espiral. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 15 (169), 1991, p. 31-32.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Yearbook Production. 1993, v. 47.
- FIGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1972.
- GUARNIERI, A. L'Evoluzione delle Raccogliatrici per le Colture Ortive. **Macchine e Motori Agricoli - MA - I Trattorista**, 1989, 47 (2), p. 31-33, Itália.
- GIORDANO, L. B. Controle Químico de Ervas Daninhas nas Culturas do Alho (*Allium sativum* L.) e Ação Residual de Alguns Herbicidas Usados. **Dissertação de Mestrado**. Viçosa: 1974, 58 p.
- HARI, O. & SRIVASTA, R. P. Influence of the Planting Material and Spacing on the Growth and Yeld of Garlic. **Indian Journal Horticultural**. 34 (2), 1977, p. 262-156.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica**. Sao Paulo: Editôra Atlas, 1979.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. Alho. Florianópolis, 1995.

- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. Custos de Produção dos Principais Produtos Agropecuários. Florianópolis: v. 11, 5, junho, 1990.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. Mercado Agrícola; Preços Pagos e Recebidos pelos Agricultores em Santa Catarina. Florianópolis: Dezembro, 1996.
- ITALIA, R. R. Sembradora de Ajo. **Hoja Informativa**. Aer Inta, Jesus Maria. Córdoba: n. 93, 1978, 2 p.
- KRAUSE, V. K. Análise e Avaliação da Experiência de um Programa de Substituição de Importações na Agricultura: O Caso do Alho no Planalto Catarinense. **Dissertação de Mestrado**. Itaguai, Rio de Janeiro: 1991, 236 p.
- JONES, H. A. **Onions and their allies**. London: L. Hill, 1963.
- LEDUC, Robert. **Como lançar um produto novo**. São Paulo: Vértice, 1986.
- LORETO, E. M. Análise de Custos Equivalentes das Alternativas para o Plantio de Alho (*Allium sativum* L.) **Dissertação de Mestrado**. Santa Maria: 1994, 94 p.
- LIMA, P. J. Aspectos Técnico-Econômicos da Cultura do Alho na Região do Cariri. **Revista Olericultura**. Belo Horizonte: n. 12, 1973, p. 45-46
- LYON, M. Mecanization de la Recolte et Sechage de L'Ail. **Pepinieristes Horticulteurs Maraichers**. n. 154, 1975, p. 35-39, France.
- LUCINI, M. A., CHONAN, T., BIASI, J. & MÜELLER, S. Cultura do Alho; Efeito do Bulbilho-Semente. XXIII Congresso Brasileiro de Olericultura. Rio de Janeiro: Resumos, 1983, p. 103.
- MASCARENHAS, M. H. T. Plantio e Espaçamento na Cultura do Alho. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 4(48), 1978, p. 31-34.
- MAKISHIMA, N. Secretaria da Agricultura. São Paulo. A Cultura do Alho. **Boletim Técnico**. Campinas: n. 39, 1960, 45 p.
- MENEZES SOBRINHO, J. A. **Cultivo do Alho (*Allium sativum* L.)** 2. ed. Brasília: EMBRAPA - CNPH, 1983, 15 p.
- MENEZES SOBRINHO, J. A., FERREIRA NOVAIS, R., LOPES DOS SANTOS, H. & AGUIA SANS, L. N. Efeito da Adubação Nitrogenada, de diferentes Espaçamentos entre Plantas e da Cobertura Morta do Solo sobre a Produção de Alho "Amarante". **Revista Ceres**. 21 (115), 1974, p. 203-212.

- MENEZES SOBRINHO, J. A., COUTO, F. A. A., MEDINA, P. V. L. & REGINA, S. M. Efeito da Densidade de Plantio de Pequenos Bulbilhos e do Tipo de Cobertura sobre o Rendimento de Alho-Planta, em Três Cultivares de Alho (*Allium sativum* L.) **Revista Ceres**. 21 (117), 1974, p. 349-357.
- MENEZES SOBRINHO, J. A. & TORRES CORDEIRO, C. H. Efeito do Espaçamento entre Fileiras e Plantas e do Tamanho do Alho Planta (*Allium sativum* L.) sobre a Produção de Bulbos. XIX Congresso Brasileiro de Olericultura. Florianópolis: Resumos, 1979, p. 203-204.
- MENEZES SOBRINHO, J. A. Efeito do Espaçamento entre Plantas e do Peso dos Bulbilhos sobre a Produção de Alho-Planta (*Allium sativum* L.). **Revista Olericultura**. Belo Horizonte: n. 15, 1975, p. 34-37.
- MIALHE, L. Geraldo. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.
- MINARDI, H. R. G. Effect of Clove Size, Spacing, Fertilisers, and Lime on Yield and Nutrient Content of Garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Experimental Agriculture**. n. 6, 1978, p. 139-143.
- MUELLER, S., STUKER, H. & JOHN, J. Influência das Classes dos Bulbos de Alho (*Allium sativum* L.) no Peso dos Bulbilhos numa determinada Peneira. Florianópolis, no prelo.
- OLIVEIRA, José Alberto Nascimento de. **Engenharia econômica: uma abordagem à decisões de investimento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- PAHL, G. & BEITZ, M., **Engineering Design - A Systematic Approach**. London: The Design Council / Springer - Verlag Ed., 1991.
- PATENTE: (11) (21) 8502800; (19) BR; (22) 12/06/85; (51) A 23 N 15/00; (54) Aparelho para separar cabeças de alho em dentes; (71) GEL'AIL (FR).
- PATENTE: (11) A1/0401955; (21) 90301581.6; (22) 14/02/90; (51) A23 N 15/08; (54) Apparatus for peeling garlic; (71) Dalgety Produce. Inc 126 Sun Street Salinas CA 93901 (US).
- PATENTE: (11) 2629687; (21) 8805051; (22) 8/04/88; (51) A 23 N 15/08, 7/00; (54) Machine pour le pelage et/ou l'égrenage de produits agricoles par exemple des graines de plantes à bulbes, tel que l'ail; (71) Gras Jean-Marie et Roques Raymond - FR.

PATENTE: (11) (21) 8502800; (22) 12/06/85; (51) A 23 N 25/00; (54) Aparelho para separar cabeças de alho em dentes; (71) Gel'Ail (FR).

PATENTE: (11) (21) MU 620 1542; (22) 10/11/82; (51) B 02 B 3/04; (54) Disposição introduzida em debulhadeira para alho ou semelhantes; (71) Yoshime Abe.

PATENTE: (11) (21) PI 8001803; (22) 26/03/80; (51) B 02 B 3/00; (54) Debulhadeira para alho ou semelhantes; (71) Yoshime Abe.

PATENTE: (11) 4.821,886; (21) 171.393; (22) MAR. 21, 1988; (51) B07 B13/00; (54) CLEANING DEVICE FOR AGRICULTURAL PRODUCTS; (76) HERMANN F. ROETHIG - SOUTH AFRICA.

PATENTE: (11) 2531615; (21) 8214141; (22) 10/10/82; (51) A 23 N 15/08; (54) MACHINE À PELER LES TUBERCULES, PAR EXEMPLE L'AIL; (71) MAYBON GÉRARD - FR.

PATENTE: (11) 2406964; (21) 7733473; (22) 28/10/77; (51) A 23 N 15/08; (54) MACHINE POUR CONDITIONNER DES PLANTES A BULBE; (71) COGEZ PAUL, GARELLA BAPTISTIN, SAULT ROBERT ET SUMIAN GUY - FR.

PATENTE: (11) (21) 7904175; (19) BR; (22) 02/07/79; (51) A 01 C 5/08; (54) Aperfeiçoamento em plantadeiras de cereais; (71) JOSÉ J. SANI S/A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO.

PATENTE: (11) (21) 8106889; (19) BR; (22) 22/10/81; (51) A 01 C 7/00; (54) Plantadeira de alho; (71) EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.

PATENTE: (11) (21) 8305650; (19) BR; (22) 10/10/83; (51) A 01 C 7/16; (54) Distribuidor de bulbilhos de alho; (71) ANTÔNIO SÉRGIO GOBBO, ARNO KERCHOFF, ARILDO THOMAZ WOELFEEL.

PATENTE: (11) (21) 8700996; (19) BR; (22) 16/02/87; (51) A 01 C 7/06; (54) Conjunto semeadeira e adubadeira para alho; (71) JOSÉ WILSON FERREIRA.

PATENTE: (11) 2.413.862; (19) FR; (21) 7800-569; (22) 10/01/78; (51) A 01 C 7/00; (54) Machine à planter les bulbes; (71) FRANÇOIS JEAN.

POSSAMAI, O. Desenvolvimento do Protótipo de uma Trilhadora Multicereal. **Dissertação de Mestrado.** Florianópolis, Santa Catarina: 1985, 150 p.

PUREWAL, S. S. & DARGAN, K. S. Effect of Fertilisers and Spacing on the Development and Yield of Garlic (*Allium sativum* L.) **Indian Journal of Agronomy.** n. 5, 1985, p. 262-268.

- REGINA, S. M. & RODRIGUES, J. J. **Peneiras já classificam o “Alho Planta”**. fev., 11 (10), 1969, p. 52-54.
- REGINA, S. M. **Informações Técnicas para a Cultura do Alho (*Allium sativum* L.)**. Belo Horizonte: 1976, 38 p.
- REZENDE FONTES, P. C. & MONTEIRO, P. A. Aspectos Econômicos da Cultura do Alho. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 4(48), dezembro, 1978.
- ROCHA, F. E., TSUJIMOTO, T. & MENEZES, J. A. S. Plantadora de Alho com Mecanismo Tipo Correia Dentada. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 15 (169), 1991, p. 37-39.
- ROCHA, F. E., FOLLE, S. M. & MAROUVELLI, V. A. Protótipos de equipamentos para produção de hortaliças. **Boletim**. Brasília, DF. EMBRAPA - CNPq, 1990.
- RODRIGUES, J. J. Efeito do Tamanho e Peso dos Bulbilhos sobre a Produção de Três Cultivares de Alho (*Allium sativum* L.) **Dissertação de Mestrado**. Viçosa: 1972, 36 p., 1972.
- SATURNINO, H. M. Colheita, Cura, Preparo, Embalagem e Armazenamento do Alho (*Allium sativum* L.) **Boletim Técnico**. Sete Lagoas: 91 p., 1976.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA IRRIGAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. COORDENAÇÃO ESTADUAL DE HORTICULTURA/IRRIGAÇÃO. Algumas observações e conclusões sobre o alho Catarinense. Marco Antonio Lucini. Circulação Interna. Florianópolis, dezembro, 1988.
- SEIXAS, Jorge & FOLLE, S. M. Plantadeira de alho. **Boletim**, Planaltina, EMBRAPA - CPAC, 1982.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística: resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos**. Tradução de Pedro Cosentino; ed. rev. por Carlos Jose Pereira de Lucena. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.
- SILVEIRA, Gastão M. Da **As máquinas de plantar: aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras, cultivadoras**. Rio de Janeiro: Ed.Globo, 1989.
- SOTOMAYOR, I. R. Efecto de la Fertilización Nitrogenada y Densidade de Plantas en la Producción de Ajos. **Revista Agricultura Técnica.**, n. 35, 1975, octubre-diciembre, p. 17.

SOUZA, R. J., MASCARENHAS, M. H. & SATURNINO, H. M.
Recomendações para a Cultura do Alho. **Boletim Técnico**. Sete
Lagoas: 15 p., 1976.

URIBE, A. A. & GACITÚA, M. E. Fertilización Nitrogenada y Densidade de
Plantación en el Cultivo de Ajos (*Allium sativum* L.) **Revista**
Agricultura Técnica. n. 36, 1976, abril-junho, p. 63-68, Chile.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Yearbook Production. 1993, v. 47.
- 02 - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA / CEPA. Alho. Florianópolis, 1995.
- 03 - KRAUSE, V. K. Análise e Avaliação da Experiência de um Programa de Substituição de Importações na Agricultura: O Caso do Alho no Planalto Catarinense. **Dissertação de Mestrado**. Itaguaí, Rio de Janeiro: 1991, 236 p.
- 04 - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. Proposta do Setor para Integração-Mercosul. **Análise da situação brasileira na produção e custos**. Brasília. **Circulação Interna**, 1991.
- 05 - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA / CEPA. Custos de Produção dos Principais Produtos Agropecuários. Florianópolis: v. 11, 5, junho, 1990.
- 06 - BERNARDI, J. B. Instruções para o cultivo do alho. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: **Boletim**, n. 173, 1967, 23 p.
- 07 - REGINA, S. M. **Informações Técnicas para a Cultura do Alho (*Allium sativum* L.)**. Belo Horizonte: 1976, 38 p.
- 08 - BIASI, J., VIZZOTTO, V. J. Aptidão agrícola dos solos para a cultura do alho. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. A cultura do alho em Santa Catarina. Florianópolis, 1983, p. 27-30.
- 09 - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Instruções Técnicas do CNP Hortaliças. Cultivo do Alho (*Allium sativum* L.). Distrito Federal, Brasília: CNPH, 1991, n. 2, fevereiro.
- 10 - BIASI, J., VIZZOTTO, V. J. Correção e adubação do solo para a cultura do alho. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária, Florianópolis, SC. A cultura do alho em Santa Catarina. Florianópolis, 1983, p. 31-39.
- 11 - COUTO, F. A. A. A Profundidade de Plantio de Alho. **Revista Olericultura**. Belo Horizonte: n. 4, 1964, p. 219-222.
- 12 - EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Fichário de tecnologias adaptadas. Fascículos n. 11 e 13. Distrito Federal. Brasília, 1983.

- 13 - AMARAL, F. A. L., SPIES, C. D., BRAGA, J. M., COUTO, F. A. A. & RESENDE, M. Localização de fertilizantes na cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Experientiae**, n. 11, 1971, p. 209-237.
- 14 - REGINA, S. M. & RODRIGUES, J. J. **Peneiras já classificam o "Alho Planta"**. fir, 11 (10), 1969, p. 52-54.
- 15 - BURBA, J. L., FONTAN, H. M., LANFRANCONI, L. & BERETTA, R. Influencia del Calibrado Mecanico en "Semilla" de Ajo (*Allium sativum* L.) sobre Producción Comercial. **Revista CS. Agropecuária**. Córdoba: III, octubre, 1982, p. 37-38.
- 16 - MASCARENHAS, M. H. T. Plantio e Espaçamento na Cultura do Alho. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 4 (48), 1978, p. 31-34.
- 17 - BURBA, J. L. Importancia de la Mecanización del Cultivo de Ajo "Semilla" (*Allium sativum* L.) entre las etapas de selección y Plantación y su Relación con los Rendimientos Comerciales. **Técnica para "Semilleros" de Ajo**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa : 1981, 29 p.
- 18 - COUTO, F. A. A. Resultados experimentais de seleção e métodos de plantio de Bulbilhos na Brotação, Crescimento e Produção de Alho. **Tese Catedrática**. Viçosa: 1958, 130 p.
- 19 - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura do Alho em Santa Catarina. Florianópolis: 1983, 98 p.
- 20 - ALVES, Sebastião. Notas sobre o cultivo do alho. **Colheitas e Mercados**. São Paulo: 5 (3) setembro, 1949, p. 7-11.
- 21 - CASTRONOVO, Alfonso. Ensáyos Culturales com Ajo em 1ª Region de Buenos Aires. **Revista de Investigaciones Agrícolas**. Buenos Aires: 4(4), 1950, p. 409-416.
- 22 - CHEN, J., KWONG, K. & CHIU, Y. Studies on the Feasibility of Mechanical Planting for Garlic (*Allium sativum* L.). **Revista Taiwan Sugar Research Institute**.n. 73, 1976, p. 31-41.
- 23 - BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria Ministerial nº 289 de 07/04/1982; Norma de Identidade, Qualidade e Embalagem do Alho. **Diário Oficial**. nº 3.543, abril, 1982.
- 24 - BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

- 25 - CAMPOS, V.F. **CQT: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)** / Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFRG. Rio de Janeiro: Bloch Editora, 1992.
- 26 - MUELLER, S., STUKER, H. & JOHN, J. Influência das Classes dos Bulbos de Alho (*Allium sativum* L.) no Peso dos Bulbilhos numa determinada Peneira. Florianópolis, no prelo.
- 27 - CHACON, E.C. Desenvolvimento do Protótipo de Debulhadora de Alho para Sementes. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1992.
- 28 - ARAUJO, Jr., C.S. Desenvolvimento de Tecnologias Adaptáveis à Mecanização da Colheita do Alho. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1993.
- 29 - COELHO, J.L. da Silva. Desenvolvimento de Protótipo de Beneficiadora e Classificadora de Bulbos de Alho. **Dissertação de Mestrado**. Florianópolis: 1995.
- 30 - CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Equipamentos Agrícolas Adequados ao Pequeno Produtor Rural. Brasília: 1983, 64 p.
- 31 - FOLLE, S. M., ROCHA, F. E. & FRANZ, C. A. B. Semeadora com Mecanismo Tipo Rotor com Espiral. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 15 (169), 1991, p. 31-32.
- 32 - PATENTE: (11) (21) 8106889; (19) BR; (22) 22/10/81; (51) A 01 C 7/00; (54) Plantadeira de alho; (71) EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
- 33 - ROCHA, F. E., TSUJIMOTO, T. & MENEZES, J. A. S. Plantadora de Alho com Mecanismo Tipo Correia Dentada. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: 15 (169), 1991, p. 37-39.
- 34 - CABRERA SIXTO, J.M. & SERWATOWSKI, R.J. Diseño de una Sembradora Neumática para Ajo. XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. Bauru, SP: Resumos, 1996. p. 549.
- 35 - PAHL, G. & BEITZ, W., **Engineering Design - A Systematic Approach**. London: The Design Council / Springer Verlag Ed., 1991.
- 36 - SPIEGEL, M. R. **Estatística: resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos**. Tradução de Pedro Cosentino; ed. rev. por Carlos José Pereira de Lucena. São Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

- 37 - DUAILIBI, R. & SIMONSEN, H. **Criatividade: a formulação de alternativas de marketing**. Editora Abril e McGraw-Hill do Brasil, 1971.
- 38 - LORETO, E. M. Análise de Custos Equivalentes das Alternativas para o Plantio de Alho (*Allium sativum* L.) **Dissertação de Mestrado**. Santa Maria: 1994, 94 p.
- 39 - HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Editora Atlas, 1979.
- 40 - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA / CEPA. Mercado Agrícola; Preços Pagos e Recebidos pelos Agricultores em Santa Catarina. Florianópolis, Dezembro de 1996.

PLANTIO MANUAL

	CENÁRIO P/1ha.	1.	2.	3.
CUSTO TOTAL DOLAR		3662,82	5969,82	11735,80
CUSTO FIXO		454,92	709,16	1665,31
CUSTO VARIÁVEL		3207,90	5260,23	10070,49
CUSTO INSUMOS		1859,25	3140,50	6311,51
C. SEMENTES		1205,43	2400,89	5069,87
C. DEMAIS INSUMOS		653,81	739,61	1241,65
CUSTO S. MECANICOS		234,42	283,55	451,63
CUSTO S. MANUAIS		851,24	1223,13	1674,70
CUSTO. OUTROS CV		262,99	613,06	1632,45
INSUMOS (I)		1859,25	3140,50	6311,51
Sementes		1205,43	2400,89	5069,87
Calcário		53,81	739,61	1241,65
Adubo corretivo				
Adubo base				
Herbicida				
Fungicida				
Inseticida				
Embalagem				
S. MECANICOS (T)		234,42	283,55	451,83
Aração		70,73	85,55	136,33
Gradagem		60,63	73,33	116,85
Distribuição calcário		4,04	4,89	7,79
Incorporação calcário		3,03	3,67	5,84
Distr. incorp. corretivo		15,16	18,33	29,21
Construção canteiro		30,31	36,67	58,43
Transporte interno		50,52	61,11	97,38
S. MANUAIS (M)		851,24	1223,13	1674,70
Sulcamento		20,51	29,47	40,35
Distr. incorp. corretivo		3,42	4,91	6,73
Adub. base e cobertura		17,09	24,56	33,63
Debulha sel. bulbilhos		109,40	157,19	215,22
Plantio		136,75	196,49	269,03
Capina		170,93	245,61	336,28
Aplicação defensivo		85,47	122,80	168,14
Colheita embalagem		307,68	442,09	605,31

CENÁRIO	1.	2.	3.
FATORES			
I1-Sementes	1205,43	2400,89	5069,87
I2-Calcário	653,81	739,61	1241,65
I3-Adubo corretivo			
I4-Adubo base			
I5-Herbicida			
I6-Fungicida			
I7-Inseticida			
I8-Embalagem			
T1-Aração	35,37	42,78	68,16
T2-Gradagem	30,31	36,67	58,43
T3-Distribuição calcário	2,02	2,44	3,99
T4-Incorp. calcário	1,52	1,83	2,92
T5-Distr. incorp. cor.	7,58	9,17	14,61
T6-Construção canteiro	15,16	18,33	29,21
T7-Transporte interno	16,84	20,37	32,46
M1-Sulcamento	10,26	14,74	20,18
M2-Distr. incor. cor.	1,71	2,46	3,36
M3-Ad. base cobertura	8,55	12,28	16,81
M4-Deb. sel. bulbilhos	54,70	78,59	107,61
M6-Plantio	68,37	98,24	134,51
M8-Capina	42,73	61,40	64,67
M9-Apl. defensivo	21,37	30,70	42,04
M12-Colheita embal.	76,92	110,52	151,33

FLUXO DE CAIXA
TAXA DE JUROS

6% a.a.

I1*F	1252,44	2494,52	5267,59
(I2..I8)*F	682,57	772,15	1296,28
(T1+T2)*F	135,95	164,46	262,04
(T3+T6)*F	53,87	65,12	103,99
T7*F	50,75	61,39	97,83
(M1..M6)*F	294,35	422,93	579,06
(M8+M9)*F	259,60	373,00	432,17
M12*F	334,54	480,69	658,16
TOTAL	3064,07	4834,26	8697,12

PLANTIO MANUAL

CENÁRIO 1 = BAIXO CUSTO

	Hectares						
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	
CUSTO TOTAL DOLAR	3662,82	6870,72	10078,62	13286,51	16494,41	24514,16	325
CUSTO FIXO	454,92	454,92	454,92	454,92	454,92	454,92	4
CUSTO VARIÁVEL	3207,90	6415,80	9623,69	12831,59	16039,49	24059,23	320
CUSTO INSUMOS	1859,25	3718,49	5577,74	7436,99	9296,24	13944,36	185
C. SEMENTES	1205,43	2410,87	3616,30	4821,74	6027,17	9040,76	120
C. DEMAIS INSUMOS	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
CUSTO S. MECANICOS	234,42	468,84	703,26	937,68	1172,10	1758,15	23
CUSTO S. MANUAIS	851,24	1702,48	2553,72	3404,96	4256,20	6384,30	85
CUSTO OUTROS CV	262,99	525,98	788,97	1051,96	1314,95	1972,43	26
INSUMOS (I)	1859,25	3718,49	5577,74	7436,99	9296,24	13944,36	185
Sementes	1205,43	2410,87	3616,30	4821,74	6027,17	9040,76	120
Calcário	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
Adubo corretivo							
Adubo base							
Herbicida							
Fungicida							
Inseticida							
Embalagem							
S. MECANICOS (T)	234,42	468,84	703,26	937,68	1172,10	1758,15	23
Aração	70,73	141,46	212,19	282,92	353,65	530,48	7
Gradagem	60,63	121,25	181,88	242,50	303,13	454,69	6
Distribuição calcário	4,04	8,08	12,13	16,17	20,21	30,31	
Incorporação calcário	3,83	8,86	8,89	12,13	15,16	22,73	
Distr. Incorp.corretivo	15,16	30,31	45,47	60,63	75,78	113,67	1
Construção canteiro	30,31	60,63	96,94	121,25	151,56	227,35	3
Transporte interno	50,52	101,04	151,56	202,09	252,61	378,91	5
S. MANUAIS (M)	851,24	1702,48	2553,72	3404,96	4256,20	6384,30	85
Sulcamento	20,51	41,02	61,54	82,05	102,56	153,84	2
Distr. incorp. corretivo	3,42	6,84	10,26	13,67	17,09	25,64	
Ad. base e cobertura	17,09	34,19	51,28	68,37	85,47	128,20	1
Debulha seleção bulbilho	109,40	218,79	328,19	437,58	546,98	820,47	10
Plantio	136,75	273,49	410,24	546,98	683,73	1025,59	13
Capina	170,93	341,96	512,79	683,73	854,66	1281,99	17
Aplicação defensivo	85,47	170,93	256,40	341,86	427,33	640,99	8

Colheita embalagem	307,68	615,35	923,03	1230,71	1538,38	2307,58	30
--------------------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	----

FATORES

I1-Sementes	1205,43	2410,87	3616,30	4821,74	6027,17	9040,76	120
I2-Calcário	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
I3-Adubo corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	35,37	70,73	106,10	141,46	176,83	265,24	3
T2-Gradagem	30,31	60,63	90,94	121,25	151,56	227,35	3
T3-Distribuição calcário	2,02	4,04	5,06	8,08	10,10	15,16	
T4-Incorporação calcário	1,52	3,03	4,55	6,06	7,58	11,37	
T5-Distr. incorp. corretivo	7,58	15,16	22,73	30,31	37,89	56,84	
T6-Construção canteiro	15,16	30,31	45,47	60,63	75,78	113,67	1
T7-Transporte interno	16,84	33,68	50,52	67,36	84,20	126,30	1
M1-Sulcamento	10,26	20,51	30,77	41,02	51,28	76,92	1
M2-Distr. incorp. corretivo	1,71	3,42	5,13	6,84	8,55	12,82	
M3-Ad. base cobertura	8,55	17,09	25,64	34,19	42,73	54,10	
M4-Debulha sel. bulbilho	54,70	109,40	164,09	218,79	273,49	410,24	5
M6-Plantio	68,37	136,75	205,12	273,49	341,86	512,79	6
M8-Capina	42,73	85,47	128,20	170,93	213,66	320,50	4
M9-Aplicação defensivo	21,37	42,73	64,10	85,47	106,83	160,25	2
M12-Colheita embalagem	76,92	153,84	230,76	307,68	384,60	576,89	7

FLUXO DE CAIXA
TAXA DE JUROS

6% a.a.

I1*F	1252,44	2504,89	3757,33	5009,78	6262,22	9393,34	128
(I2..I8)*F	682,57	1365,16	2047,74	2730,32	3412,90	5119,35	70
(T1+T2)*F	135,95	271,91	407,87	543,80	679,76	1019,66	13
(T3+T6)*F	53,87	107,70	159,51	215,41	269,26	403,93	5
T7*F	50,75	101,51	152,56	203,02	253,77	380,66	5
(M1..M6)*F	294,36	588,69	883,03	1177,37	1471,71	2187,08	29
(M8+M9)*F	259,60	519,21	778,81	1038,42	1297,98	1947,03	25
M12*F	334,54	669,66	1003,62	1336,16	1672,70	2509,05	33
TOTAL	3064,08	6128,73	9190,47	12254,28	15320,3	22960,1	312

PLANTIO MANUAL**CENÁRIO 2 = MÉDIO CUSTO**

	Hectares						
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	
CUSTO TOTAL DOLAR	5969,39	11229,62	16489,94	21750,07	27010,30	40160,86	533
CUSTO FIXO	709,16	709,16	709,16	709,15	709,16	709,16	7
CUSTO VARIÁVEL	5260,23	10520,45	15780,68	21040,91	26301,13	39451,70	526
CUSTO INSUMOS	3140,50	6280,99	9421,49	12561,98	15702,48	23553,72	314
C. SEMENTES	2400,89	4801,78	7202,67	9603,55	12004,44	18006,66	240
C. DEMAIS INSUMOS	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	3698,04	5547,06	73
CUSTO S. MECANICOS	283,55	567,09	850,64	1134,18	1417,73	2126,60	28
CUSTO S. MANUAIS	1223,13	2446,26	3669,38	4892,51	6115,64	9173,46	122
CUSTO OUTROS CV	613,06	1226,11	1839,17	2452,23	3065,28	4597,92	61
INSUMOS (I)	3140,50	6280,99	9421,49	12561,98	15702,48	23553,72	314
Sementes	2400,89	4801,78	7202,67	9503,55	12004,44	18006,66	240
Calcário	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	3698,04	5547,06	73
Adubo corretivo							
Adubo base							
Herbicida							
Fungicida							
Inseticida							
Embalagem							
S. MECANICOS (T)	283,55	567,09	850,64	1134,18	1417,73	2126,60	28
Aração	85,55	171,11	256,66	342,21	427,76	641,65	8
Gradagem	73,33	146,66	219,99	293,32	366,65	549,98	7
Distribuição calcário	4,89	9,78	14,67	19,55	24,44	36,67	
Incorporação calcário	3,67	7,37	11,88	14,87	18,33	27,58	
Distr. incorp. corretivo	18,33	36,67	55,00	73,33	91,66	137,50	1
Construção canteiro	36,67	73,33	110,00	146,66	183,33	274,99	3
Transporte interno	81,11	122,22	183,33	244,44	305,55	458,32	6
S. MANUAIS (M)	1223,13	2446,26	3669,38	4892,51	6115,64	9173,46	122
Sulcamento	29,47	58,95	88,42	117,89	147,36	221,05	2

Distr. incorp. corretivo	4,91	9,82	14,74	19,65	24,56	36,84	
Ad. base e cobertura	24,56	49,12	73,68	98,24	122,80	184,21	2
Debulha seleção bulbilho	157,19	314,38	471,57	628,76	785,95	1178,92	15
Plantio	196,49	392,97	589,46	785,95	982,43	1473,65	19
Capina	245,61	491,22	736,82	982,43	1228,04	1842,06	24
Aplicação defensivo	122,80	245,61	368,41	491,22	614,02	921,03	12
Colheita embalagem	442,09	884,19	1326,28	1768,38	2210,47	3315,71	44

FATORES

I1-Sementes	2400,89	4801,78	7202,67	9603,55	12004,44	18006,66	240
I2-Calcário	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	2698,04	5547,06	73
I3-Adubo corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	42,78	85,55	128,33	171,11	213,88	320,82	42
T2-Gradagem	36,67	73,33	110,00	146,66	183,33	274,99	3
T3-Distribuição calcário	2,44	4,89	7,33	9,78	12,22	18,33	
T4-Incorporação calcário	1,83	3,67	5,50	7,33	9,17	13,75	
T5-Distr. incorp. corretivo	9,17	18,33	27,50	36,67	45,83	68,75	
T6-Construção canteiro	18,33	36,67	55,00	73,33	91,66	137,50	1
T7-Transporte interno	20,37	40,74	61,11	81,48	101,85	152,77	2
M1-Sulcamento	14,74	29,47	44,21	58,95	73,68	110,52	1
M2-Distr. incorp. corretivo	2,46	4,91	7,37	9,82	12,28	18,42	
M3-Ad. base cobertura	12,28	24,56	36,84	49,12	61,40	92,10	1
M4-Debulha sel. bulbilho	78,59	157,19	235,78	314,38	392,97	589,46	7
M6-Plantio	98,24	196,49	294,73	392,97	491,22	736,82	9
M8-Capina	61,40	122,80	184,21	245,61	307,01	460,52	6
M9-Aplicação defensivo	30,70	61,40	92,10	122,80	153,51	230,26	3
M12-Colheita embalagem	110,52	221,05	331,57	442,09	552,62	828,93	11

FLUXO DE CAIXA

TAXA DE JUROS

6% a.a.

I1*F	2494,52	4989,04	7483,57	9978,08	12472,61	18708,91	249
(I2..I8)*F	772,15	1544,29	2316,44	3088,60	3816,75	5791,13	77
(T1+T2)*F	164,46	328,88	493,34	657,78	822,22	1233,32	16
(T3+T6)*F	65,12	130,29	195,42	260,57	325,70	488,57	10
T7*F	61,39	122,79	184,18	245,58	306,97	460,44	6

(M1..M6)*F	422,93	845,87	1268,80	1691,74	2114,67	3172,00	42
(M8+M9)*F	373,00	746,01	1119,05	1492,06	1865,10	2797,66	37
M12*F	480,69	961,39	1442,08	1922,77	2403,47	3605,20	48
TOTAL	4834,26	9668,56	14502,88	19337,18	24127,49	36257,23	487

PLANTIO MANUAL

CENÁRIO 3 = ALTO CUSTO

	Hectares							
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50		
CUSTO TOTAL DOLAR	11735,80	21806,29	30920,63	40991,12	51061,61	76237,84	101	
CUSTO FIXO	1665,31	1665,31	709,16	709,16	709,16	709,16		
CUSTO VARIÁVEL	10070,49	20140,98	30211,47	40281,96	50352,45	75528,67	100	
CUSTO INSUMOS	6311,51	12623,03	18934,54	25246,05	31557,57	47336,35	63	
C. SEMENTES	5069,87	10139,73	15209,60	20279,46	25349,33	38023,99	50	
C. DEMAIS INSUMOS	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	12	
CUSTO S. MECANICOS	451,83	903,66	1355,48	1807,31	2259,14	3388,71	4	
CUSTO S. MANUAIS	1674,70	3349,40	5024,10	6698,79	8373,49	12560,24	16	
CUSTO OUTROS CV	1632,45	3264,90	4897,35	6529,80	8162,25	12243,37	16	
INSUMOS (I)	6311,51	12623,03	18934,54	25246,05	31557,57	47336,35	63	
Sementes	5069,87	10139,73	15209,60	20279,46	25349,33	38023,99	50	
Calcário	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	12	
Adubo corretivo								
Adubo base								
Herbicida								
Fungicida								
Inseticida								
Embalagem								
S. MECANICOS (T)	451,83	903,66	1355,48	1807,31	2259,14	3388,71	4	
Aração	136,33	272,66	408,98	545,31	681,64	1022,46	1	
Gradagem	116,85	233,70	350,56	467,41	584,16	876,39	1	
Distribuição calcário	7,79	15,58	23,37	31,16	38,95	58,43		
Incorporação calcário	5,84	11,69	17,53	23,37	29,21	43,82		

Distr. incorp. corretivo	29,21	58,43	87,64	116,85	146,07	219,10	
Construção canteiro	58,43	116,85	175,28	233,70	292,13	438,20	
Transporte interno	97,38	194,75	292,13	389,51	486,88	730,33	
S. MANUAIS (M)	1674,70	3349,40	5024,10	6698,79	8373,49	12560,24	16
Sulcamento	40,35	80,71	121,06	161,42	201,77	302,66	
Distr. incorp. corretivo	6,73	13,45	20,18	26,90	33,63	50,44	
Ad. base e cobertura	33,63	67,26	100,89	134,51	168,14	252,21	
Debulha seleção bulbilho	215,22	430,44	645,67	860,89	1076,11	1614,17	2
Plantio	269,03	538,06	807,08	1076,11	1345,14	2017,71	2
Capina	336,28	672,57	1008,85	1345,14	1681,42	2522,14	3
Aplicação defensivo	168,14	336,28	504,43	672,57	840,71	1261,07	1
Colheita embalagem	605,31	1210,63	1815,94	2421,25	3026,56	4539,85	6

FATORES

I1-Sementes	5069,87	10139,73	15209,60	20279,40	25349,33	38023,99	506
I2-Calcário	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	124
I3-Adubo corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	68,16	136,33	204,49	272,66	340,82	511,23	6
T2-Gradagem	58,43	116,85	175,28	233,70	292,13	438,20	5
T3-Distribuição calcário	3,90	7,79	11,69	15,58	19,48	29,21	
T4-Incorporação calcário	2,92	5,84	8,76	11,69	14,61	21,91	
T5-Distr. incorp. corretivo	14,61	29,21	43,82	58,43	73,03	109,55	1
T6-Construção canteiro	29,21	58,43	87,64	116,85	146,07	219,10	2
T7-Transporte interno	32,46	64,92	97,38	128,84	162,29	243,44	3
M1-Sulcamento	20,18	40,35	60,53	80,71	100,89	151,33	2
M2-Distr. incorp. corretivo	3,36	6,73	10,09	13,45	16,81	25,22	
M3-Ad. base cobertura	16,81	33,63	50,44	67,26	84,07	126,11	1
M4-Debulha sel. bulbilho	107,61	215,22	322,83	430,44	538,06	807,08	10
M6-Plantio	134,51	269,03	403,54	538,06	672,57	1008,85	13
M8-Capina	84,07	168,14	252,21	336,28	420,36	630,53	8
M9-Aplicação defensivo	42,04	84,07	126,11	168,14	210,18	315,27	4
M12-Colheita embalagem	151,33	302,66	453,98	605,31	756,64	1134,96	15

FLUXO DE CAIXA

TAXA DE JUROS	6% a.a.						
I1*F	5267,59	10535,17	15802,77	21070,29	26337,95	39506,92	526
(I2..I8)*F	1296,28	2592,56	3888,83	5185,11	6481,40	9722,10	129
(T1+T2)*F	262,04	524,08	786,12	1048,16	1310,20	1965,32	26
(T3+T6)*F	103,81	207,60	311,41	415,22	519,03	778,52	10
T7*F	97,83	195,66	293,50	388,32	489,14	733,72	9
(M1..M6)*F	579,06	1158,16	1737,23	2316,33	2895,42	4343,10	57
(M8+M9)*F	510,74	1021,45	1532,19	2042,90	2553,68	3830,49	51
M12*F	658,16	1316,32	1974,49	2632,65	3290,81	4936,21	65
TOTAL	8775,51	17551	26326,54	35098,98	43877,63	65816,38	877

SISTEMA DE PLANTIO MECANIZADO

- Custo Total Dolar	3.594
- Custo Fixo	454
- Custo Variável.....	3.140
Custo Insumos (I)	1.990
C. Sementes (I 1)	1.334
C. Demais Insumos (I 2 + + 8).....	656
Custo Outros Variáveis.....	260
- Custo Serviços Mecânicos (T e Máq.)	487
C. Aração (T 1).....	70
C. Gradagem (T 2)	60
C. Distribuição Calcário (T 3).....	4
C. Incorporação Calcário (T 4).....	3
C. Distribuição, Incorporação de Corretivos (T 5)	14
C. Construção de Canteiros (T 6)	30
C. Transporte Interno (T 7)	50
C. Debulha (Máq. 1)	2
C. Classificação de Bulbilhos (Máq. 2)	2
C. Plantio (T 8)	202
C. Colheita (T 9)	20
C. Beneficiamento e Classificação (Máq. 3)	20
- Custo dos Serviços Manuais	404
C. Distribuição e Incorporação de Corretivos (M 2)	3
C. Adubação de Base e Cobertura (M 3).....	17
C. Desinfecção (M 5).....	4
C. Plantio (M 7).....	8
C. Capina (M 8)	170
C. Aplicação de Defensivos (M 9).....	84
C. Estaleiramento (M 10).....	64
C. Beneficiamento, Classificação e Embalagem (M 11).....	44

SISTEMA MECANIZADO

CENÁRIO: P/ 1 ha	1.	2.	3.
CUSTO MANUAL	3662,82	5969,39	11735,80
CUSTO TOTAL DOLAR	3594,99	5888,41	11885,48
CUSTO FIXO	454,92	709,16	1665,31
CUSTO VARIÁVEL	3140,07	5179,25	10220,17
CUSTO INSUMOS	1990,11	3401,16	6861,95
C. SEMENTES	1336,30	2661,55	5620,30
C. DEMAIS INSUMOS	653,81	739,61	1241,65
CUSTO S. MECÂNICOS	481,47	582,38	928,00
CUSTO S. MANUAIS	405,50	582,65	797,77
CUSTO OUTROS CV.	262,99	613,06	1632,45
INSUMOS (I)	1990,11	3401,16	6861,95
Sementes	1336,30	2661,55	5620,30
C. demais insumos	653,81	739,61	1241,65
Calcário			
Adubo corretivo			
Adubo base			
Herbicida			
Fungicida			
Inseticida			
Embalagem			
S. MECANICOS (T e Máq.)	481,47	582,38	928,00
Aração	70,73	85,55	136,33
Gradagem	60,63	73,33	116,85
Distr. Calcário	4,04	4,89	7,79
Incorp. Calcário	3,03	3,67	5,86
Distr. e incorp. de corretivos	15,16	18,33	29,21
Construção de canteiros	30,31	36,67	58,43
Transporte interno	50,52	61,11	97,38
Debulha	2,41	2,91	4,64
Classificação de bulbilhos	2,41	2,91	4,64
Plantio	202,00	244,34	389,34
Colheita	20,20	24,43	38,93
Beneficiamento e classificação	20,03	24,22	38,61
SERVIÇOS MANUAIS (M)	405,50	582,65	797,77
Distrib. E incorp. de corretivos	3,42	4,91	6,73
Adubação de base e cobertura	17,09	24,55	33,62
Desinfecção	5,47	7,86	10,76
Plantio	8,55	12,28	16,82
Capina	170,93	245,60	336,28
Aplicação de defensivos	85,47	122,81	168,15
Estaleiramento	68,40	98,28	134,57
Beneficiamento, classificação e embalagem	46,17	66,34	90,83

SISTEMA MECANIZADO**CENÁRIO 1 = BAIXO CUSTO**

	Hectares						
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	
CUSTO MANUAL	3662,82	7325,64	10988,40	14651,28	18314,10	27471,15	366
CUSTO TOTAL	3594,99	7189,98	10784,97	14379,96	17974,95	26962,42	359
CUSTO FIXO	454,92	454,92	454,92	454,92	454,92	454,92	4
CUSTO VARIÁVEL	3140,07	6280,14	9420,21	12560,28	15700,35	23550,52	314
CUSTO INSUMOS	1990,11	3980,22	5970,33	7960,44	9950,55	14925,82	199
C. SEMENTES	1336,30	2672,60	4008,90	5345,20	6681,50	10022,25	133
C. DEMAIS INSUMOS	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
CUSTO S. MECANICOS	481,47	962,94	1444,41	1925,88	2407,35	3611,02	48
CUSTO S. MANUAIS	405,50	811,00	1216,50	1622,00	2027,50	3041,25	40
CUSTO OUTROS CV	262,99	525,98	788,97	1051,96	1314,95	1972,43	26
INSUMOS (I)	1990,11	3980,22	5970,33	7960,44	9950,55	14925,82	199
Sementes	1336,30	2672,60	4008,90	5345,20	6681,50	10022,25	133
C. demais insumos	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
Calcário							
Adubo corretivo							
Adubo base							
Herbicida							
Fungicida							
Inseticida							
Embalagem							
S. MECANICOS (T e Máq)	481,47	962,94	1444,41	1925,88	2407,35	3611,02	48
Aração	70,73	141,46	212,19	282,92	353,65	530,48	7
Gradagem	60,63	121,25	181,88	242,50	303,13	454,69	6
Distribuição calcário	4,04	8,08	12,13	16,17	20,21	30,31	
Incorporação calcário	3,83	8,86	8,89	12,13	15,16	22,73	
Distr. incorp.corretivo	15,16	30,31	45,47	60,63	75,78	113,67	1
Construção de canteiros	30,31	60,63	96,94	121,25	151,56	227,35	3
Transporte interno	50,52	101,04	151,56	202,09	252,61	378,91	5
Debulha	2,41	4,82	7,23	9,64	12,05	18,07	
Classificação de bulbilhos	2,41	4,82	7,23	9,64	12,05	18,07	
Plantio	202,00	404,00	606,00	808,00	1010,00	1515,00	20
Colheita	20,20	40,40	60,60	80,80	101,00	151,50	2
Beneficiamento e classif.	20,03	40,06	60,09	80,12	100,15	150,22	2
SERVIÇOS MANUAIS (M)	405,50	811,00	1216,50	1622,00	2027,50	3041,25	40
Distr. incorp. Corretivo	3,42	6,84	10,26	13,67	17,09	25,64	
Ad. base e cobertura	17,09	34,19	51,28	68,37	85,47	128,20	1
Desinfecção	5,47	10,94	16,41	21,88	27,35	41,02	
Plantio	8,55	17,10	25,65	34,20	42,75	64,12	
Capina	179,93	341,86	512,79	993,73	954,66	1291,99	17

Aplicação defensivos	85,47	170,93	256,40	341,86	427,33	640,99	8
Estaleiramento	68,40	136,80	205,20	273,60	342,00	513,00	6
Beneficiamento, classificação e embalagem	46,17	92,34	138,51	184,68	230,85	346,27	4

FATORES

I1-Sementes	1336,30	2672,60	4008,90	5345,00	6681,50	10022,25	133
I2-Calcário	653,81	1307,63	1961,44	2615,25	3269,07	4903,60	65
I3-Adubo corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	35,37	70,73	106,10	141,46	176,83	265,24	3
T2-Gradagem	30,31	60,63	90,94	121,25	151,56	227,35	3
T3-Distribuição calcário	2,02	4,04	5,06	8,08	10,10	15,16	
T4-Incorporação calcário	1,52	3,03	4,55	6,06	7,58	11,37	
T5-Distr. incorp. corretivo	7,58	15,16	22,73	30,31	37,89	56,84	
T6-Construção de canteiros	15,16	30,31	45,47	60,63	75,78	113,67	1
T7-Transporte interno	16,84	33,68	50,52	67,36	84,20	126,30	1
Máq. 1 - Debulha	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	9,00	
Máq. 2 - Classif. bulbilho	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	9,00	
T8- Plantio	101,00	202,00	303,00	404,00	505,00	757,50	10
T9- Colheita	10,10	20,20	30,30	40,40	50,50	75,75	1
M2-Distr. incorp. corretivo	1,71	3,42	5,13	6,84	8,55	12,82	
M3-Ad. base cobertura	8,55	17,09	25,64	34,19	42,73	54,10	
M5-Desinfecção	2,73	5,46	8,19	10,92	13,65	20,47	
M7-Plantio	4,30	8,60	12,90	17,20	21,50	32,25	
M8-Capina	42,73	85,47	128,20	170,93	213,66	320,50	4
M9-Aplicação defensivos	21,37	42,73	64,10	85,47	106,83	160,25	2
M10-Estaleiramento	34,20	68,40	102,60	136,80	171,00	256,50	3
M11-Beneficiamento, classificação embalagem	23,08	46,16	69,24	92,32	115,40	173,10	2

FLUXO DE CAIXA

TAXA DE JUROS

6% a.a.

I1 x F	1388,41	2776,83	4165,24	5553,45	6942,07	10413,11	138
(I2....18) x F	682,57	1365,16	2047,74	2730,32	3412,90	5119,35	68
(T1 + T2) x F	135,95	271,91	407,87	543,80	679,76	1019,66	13
(T3....T6) x F	53,87	107,70	159,51	215,41	269,26	403,93	5
T7 x F	50,75	101,51	152,25	203,02	253,77	380,65	5
(T8 + Máq.1 + Máq.2) x F	211,97	423,94	635,91	847,88	1059,85	1589,77	21
(T9 + Máq.3) x F	43,73	87,46	131,19	174,93	218,66	327,98	4

(M1....M7) x F	35,44	70,86	106,31	141,75	177,18	245,26	3
(M8 + M9) x F	259,60	519,21	778,81	1038,42	1297,98	1947,03	25
M10 x F	71,82	143,64	215,46	287,28	359,10	538,65	7
M11 x F	48,23	96,47	144,71	192,94	241,18	361,77	4
TOTAL	2982,34	5964,69	8945	11929,2	14911,71	22347,16	298

SISTEMA MECANIZADO

CENÁRIO 2 = MÉDIO CUSTO

	Hectares						
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	
CUSTO MANUAL	5969,39	11938,78	17908,17	23877,56	29846,95	44770,43	596
CUSTO TOTAL	5884,85	11769,70	17654,55	23539,40	29424,25	44136,37	596
CUSTO FIXO	709,16	709,16	709,16	709,16	709,16	709,16	7
CUSTO VARIÁVEL	5175,69	10351,38	15527,07	20702,76	25878,45	38817,67	517
CUSTO INSUMOS	3140,50	6280,99	9421,49	12561,98	15702,48	23553,72	314
C. SEMENTES	2661,55	5323,10	7984,65	10646,20	13307,75	19961,62	266
C. DEMAIS INSUMOS	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	3698,04	5547,06	73
CUSTO S. MECANICOS	582,38	1164,76	1747,14	2329,52	2911,90	4367,85	58
CUSTO S. MANUAIS	582,65	1165,30	1747,95	2330,60	1913,25	4369,87	58
CUSTO OUTROS CV	613,06	1226,11	1839,17	2452,23	3065,28	4597,92	61
INSUMOS (I)	3401,16	6802,32	10203,48	13604,64	17005,80	25508,70	340
Sementes	2661,55	5323,10	7984,65	10646,20	13307,75	19961,62	266
C. demais insumos	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	3698,04	5547,06	73
Calcário							
Ad. corretivo							
Adubo base							
Herbicida							
Fungicida							
Inseticida							
Embalagem							
S. MECANICOS (T e Máq.)	582,38	1164,76	1747,14	2329,52	2911,90	4367,85	58
Aracao	85,55	171,11	256,66	342,21	427,76	641,65	8
Gradagem	73,33	146,66	219,99	293,32	366,65	549,98	7
Distr. Calcário	4,89	9,78	14,67	19,55	24,44	36,67	
Incorp. calcário	3,67	7,37	11,88	14,87	18,33	27,58	
Dist. incorp. corretivos	18,33	36,67	55,00	73,33	91,66	137,50	1
Construção de canteiros	36,67	73,33	110,00	146,66	183,33	274,99	3
Transporte interno	61,11	122,22	183,33	244,44	305,55	458,32	6
Debulha	2,91	5,82	8,73	11,64	14,55	21,82	
Classificação de bulbilhos	2,91	5,82	8,73	11,64	14,55	21,82	
Plantio	244,34	488,68	733,02	977,36	1221,70	1832,55	24
Colheita	24,43	48,86	73,29	97,72	122,15	183,22	2
Beneficiamento e classif.	24,22	48,44	72,66	96,88	121,10	181,65	2

SERVIÇOS MANUAIS (M)	582,65	1165,30	1747,95	2330,60	2913,25	4369,87	58
Distr. incorp. de corretivos	4,91	9,82	14,73	19,64	24,55	36,82	
Ad. base e cobertura	24,56	49,12	73,68	98,24	122,80	184,21	2
Desinfecção	7,86	15,72	23,58	31,44	39,30	58,95	
Plantio	12,28	24,56	36,84	49,12	61,40	92,10	1
Capina	245,61	491,22	736,82	982,43	1228,04	1842,06	24
Aplicação defensivos	122,80	245,61	368,41	491,22	614,02	921,03	12
Estaleiramento	98,28	196,56	294,84	393,12	491,40	737,10	9
Beneficiamento, classificação e embalagem	24,22	48,44	72,66	96,88	121,10	181,65	2

FATORES

I1-Sementes	2661,55	5323,10	7984,65	10646,20	13307,75	19961,62	266
I2-Calcário	739,61	1479,21	2218,82	2958,43	2698,04	5547,06	73
I3-Ad. corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	42,78	85,55	128,33	171,11	213,88	320,82	4
T2-Gradagem	36,67	73,33	110,00	146,66	183,33	274,99	3
T3-Distribuição calcário	2,44	4,89	7,33	9,78	12,22	18,33	
T4-Incorp. calcário	1,83	3,67	5,50	7,33	9,17	13,75	
T5-Distr. inc. corretivos	9,17	18,33	27,50	36,67	45,83	68,75	
T6-Construção canteiros	18,33	36,67	55,00	73,33	91,66	137,50	1
T7-Transporte interno	20,37	40,74	61,11	81,48	101,85	152,77	2
Máq. 1- Debulha	1,45	2,90	4,35	5,80	7,25	10,87	
Máq. 2- Classif. Bulbilho	1,45	2,90	4,35	5,80	7,25	10,87	
T8- Plantio	122,17	244,34	366,51	488,68	610,85	916,27	12
T9- Colheita	12,21	24,42	36,63	48,84	61,05	91,57	1
Máq. 3- Benefic.e classif.	12,11	24,22	36,33	48,44	60,55	90,82	1
M2-Distr. inc. corretivos	2,46	4,91	7,37	9,82	12,28	18,42	
M3-Ad. base cobertura	12,28	24,56	36,84	49,12	61,40	92,10	1
M5- Desinfecção	3,93	7,86	11,79	15,72	19,65	29,47	
M7-Plantio	6,14	12,28	18,42	24,56	30,70	46,05	
M8-Capina	61,40	122,80	184,21	245,61	307,01	460,52	6
M9-Aplicação defensivos	30,70	61,40	92,10	122,80	153,51	230,26	3
M10- Estaleiramento	49,14	98,28	147,42	196,56	245,70	368,55	4
M11-Beneficiamento, classif. e embalagem	33,17	66,34	99,51	132,68	165,85	248,77	3

FLUXO DE CAIXA

TAXA DE JUROS

6% a.a.

I1 x F	2765,35	5530,70	8296,05	11061,40	13826,75	20740,12	276
(I2....18) x F	722,15	1544,29	2316,44	3088,60	3816,75	5791,13	77
(T1 + T2) x F	164,46	328,88	493,34	657,78	822,22	1233,32	16
(T3....T6) x F	65,12	130,29	195,42	260,57	325,70	488,57	6
T7 x F	61,39	122,11	184,18	245,58	306,97	460,44	6
(T8 + Máq.1 + Máq.2) x F	256,39	512,78	769,18	1025,57	1281,96	1922,92	25
(T9 + Máq.3) x F	51,07	102,14	153,21	204,28	255,36	383,01	5
(M1....M7) x F	50,86	101,70	152,56	203,40	254,26	381,38	5
(M8 + M9) x F	373,00	746,01	1119,05	1492,06	1865,10	2797,65	37
M10 x F	103,19	206,38	309,58	412,77	515,97	773,95	10
M11 x F	69,32	138,65	207,97	277,30	346,62	519,92	6
TOTAL	4682,3	9463,93	14196,98	18929,31	23617,66	35492,41	473

SISTEMA MECANIZADO

CENÁRIO 3 = ALTO CUSTO

	hectares						
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	
CUSTO MANUAL	11735,80	21806,29	30920,63	40991,12	51061,61	76237,84	101
CUSTO TOTAL	11885,41	23770,82	35656,23	47541,64	59427,05	89140,57	118
CUSTO FIXO	1665,31	1665,31	709,16	709,16	709,16	709,16	
CUSTO VARIÁVEL	10220,17	20440,34	30660,51	40880,68	51100,85	76651,27	102
CUSTO INSUMOS	6311,51	12623,03	18934,54	25246,05	31557,57	47336,35	63
C. SEMENTES	5620,30	11240,60	16860,90	22481,20	28101,50	42152,25	56
C. DEMAIS INSUMOS	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	12
CUSTO S. MECANICOS	928,00	1856,00	2784,00	3712,00	4640,00	6960,00	9
CUSTO S. MANUAIS	797,77	1595,54	2393,31	3191,08	3988,85	5983,27	7
CUSTO OUTROS CV	1632,45	3264,90	4897,35	6529,80	8162,25	12243,37	16
INSUMOS (I)	6311,51	12623,03	18934,54	25246,05	31557,57	47336,35	63
Sementes	5069,87	10139,73	15209,60	20279,46	25349,33	38023,99	50
C. demais insumos	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	12
Calcário							
Adubo corretivo							
Adubo base							
Herbicida							
Fungicida							
Inseticida							
Embalagem							
S. MECANICOS (T e Máq.)	928,00	1856,00	2784,00	3712,00	4640,00	6960,00	9
Aração	136,33	272,66	408,98	545,31	681,64	1022,46	1
Gradagem	116,85	233,70	350,56	467,41	584,16	876,39	1
Distribuição calcário	7,79	15,58	23,37	31,16	38,95	58,43	
Incorp. calcário	5,84	11,69	17,53	23,37	29,21	43,82	
Distr. incorp. corretivos	29,21	58,43	87,64	116,85	146,07	219,10	
Construção de canteiros	58,43	116,85	175,28	233,70	292,13	438,20	
Transporte interno	97,38	194,75	292,13	389,51	486,88	730,33	

Debulha	4,64	9,28	13,92	1856	23,20	34,80	
Classificação de bulbilhos	4,64	9,28	13,92	1856	23,20	34,80	
Plantio	389,34	778,68	1168,02	1557,36	1946,70	2920,05	3
Colheita	38,93	77,86	116,79	155,72	194,65	291,97	
Beneficiamento e classif.	38,61	77,22	115,83	154,44	193,05	289,57	
S. MANUAIS (M)	797,77	1595,54	2393,31	3191,08	3988,85	5983,27	7
Distr. incorp. corretivos	6,73	13,45	20,18	26,90	33,63	50,44	
Ad. base e cobertura	33,63	67,26	100,89	134,51	168,14	252,21	
Desinfecção	10,76	21,52	32,28	43,04	53,80	80,70	
Plantio	16,82	33,64	50,46	67,28	84,10	126,15	
Capina	336,28	672,57	1008,85	1345,14	1681,42	2522,14	3
Aplicação defensivos	168,14	336,28	504,43	672,57	840,71	1261,07	1
Estaleiramento	134,57	269,14	403,71	538,28	672,85	1009,27	1
Beneficiamento, classif. e embalagem	90,83	181,66	272,49	363,32	454,15	681,22	

FATORES

I1-Sementes	5620,30	11240,60	16860,90	22481,20	28101,50	42152,25	562
I2-Calcário	1241,65	2483,30	3724,94	4966,59	6208,24	9312,36	124
I3-Adubo corretivo							
I4-Adubo base							
I5-Herbicida							
I6-Fungicida							
I7-Inseticida							
I8-Embalagem							
T1-Aração	68,16	136,33	204,49	272,66	340,82	511,23	6
T2-Gradagem	58,43	116,85	175,28	233,70	292,13	438,20	5
T3-Distribuição calcário	3,90	7,79	11,69	15,58	19,48	29,21	
T4-Incorporação calcário	2,92	5,84	8,76	11,69	14,61	21,91	
T5-Distr. inc. corretivos	14,61	29,21	43,82	58,43	73,03	109,55	1
T6-Construção canteiros	29,21	58,43	87,64	116,85	146,07	219,10	2
T7-Transporte interno	32,46	64,92	97,38	128,84	162,29	243,44	3
Máq. 1- Debulha	2,32	4,64	6,96	9,28	11,60	17,40	
Máq. 2- Classif. bulbilho	2,32	4,64	6,96	9,28	11,60	17,40	
T8- Plantio	194,67	389,34	584,01	778,68	973,35	1460,02	19
T9- Colheita	19,46	38,92	58,38	77,84	97,30	145,95	1
Máq. 3- Benef. e classif.	19,30	38,60	57,90	77,20	96,50	144,75	1
M2- Distr. incorp. cor.	3,36	6,73	10,09	13,45	16,81	25,22	
M3- Ad. base cobertura	16,81	33,63	50,44	67,26	84,07	126,11	1
M5- Desinfecção	5,38	10,76	16,14	21,52	26,90	40,35	
M7- Plantio	8,41	16,82	25,23	33,64	42,05	63,07	
M8- Capina	84,07	168,14	252,21	336,28	420,36	630,53	8
M9- Aplicação defensivos	42,04	84,07	126,11	168,14	210,18	315,27	4
M10- Estaleiramento	67,28	134,56	201,84	269,12	336,40	504,60	6
M11-Beneficiamento, classif. e embalagem	45,41	90,82	136,23	181,64	227,05	340,57	4

FLUXO DE CAIXA							
TAXA DE JUROS	6% a.a.						
I1 x F	5839,49	11678,98	17518,47	23357,96	29197,45	43796,18	583
(I2....18) x F	1296,28	2592,56	3888,83	5184,11	6481,40	9722,10	129
(T1 + T2) x F	262,04	524,08	786,12	1048,16	1310,20	1965,32	26
(T3....T6) x F	103,81	207,60	311,41	415,22	519,03	778,52	10
T7 x F	97,88	195,66	293,50	388,32	489,14	733,72	9
(T8 + Máq.1 + Máq.2) x F	408,58	817,17	1225,75	1634,34	2042,92	3064,38	40
(T9 + Máq.3) x F	81,39	162,79	244,18	325,58	406,98	610,47	8
(M1....M7) x F	69,61	139,27	208,89	278,53	348,15	523,52	6
(M8 + M9) x F	510,74	1021,45	1532,19	2042,90	2553,68	3830,49	51
M10 x F	141,28	282,57	423,86	565,15	706,44	1059,66	14
M11 x F	94,90	189,81	284,72	379,62	474,53	711,79	9
TOTAL	8906	17811,94	26717,92	35619,89	44529,92	66796,15	890
