

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

**Colhedora-beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: Projeto
informacional e conceitual**

André Oldoni

Pelotas, 2012

André Oldoni

Colhedora-beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: Projeto
informacional e conceitual

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Produção Agrícola
Familiar da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito à obtenção
do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (DER-FAEM-UFPEL)

Co-Orientador: Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis (DER-FAEM-UFPEL)

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

O44c Oldoni, André

Colhedora-beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: projeto informacional e conceitual / André Oldoni; orientador Antônio Lilles Tavares Machado; co-orientador Ângelo Vieira dos Reis. - Pelotas, 2012. -108f. : il. - Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1. Allium cepa 2.Máquinas agrícolas 3.Projeto de máquinas
4.Pequenas propriedades I. Machado, Antônio Lilles Tavares
(orientador) II. Título.

CDD 631.33

Banca examinadora:

Prof. Dr. Amauri Cruz Espírito Santo (UFPEL)

Prof. Dr. Mauro Fernando Ferreira (UFPEL)

Prof. Dr. Roberto Lilles Tavares Machado (UFPEL)

Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (UFPEL)

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a minha noiva Denise de Souza Martins pelo carinho, apoio, companheirismo, dedicação e ajuda nesta etapa muito importante de minha vida.

Agradeço aos amigos, professor Antônio Lilles Tavares Machado pela amizade, orientação, paciência, disponibilidade e profissionalismo e professor Ângelo Vieira dos Reis pela co-orientação, amizade, ajuda e atenção.

Aos demais professores do departamento de Engenharia Rural FAEM-UFPEL, Mauro Fernando Ferreira e Roberto Lilles Tavares Machado.

Aos grandes amigos, companheiros e colegas Roger Toscan Spagnolo, Sandro Silva Teixeira, Tiago Vega Custódio, Tiago Lopes Bertoldi, Bóris Kluwe Niemczewski, Fabrício Ardais Medeiros, pelo incentivo, ajuda e amizade.

Aos bolsistas acadêmicos de Engenharia Agrícola Marcel Dornelles Brim, Nander Ferraz Hornke e César Silva de Moraes, pela dedicação e trabalho durante o desenvolvimento do projeto.

Aos integrantes da equipe de projeto que tiveram grande participação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais colegas e amigos que me apoiaram e me incentivaram.

Aos agricultores familiares produtores de cebolas dos municípios estudados, em especial os de Tavares pela hospitalidade e atenção.

Ao CNPq pelo apoio financeiro com concessão da minha bolsa de mestrado e bolsas de Iniciação Científica para os colaboradores da graduação.

Aos meus pais Antônio Oldoni e Elisete Dolores Tomelero Oldoni, pela vida, dedicação, ajuda e apoio, aos meus irmãos Rafael Oldoni e Eliane Oldoni pelo apoio e demais familiares que de alguma forma me incentivaram.

À Donatilia de Souza Martins e Gilney Martins pelas preciosas informações, apoio e incentivo.

A todos que participaram e contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento do presente trabalho, pois só foi possível sua conclusão porque mentes participaram da sua elaboração.

Enfim...

MUITO OBRIGADO A TODOS!

Resumo

OLDONI, André. **Colhedora–beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: Projeto informacional e conceitual**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A cebola (*Allium cepa* L.) é considerada de grande importância social e econômica no Brasil, sendo que 70% de sua produção é proveniente da agricultura familiar. O cultivo da cebola tem passado como tradição de geração para geração entre os agricultores familiares, que utilizam uma série de ferramentas e máquinas bastante simples para a implantação da lavoura. O esforço físico demandado, principalmente nas fases de transplante e colheita, que são realizadas de forma inteiramente manual, é grande. Normalmente as empresas fabricantes de máquinas agrícolas não apresentam interesse por este setor, assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver um sistema mecanizado com a finalidade de colher e beneficiar cebolas direcionadas às necessidades dos agricultores familiares. A base da metodologia utilizada encontra-se fundamentada em um modelo de fases o qual divide-se em: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, sendo que neste trabalho executou-se as duas primeiras. Na primeira fase, projeto informacional, foram identificadas as necessidades dos clientes de acordo com as funções que desenvolvem dentro de cada fase do ciclo de vida do produto para estabelecimento das especificações de projeto. Na fase de projeto conceitual verificou-se o escopo do problema, estabelecendo-se as estruturas funcionais viáveis para o atendimento das especificações de projeto. Realizaram-se pesquisas por princípios de solução, selecionando as combinações mais promissoras a fim de escolher a mais adequada para o atendimento das necessidades encontradas. O escopo do problema encontrado foi: retirar e ensacar bulbos limpos e ilesos com precisão, adequada a diferentes profundidades e larguras. Desta forma encontrou-se a estrutura funcional que mais se adequou ao atendimento dos requisitos de projeto. Obteve-se quatro concepções de máquinas uma das quais foi selecionada e otimizada, evoluindo-a para a concepção final.

Palavras-chave: *Allium cepa*, máquinas agrícolas, projeto de máquinas, pequenas propriedades.

Abstract

OLDONI, André. **Harvester-processed onions to the family farm: Informational and Conceptual Design**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The onion (*Allium cepa* L.) is considered of great social and economic importance in Brazil, and 70% of its production comes from family farmers. The production of onions is a tradition passed from generation to generation among the farmers, using simple tools and machines for the implementation of the crop. The physical exertion demanded, especially in transplant and harvest stages, which are carried out entirely by hand, is quite large. Usually the manufacturers of agricultural machinery have no interest in this sector. The aim of this study was to develop a mechanized system for the purpose of harvesting and benefit onions adapted to needs of family farmers. The methodology used is based on a phase model which is divided into: informational design, conceptual design, preliminary design and detailed design, and performed this work is the first two. In the first phase, informational design, we identified the needs of clients according to the functions that develop within each phase of the life cycle of the product to establish the design specifications. In the conceptual design phase there was the scope of the problem, establishing the functional structures feasible to meet the design specifications. There were searches for solution principles, selecting the most promising combinations of these principles with aim to choose the most appropriate to satisfy the needs met. The scope of the problem was found, remove and bag clean and undamaged bulbs with precision suitable for different depths and widths. Thus met the functional structure that best suits complying with the requirements of the project. We obtained four conceptions of machines one of than was selected and optimized, evolving it to the final design. This was the one that was more appropriate and feasible to build a prototype to carry out the harvesting and processing of onions.

Keywords: *Allium cepa*, agricultural machinery, machine design, small properties.

Lista de figuras

Figura 1	Morfologia da cebola.....	17
Figura 2	Formatos e coloração dos bulbos de cebola.....	19
Figura 3	Classificação da cebola em classes ou calibres de acordo com o diâmetro transversal do bulbo (LUENGO et al., 1999).....	19
Figura 4	Desenho esquemático de uma colhedora de cebolas patenteada em 1901.....	22
Figura 5	Desenho esquemático de uma colhedora de cebolas patenteada em 1926.....	22
Figura 6	Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada em 1950.....	23
Figura 7	Desenho esquemático da recolhedora de cebolas patenteada em 1971.....	24
Figura 8	Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada em 2004.....	24
Figura 9	Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada no Brasil em 2008.....	25
Figura 10	Recolhedora e beneficiadora de cebolas produzida por Hennipman.....	26
Figura 11	Colhedora de cebolas da marca Asa.....	26
Figura 12	Recolhedora de cebolas da marca AVR.....	27
Figura 13	Colhedora e beneficiadora de cebolas da marca Uniekum.....	27
Figura 14	Modelo do processo de projeto adaptado a partir de Reis (2003).....	29
Figura 15	Etapas do projeto informacional adaptado a partir de Reis (2003).....	33
Figura 16	Espiral do desenvolvimento (ciclo de vida) com os setores vinculados ao projeto e pessoal envolvido no projeto informacional (Fonseca, 2000).....	34
Figura 17	Classificação dos requisitos de projeto segundo a proposta de Fonseca (2000).....	37
Figura 18	Esquema de construção da matriz da casa de qualidade adaptada de Reis (2003).....	39
Figura 19	Etapas do projeto conceitual adaptado de Reis (2003).....	42

Figura 20	Métodos utilizados na busca por princípios de solução adaptado de Reis (2003).....	46
Figura 21	Identificação dos clientes ao longo das fases do ciclo de vida do produto.....	49
Figura 22	Frequência de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, em ha.....	51
Figura 23	Frequência de agricultores familiares entrevistados de acordo com a área cultivada com cebolas, em ha.....	51
Figura 24	Fases do cultivo da cebola em que se necessita maior quantidade de mão-de-obra, segundo a ordem de importância para os agricultores entrevistados.....	52
Figura 25	Sistemas mecanizados mais necessários para o cultivo da cebola para os agricultores entrevistados.....	52
Figura 26	Problemas mais frequentes de saúde relacionados ao cultivo da cebola, segundo os agricultores entrevistados.....	53
Figura 27	Gastos com contratação de mão-de-obra externa e utilização de mão-de-obra familiar na etapa de colheita da cebola, em Reais (R\$) por safra.....	53
Figura 28	Produtividade das lavouras de cebola.....	54
Figura 29	Duração da colheita da cebola em dias.....	54
Figura 30	Tipo de tração utilizada pelos entrevistados nas atividades agrícolas dentro da unidade familiar.....	55
Figura 31	Potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados.....	55
Figura 32	Principais funções que uma máquina para colheita de cebolas precisa desempenhar, além de retirar as cebolas do solo para os agricultores entrevistados.....	56
Figura 33	Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina para colheita de cebolas que, além de retirar do solo, corte e ensaque as cebolas.....	56
Figura 34	Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina que apenas retire as cebolas do solo.....	57
Figura 35	Demais culturas produzidas nas unidades familiares além da cebola, por ordem de importância para os agricultores entrevistados.....	57
Figura 36	Distribuição dos requisitos de clientes do projeto nas fases do ciclo de vida do produto.....	59

Figura 37	Requisitos de projeto obtidos classificados segundo a proposta de Fonseca (2000).....	63
Figura 38	Diagrama de Mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.....	64
Figura 39	Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto.....	66
Figura 40	Terço superior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	67
Figura 41	Terço médio da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	67
Figura 42	Terço inferior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	68
Figura 43	Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço superior.....	71
Figura 44	Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço médio.....	72
Figura 45	Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço inferior.....	73
Figura 46	Esquema montado para verificação do escopo do problema com cinco passos, baseado em Pahl & Beitz (1996) e Pahl et al. (2005).....	75
Figura 47	Descrição geral da entrada e saída associada ao símbolo e o que representa.....	76
Figura 48	Diagramas de blocos representando a função global e as funções parciais derivadas da mesma.....	77
Figura 49	Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F1, acoplar à fonte de potência.....	79
Figura 50	Diagramas de blocos das subfunções alternativas F2a, F2b, F2c e F2d compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F2 – Remover parte aérea.....	80
Figura 51	Diagramas de blocos das subfunções alternativas F2e, F2f e F2g compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F2 – Remover parte aérea.....	81
Figura 52	Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F3 – Retirar cebolas do solo.....	82

Figura 53	Diagrama de blocos da subfunção alternativa F4a composta por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.....	83
Figura 54	Diagramas de blocos das subfunções alternativas F4b e F4c compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.....	84
Figura 55	Diagrama de blocos da subfunção alternativa F4d composta por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.....	85
Figura 56	Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F5 – Ensacar bulbos.....	86
Figura 57	Estrutura funcional selecionada.....	88
Figura 58	Notação das funções e subfunções, descrição e detalhamento destas e definição dos materiais, energias e sinais envolvidos em cada função.....	90
Figura 59	Matriz morfológica dos princípios de solução encontrados para cada função elementar da estrutura funcional.....	92
Figura 60	Concepção 1 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução	95
Figura 61	Concepção 2 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução	96
Figura 62	Concepção 3 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução	97
Figura 63	Concepção 4 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução	98
Figura 64	Concepção final evoluída da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução mais promissores.....	101

Lista de tabelas

Tabela 1.	Classe dos requisitos dos clientes hierarquizados.....	65
Tabela 2.	Matriz de avaliação das concepções.....	99

Lista de abreviaturas e siglas

ANACE – Associação Nacional de Produtores de Cebola

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

EPO – European Patent Office

F – Subfunção

FP – Função Parcial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

QFD – Quality Function Deployment

Rc – Requisito de cliente

Rp – Requisito de projeto

USPTO – United States Patent and Trademark Office

t – Toneladas

Sumário

1.	Introdução	13
2.	Hipótese.....	15
3.	Objetivos	16
3.1.	Objetivo geral.....	16
3.2.	Objetivos específicos	16
4.	Revisão bibliográfica.....	17
4.1.	A cultura da cebola	17
4.2.	Máquinas agrícolas para a cultura da cebola	21
4.3.	Metodologia de projeto	28
5.	Metodologia	31
5.1.	Projeto Informacional	31
5.2.	Projeto Conceitual.....	41
6.	Resultados e discussões	48
6.1.	Projeto informacional	48
6.2.	Projeto conceitual	74
7.	Conclusões	103
8.	Referências Bibliográficas	104
	APÊNDICE A.....	107
	APÊNDICE B.....	108

1. Introdução

Na horticultura brasileira, a cebola (*Allium cepa* L.) é considerada de grande importância social e econômica, estando em 3º lugar entre as hortaliças de maior importância econômica, abaixo somente da batata e do tomate, e vem apresentando significativo aumento de produção nos últimos anos (IBGE, 2009).

No Brasil, a região Sul é a principal produtora de cebola, colaborando com 50% das 1.753.311 t produzidas no país. Dentre os três estados da região Sul, Santa Catarina produz 561.184 t, Rio Grande do Sul 180.186 t e Paraná 132.896 t (IBGE, 2010).

O sul do Rio Grande do Sul é a região com maior produção de cebolas no estado, sendo que o município de São José do Norte destaca-se como o maior produtor com 29.700 t de cebolas. Outros dois importantes municípios produtores são Tavares, com 15.000 t, e Rio Grande, com 14.400 t, produzindo juntos 33% do total de cebolas do estado (IBGE, 2010).

Estima-se que 70% da produção da cebola brasileira seja proveniente da agricultura familiar, principalmente nas regiões Sul e Nordeste, envolvendo cerca de 60.000 famílias que têm a cebola como atividade principal (EPAGRI, 2000).

Estas famílias fazem parte da classe de produtores de alimentos, que compõem apenas 30% da população mundial, enquanto os outros 70% vivem em áreas urbanas, não produzindo o que consomem. Grande parte destes agricultores familiares produz alimentos somente para o autoconsumo da família, utilizando para isto, uma série de ferramentas e máquinas bastante simples (MOLIN et al., 2001).

O cultivo da cebola tem passado como tradição de geração para geração entre os agricultores familiares, que aprenderam com seus pais e continuam a fazê-lo da mesma forma, tanto por questões culturais como pelo despreparo técnico para outras culturas (MURADAS, 2002). Esse fato faz com que, em muitas oportunidades, os próprios produtores adaptem e desenvolvam equipamentos, utilizando o método empírico da tentativa e erro, com limitações tecnológicas e sem uma base metodológica de projeto adequada, contudo, deve ser destacada a criatividade das soluções e a utilização de poucos recursos para implementá-las (MEDEIROS et al., 2000; TEIXEIRA, 2008).

O processo produtivo da cebola adotado pelos agricultores familiares no Rio Grande do Sul, também encontrado em outras regiões do Brasil, é quase que na sua

totalidade, realizado de forma manual necessitando grande esforço físico do agricultor, principalmente nas fases de transplante e colheita, pois os agricultores necessitam ficar inclinados enquanto realizam as atividades, gerando dores nas costas, nos joelhos e na cabeça.

Estas etapas são realizadas na região Sul do Rio Grande do Sul, inteiramente de forma manual (MURADAS, 2002; SANTOS, 2007), não existindo sistemas mecanizados que possam diminuir o trabalho dos agricultores familiares. Por se tratar de uma atividade que utiliza modelos e costumes herdados, além de outras características específicas, os agricultores familiares não se adaptam às máquinas que surgem no mercado, tampouco o contrário, pois apresentam sistemas limitantes às práticas cotidianas.

A etapa de colheita dentro do processo produtivo da cebola necessita de grande quantidade de mão-de-obra, condição esta que surge devido à necessidade em realizá-la em menor tempo possível, objetivando-se retirar os bulbos quando a rama ainda tenha resistência ao esforço de arranque, visto que é removida de forma manual. Os bulbos também devem estar o mais próximo possível do ponto de maturação, estado este ótimo para o armazenamento, sendo uma estratégia importante para que o agricultor possa aumentar o período de comercialização dos mesmos. Em se tratando de colheita mecanizada de cebola cultivada em pequenas áreas no Brasil praticamente não existem pesquisas e investimentos. Por se tratar de uma cultura que se utiliza de mão-de-obra familiar para a realização das tarefas, onde o tamanho da propriedade cultivada em questão é pequeno, não há interesse por parte das grandes empresas fabricantes de máquinas agrícolas por este setor.

A prática atualmente utilizada para a colheita de cebolas apresenta obstáculos quanto à rapidez e minimização do esforço físico para sua execução, demandando bastante tempo do agricultor e em algumas oportunidades a necessidade de contratação de mão-de-obra tanto para esta etapa do processo quanto para a etapa de beneficiamento que compreende as tarefas de corte do talo e da raiz, restando somente o bulbo. Diante do exposto em relação aos problemas encontrados no sistema de cultivo da cebola, principalmente no que se refere à colheita e ao beneficiamento, percebe-se a importância do estudo e o desenvolvimento do projeto de um sistema mecanizado destinado à colheita e beneficiamento de cebolas, com especial atenção às necessidades dos agricultores familiares.

2. Hipótese

A hipótese formulada constitui-se em suposição admissível a partir da evolução do raciocínio dedutivo implícito à teorização sobre o problema, obtendo-se a seguinte:

Hipótese – É possível desenvolver uma concepção de colhedora-beneficiadora de cebolas, que atenda as necessidades dos agricultores familiares.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Desenvolver o projeto informacional e o projeto conceitual de um sistema mecanizado com a finalidade de colher e beneficiar cebolas, movidos por tração mecânica, direcionado às necessidades dos agricultores familiares.

3.2. Objetivos específicos

Identificar o perfil do sistema de produção de cebolas realizado pela agricultura familiar da região Sul do estado do Rio Grande do Sul, bem como sua necessidade em relação a máquinas;

Aplicar o modelo de fases nas etapas do desenvolvimento do projeto informacional e conceitual;

Analisar os princípios de solução mais promissores para o desenvolvimento da concepção da máquina de forma a contribuir para minimização do trabalho com a colheita da cebola.

Estabelecer a concepção adequada aos requisitos dos clientes.

4. Revisão bibliográfica

4.1. A cultura da cebola

Pertencente à família Alliaceae, a cebola (*Allium cepa* L.) é bastante adaptável a diferentes climas (temperatura e fotoperíodo), tornando-se um importante alimento em vários países.

O início do cultivo da cebola nas Américas deu-se a partir da colonização pelos europeus, sendo que na região litorânea do Rio Grande do Sul, foi trazida por imigrantes açorianos por volta do século XVIII, passando, desde então, por seleção natural praticada pelos agricultores, e melhoramento genéticos pelos centros de pesquisa, dando origem a variedades mais adaptadas às condições locais (BARBIERI & MEDEIROS, 2005).

Os fatores ambientais levaram as espécies ancestrais da cebola cultivada a formarem estruturas de reserva, cabendo ao homem a seleção destas plantas para características de interesse, como bulbos maiores, crescimento rápido e ciclo de vida mais curto. Assim o ambiente e o homem moldaram a morfologia da cebola. As raízes da cebola são adventícias formadas ao redor do caule, que está localizado na base da planta, sendo achatado, com formato discoidal, também chamado de prato (Figura 1). Do centro deste disco surgem as folhas, simples, umas opostas às outras e alternadamente, formadas por limbo (lâmina foliar indivisa) e bainha. As folhas jovens crescem de forma que a bainha (catáfilo interno) envolve completamente o ponto de crescimento e forma um tubo que encapsula os primórdios foliares e o meristema apical (HEIDEN, 2005).

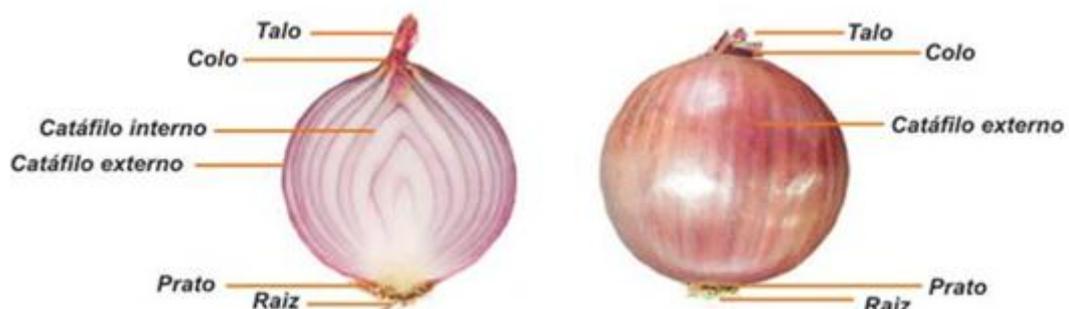


Figura 1. Morfologia da cebola.

Fonte: <http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/hortalicas/cebola.htm>

Parte desta bainha permanece sobre o solo e a outra porção, dilatada, permanece subterrânea. Esta porção subterrânea composta pelas bainhas túrgidas e pelo caule forma uma estrutura de reserva chamada bulbo (HEIDEN, 2005).

A bulbificação na cebola é induzida pelo fotoperíodo (horas de luz), sendo que o aumento deste induz a bulbificação. A necessidade de horas de luz para o início da bulbificação depende das características genéticas das plantas, podendo variar de 12 horas para cultivares precoces a 14 horas para cultivares tardias (FILGUEIRA, 2003).

Os estádios iniciais de formação dos bulbos envolvem o espessamento das bainhas foliares, sendo precedido pelo seu alongamento repentino. Durante o crescimento do bulbo o desenvolvimento de folhas com limbo pára e passam a ser formadas apenas bases foliares túrgidas e sem limbo, dentro das bases das folhas mais velhas (HEIDEN, 2005). Com isso o pseudocaule (talo) torna-se oco, além de perder turgidez e ficar macio quando se aproxima do ponto de colheita, causando a queda da folhagem, também chamada de “estalo”, que indica a maturidade dos bulbos (HEIDEN, 2005). Um bulbo de cebola típico na maturidade tem duas peles secas (casca ou catáfilo externo) encapsulando as bainhas.

O estágio de desenvolvimento ou maturação da cebola na colheita pode influenciar o tamanho, a qualidade, a porcentagem de brotação, a perda de matéria fresca total e a incidência de podridões pós-colheita nos bulbos (FINGER et al., 2006). Alguns autores recomendam a realização da colheita dos bulbos quando o total das plantas tombadas está entre 50 e 80% (BREWSTER, 1994). Porém, a porcentagem mínima de plantas estaladas para o início da colheita é fortemente influenciada pelo genótipo e pelas condições de temperatura e da umidade do ambiente (FINGER et al., 2006). Neste trabalho os autores mostraram que para as cultivares ‘Granex’ e ‘Jubileu’ cultivadas em Viçosa, a colheita dos bulbos 15 dias antes do estalo propiciou menores perdas pós-colheita do que quando colhidos no estalo.

O bulbo possui coloração e conformação variável (Figura 2), sendo devido ao formato dividido em dois grupos. No grupo 1 se enquadram os bulbos de formato redondo, oblongo ou periforme e no grupo 2 bulbos de formato achatado.



Figura 2. Formatos e coloração dos bulbos de cebola.

Fonte: <http://www.faepe.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/hortalicas/cebola.htm>

A cebola é classificada em classes ou calibres, de acordo com o maior diâmetro transversal do bulbo, e em tipos ou graus de seleção, de acordo com os índices de defeitos nas amostras (LUENGO et al., 1999). De acordo com o diâmetro transversal do bulbo a cebola será classificada em 04 classes (Figura 3).

Classes ou calibres	Maior diâmetro transversal (mm)
2	$35 < D < 50$
3	$50 < D < 70$
4	$70 < D < 90$
5	$D > 90$

Figura 3. Classificação da cebola em classes ou calibres de acordo com o diâmetro transversal do bulbo (LUENGO et al., 1999).

A produção mundial de cebola em 2009 foi de 64,475 milhões de toneladas em 3,45 milhões de hectares, alcançando uma produtividade de $18,6 \text{ t ha}^{-1}$ (TOSTA et al., 2009). O principal país produtor é a China, seguida pela Índia e os Estados Unidos, sendo que o Brasil se encontra na 8ª colocação com mais de 1,4 milhões de toneladas, segundo estimativa do IBGE para a produção de 2011 (IBGE, 2011).

Números do IBGE (2010) mostram que a área cultivada com cebolas no Brasil foi de 64.011 hectares em 2009, com produção de 1.373.275 toneladas, sendo que destas, 12,5% (171.826 toneladas) foram produzidas no Rio Grande do Sul numa área correspondente a 16,8% (10.798 hectares) da área nacional.

O sudeste do Rio Grande do Sul é a região com maior produção de cebolas no estado, com 56.755 toneladas, e o município de São José do Norte destaca-se como o maior produtor com 29.700 toneladas de cebola, mais de 50% da produção total da região, outros dois importantes municípios produtores são Tavares com 15.000 toneladas e Rio Grande com 14.400 toneladas (IBGE, 2010).

Os municípios de São José do Norte, Tavares e Mostardas, localizados no litoral médio do Rio Grande do Sul, têm o plantio da cebola como produto mais tradicional da região. Mesmo estando perdendo espaço para outras culturas, a cebola ainda é responsável por uma boa parcela da renda agrícola local, além de carregar um forte valor tradicional, por ser uma cultura típica da agricultura familiar. Essa é uma característica comum da cebolicultura brasileira, conforme aponta Melo (2002 apud CORRÊA et al., 2009).

De acordo com VILELA et al. (2005), a cultura da cebola é uma atividade de elevada importância socioeconômica e grande geradora de empregos e renda na agricultura familiar brasileira. Estima-se que 70% da produção de cebolas brasileiras seja proveniente da agricultura familiar, principalmente nas regiões Sul e Nordeste, envolvendo cerca de 60.000 famílias que têm a cebola como atividade principal (EPAGRI, 2000).

De acordo com a Associação Nacional dos Produtores de Cebola (ANACE, 2002), a colheita de cebolas no Rio Grande do Sul é realizada manualmente entre os meses de novembro, dezembro e janeiro, com comercialização do produto nos meses de janeiro a abril. Essa variação se dá por haver um grande período de cultivo para a cebola, que depende do fotoperíodo de cada região, ficando a cargo do agricultor escolher a cultivar que melhor se adapte às condições locais.

No período de colheita, cerca de 60% das famílias produtoras de cebola contratam mão-de-obra externa, por cerca de 10 a 15 dias (CORRÊA et al., 2009), pois a mão-de-obra estritamente familiar não é capaz de dar conta da atividade em tempo hábil. A contratação externa além de gerar custos ao agricultor agrava-se pela dificuldade em encontrar mão-de-obra (ZABALETA, 1998), pois além de cada vez mais escassa, apresenta-se muitas vezes desqualificada para o serviço.

4.2. Máquinas agrícolas para a cultura da cebola

A definição de colheita está vinculada ao ato ou ação de recolher e retirar um produto do campo. Esta ação pode ser manual, manual-mecânica ou totalmente mecanizada. À medida que a demanda por alimentos aumenta, torna-se necessário o emprego de técnicas de colheita mais eficientes que se traduzem pela colheita totalmente mecanizada. Ainda hoje estes três tipos de colheita coexistem, dependendo do tipo de produto a ser colhido, do nível socioeconômico dos agricultores e da disponibilidade de mão-de-obra (MORAES et al., 2005).

Várias patentes foram pesquisadas e estudadas para a elaboração do presente trabalho, as mesmas em sua totalidade são apresentadas no APÊNDICE A, entretanto somente as mais relevantes foram discutidas de forma individual.

A Figura 4 apresenta uma das primeiras máquinas projetadas para a colheita de cebolas, com patente datada de Outubro de 1901, sob o nome de William A. Schunicht registrada na instituição *United States Patent Office* (APÊNDICE A), hoje a *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Esta máquina possui sistemas bem simples de remoção e separação das cebolas do solo. Por não apresentar sistemas de corte de talo tampouco de raízes, permite somente a armazenagem das cebolas *in natura*. Por se tratar de uma máquina que utiliza tração humana e pelo esforço de tração ocasionado pelo uso de lâmina para o corte do solo e de rodas tracionadoras, as quais transmitem movimento aos pinos condutores e destorroadores, ela é capaz de recolher apenas uma linha de cebolas por vez. O atrito das rodas com o solo faz com que a cremalheira situada na parte interna desta, movimente a engrenagem fixada ao eixo dos pinos, os quais auxiliam no transporte das cebolas até o recipiente armazenador que possui furos para separar o solo das cebolas.

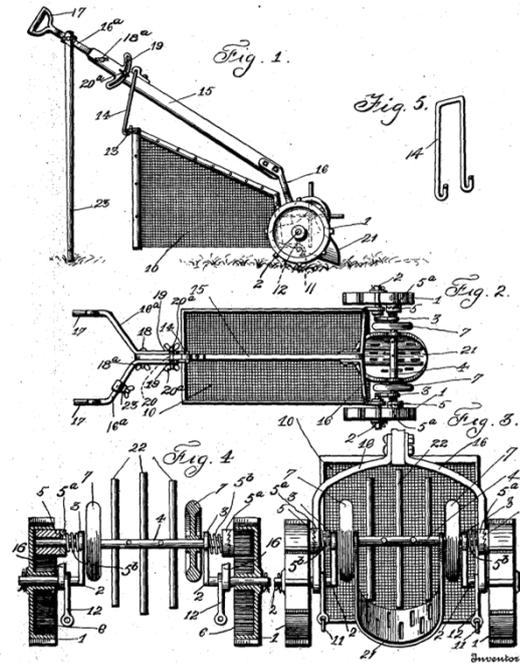


Figura 4. Desenho esquemático de uma colhedora de cebolas patenteada em 1901.
Fonte: USPTO, 1901.

Na Figura 5 é apresentado o desenho esquemático de uma colhedora de cebolas e batatas desenvolvida por Samuel J. Russell e Joe Godwin, em 1926 (APÊNDICE A). A cebola é retirada pela máquina através de uma lâmina situada logo após o mecanismo cortador da parte aérea, o qual tem altura de corte regulada por uma roda niveladora que se encontra à frente do sistema, que também regula a profundidade de colheita. O movimento de rotação do mecanismo de corte da parte aérea das cebolas é transmitido através de correia dentada movida pela roda tracionadora localizada na parte posterior da máquina. A fonte de tração é animal, sendo que o operador fica situado sobre a máquina, com a função de guiar o animal e operar os mecanismos, para que as cebolas sejam retiradas do solo e acondicionadas sobre o mesmo, porém sem a parte aérea.

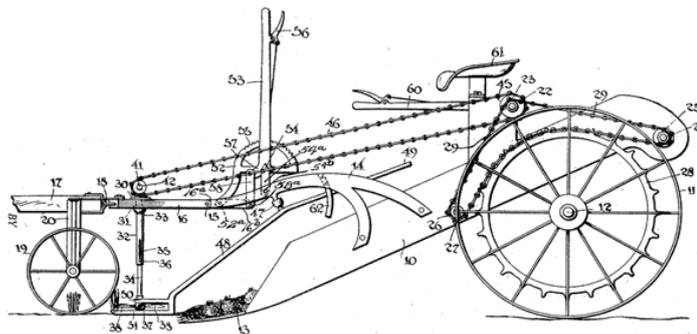


Figura 5. Desenho esquemático de uma colhedora de cebolas e batatas patenteada em 1926.
Fonte: USPTO, 1926.

Em 1950 Earnest E. Chickering (APÊNDICE A) patenteou uma colhedora de cebolas com tração mecânica (Figura 6), a qual possuía dois discos localizados na parte dianteira com a função de retirar as cebolas do solo através do movimento de rotação em sentido contrário, fazendo a condução das mesmas para o sistema de transporte e limpeza composto por uma esteira que direcionava as cebolas livres de impurezas para o sistema de corte de talo e raízes. Este último era composto de rolos helicoidais que giravam em sentido contrário fazendo com que houvesse o cisalhamento das partes salientes do bulbo. Após o corte do talo e das raízes estes eram direcionados ao sistema de descarga onde as cebolas ficavam depositadas sobre o solo para a cura.

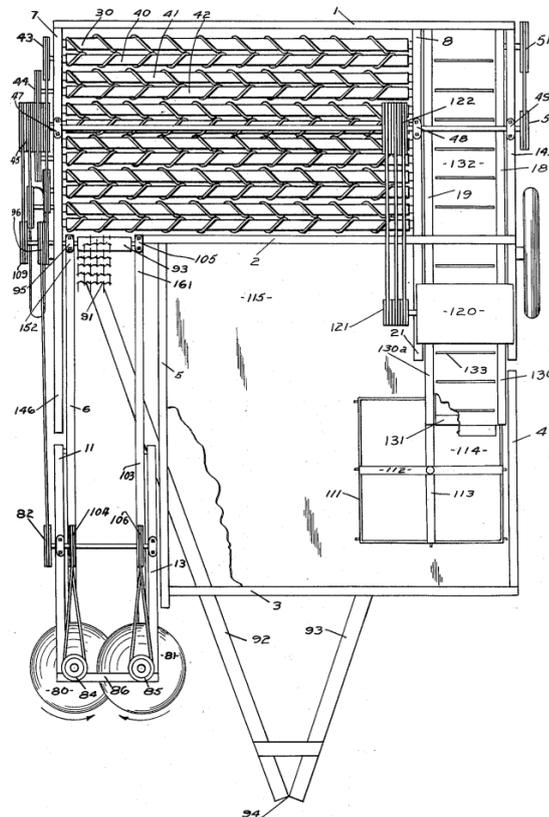


Figura 6. Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada em 1950.
Fonte: USPTO, 1950.

Um dos maiores problemas das etapas da colheita de cebola é o esforço de tração ocasionado pelo mecanismo que remove os bulbos do solo, geralmente constituído de lâmina com as mais diferentes formas, dimensões e ângulos de ataque. Tentando aumentar a capacidade de trabalho, visando o beneficiamento da cebola, surgiram as máquinas que possuem a função de recolher a cebola previamente removida e depositada em fileiras sobre o solo. Um exemplo deste tipo

de equipamento foi desenvolvido por Fres E. Lauridsen e Fres E. Lauridsen Jr. em 1971 (APÊNDICE A), o qual possui somente o sistema de recolher as cebolas sobre o solo, proporcionando assim maior capacidade de beneficiamento com uma menor demanda de potência. Conforme a Figura 7 verifica-se que máquinas com estes intuitos podem ser autopropelidas, sobretudo quando o sistema de remoção de cebolas do solo não faz parte das funções da mesma.

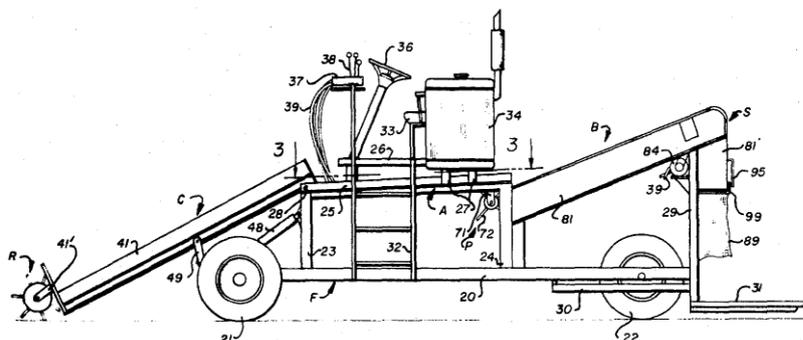


Figura 7. Desenho esquemático da recolhedora de cebolas patenteada em 1971.
Fonte: USPTO, 1971.

Nesta máquina (Figura 7), bem como na da Figura 8 há necessidade, para o desenvolvimento pleno das operações, de dois operadores. O primeiro para condução da máquina e o segundo para a tarefa de ensaque dos bulbos.

Tratando-se de máquinas colhedoras e beneficiadoras de cebolas autopropelidas, Duane Kido e David Shuff em 2004 (APÊNDICE A), desenvolveram uma máquina (Figura 8) que possui as funções de cortar a parte aérea, remover, limpar, cortar talo e raízes, acondicionar temporariamente e ensacar as cebolas. Porém a execução destas operações demanda grande necessidade de potência a qual está intimamente ligada ao custo de fabricação do equipamento, fato este determinante para a aquisição de máquinas por parte dos agricultores familiares.

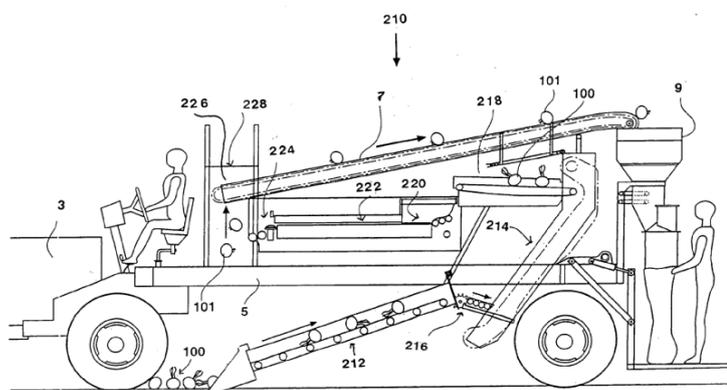


Figura 8. Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada em 2004.
Fonte: EPO, 2004.

A única máquina com registro de patente, capaz de colher e beneficiar cebolas, encontrada no Instituto Nacional de Propriedades Industriais (INPI) pode ser vista na Figura 9. Esta máquina é adaptada para arrancar e/ou beneficiar cebolas, já que pode apenas arrancar as cebolas e fazer o beneficiamento ou somente recolher as mesmas. Compõe-se de quatro estágios que podem ser desacoplados, de acordo com as operações que se deseja efetuar. O primeiro tem a finalidade de arrancar a cebola através das lanças introduzidas no solo, o segundo estágio conduz o bulbo por uma esteira transportadora visando eliminar o excesso de solo decorrente do primeiro estágio. No terceiro estágio são cortadas as raízes e o talo, por meio de rolos com saliências helicoidais, que conduzem as cebolas ao quarto estágio, onde são transportados por uma esteira até a plataforma que realiza o armazenamento em sacos ou em caixas.

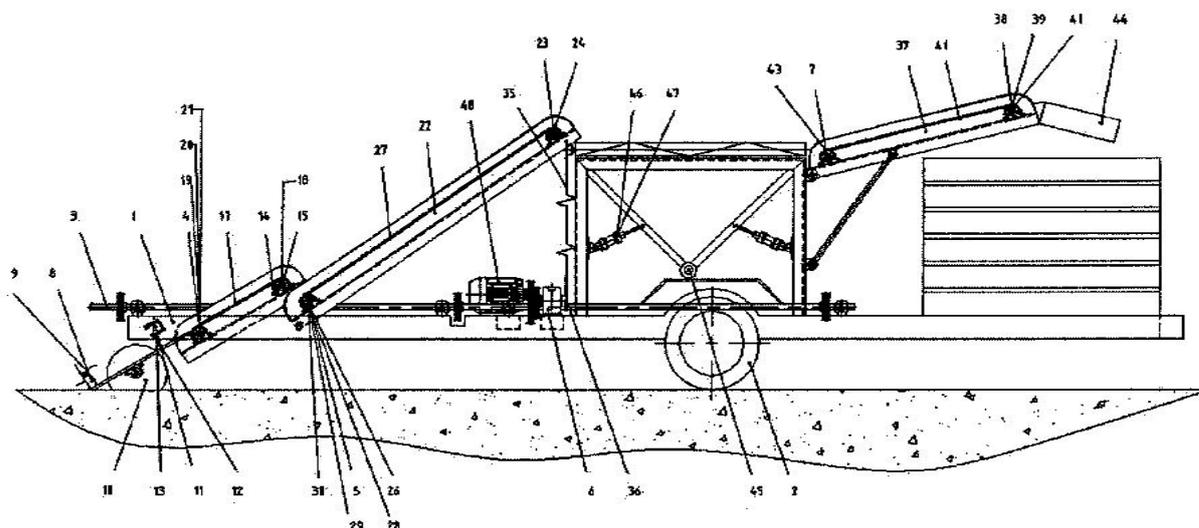


Figura 9. Desenho esquemático da colhedora de cebolas patenteada no Brasil em 2008.

Fonte: <http://www.patentesonline.com.br/imagensPatentes/220/220806/220806.jpg>

No que se refere a máquinas produzidas e comercializadas no Brasil, a empresa Hennipman disponibiliza no mercado duas com funções complementares. Uma delas tem a função de remover as cebolas do solo deixando-as sobre o mesmo e a outra, conforme a Figura 10, completa a tarefa recolhendo, beneficiando e acondicionando os bulbos em sacos.

Os mecanismos desta máquina são acionados pelo sistema de controle remoto do trator, fato que possibilita maior comodidade na operação e regulagens necessárias a execução da tarefa, porém estes mecanismos tornam os custos de aquisição e manutenção elevados. Além disso, a potência requerida é de 73,5 kW,

sua massa é de 3200 kg e possui 7,8 m de comprimento, 2,8 m de largura e 2,5 m de altura, características estas não adequadas às necessidades dos agricultores familiares da região sul do Rio Grande do Sul.



Figura 10. Recolhedora e beneficiadora de cebolas produzida por Hennipman.
Fonte: <http://www.hennipman.com.br/index.php?cnt=equipamento.php&id=22&categoria=15>

Um exemplo de máquina que somente desempenha a função de remover as cebolas do solo, deixando-as sobre o mesmo, pode ser observado na Figura 11. A mesma é comercializada, porém não supre totalmente as necessidades dos agricultores familiares objeto deste estudo, pois cumpre somente uma das tarefas do processo de colheita, fazendo com que o agricultor tenha que realizar atividades que não apresentam ergonomia.

Para suprir a tarefa de recolher as cebolas previamente colhidas, surgiram as recolhedoras, máquinas que tem a função de elevar as cebolas até o ponto de acondicionamento sem a retirada do talo e raízes. Desta forma outras máquinas desempenham as funções de corte do talo e raízes além de recolher as cebolas (Figura 12).



Figura 11. Colhedora de cebolas da marca Asa.
Fonte: <http://www.asa-lift.com/index.php?mID=2&msID=9&id=10#!prettyPhoto>



Figura 12. Recolhedora de cebolas da marca AVR.

Fonte: <http://www.avr.be/index.php?lng=en&id=114&Newsid=58>

No mercado também existem máquinas capazes de realizar as tarefas de retirar, recolher, remover talo e raízes e ensacar a cebola, compreendendo assim todas as etapas do processo de colheita e beneficiamento das cebolas, contudo estas máquinas são de grande porte, conforme se pode observar na Figura 13. Estas máquinas são dotadas de sistemas que necessitam de alta potência para acionamento, fator que não corresponde com a realidade dos agricultores familiares produtores de cebola da região sul do Rio Grande do Sul.



Figura 13. Colhedora e beneficiadora de cebolas da marca Uniekum.

Fonte: <http://en.uniekum.co.za/index.php?id=160>

O que se verifica é que alguns fabricantes de máquinas agrícolas destinam seus projetos, provavelmente por questões mercadológicas, para atender as necessidades dos médios e grandes agricultores (MEDEIROS et al., 2000). As máquinas e implementos oferecidos no mercado, hoje em dia, apresentam tecnologia avançada, contendo sistemas de controle e instrumentação eletrônica,

além de outros itens que fazem com que seu custo de aquisição e manutenção seja elevado, não atendendo por seu porte e preço as necessidades dos agricultores familiares.

4.3. Metodologia de projeto

Na metodologia de projeto os processos são pré-definidos a fim de atender as metas necessárias a solução de um problema. Segundo Pahl et al. (2005), o projetista se baseia em conhecimentos científicos, naturais e de engenharia, levando em conta como condicionantes materiais, tecnologias e custos, atendendo às restrições legais e ambientais para o desenvolvimento de produtos.

Neste sentido, a metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho tem a finalidade de delinear o rumo do projeto, bem como esclarecer as tomadas de decisões. Esta metodologia já vem sendo testada e utilizada por vários projetistas, tendo se mostrando muito eficiente no desenvolvimento de sistemas mecanizados voltados às necessidades de propriedades rurais nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SANTOS, 1997; WEISS, 1998; MAZZETTO, 2000; REIS, 2003; TEIXEIRA, 2008).

A base da metodologia é fundamentada em um modelo que divide o processo do projeto de desenvolvimento de produto em quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado (MAZZETTO, 2000).

Esta metodologia teve seu embasamento no modelo de projeto de produtos proposto por Pahl & Beitz (1996), sendo posteriormente adaptada, para trabalhos acadêmicos, por vários autores entre eles Rozenfeld & Forcellini (2006) e Back et al. (2008).

A utilização dessa metodologia permite organizar as informações, os resultados e os momentos de tomada de decisão de modo que o conhecimento sobre o problema do projeto e suas respectivas soluções aumente a cada etapa.

A Figura 14 apresenta a sequência de fases da metodologia utilizada, adaptado a partir de Reis (2003).

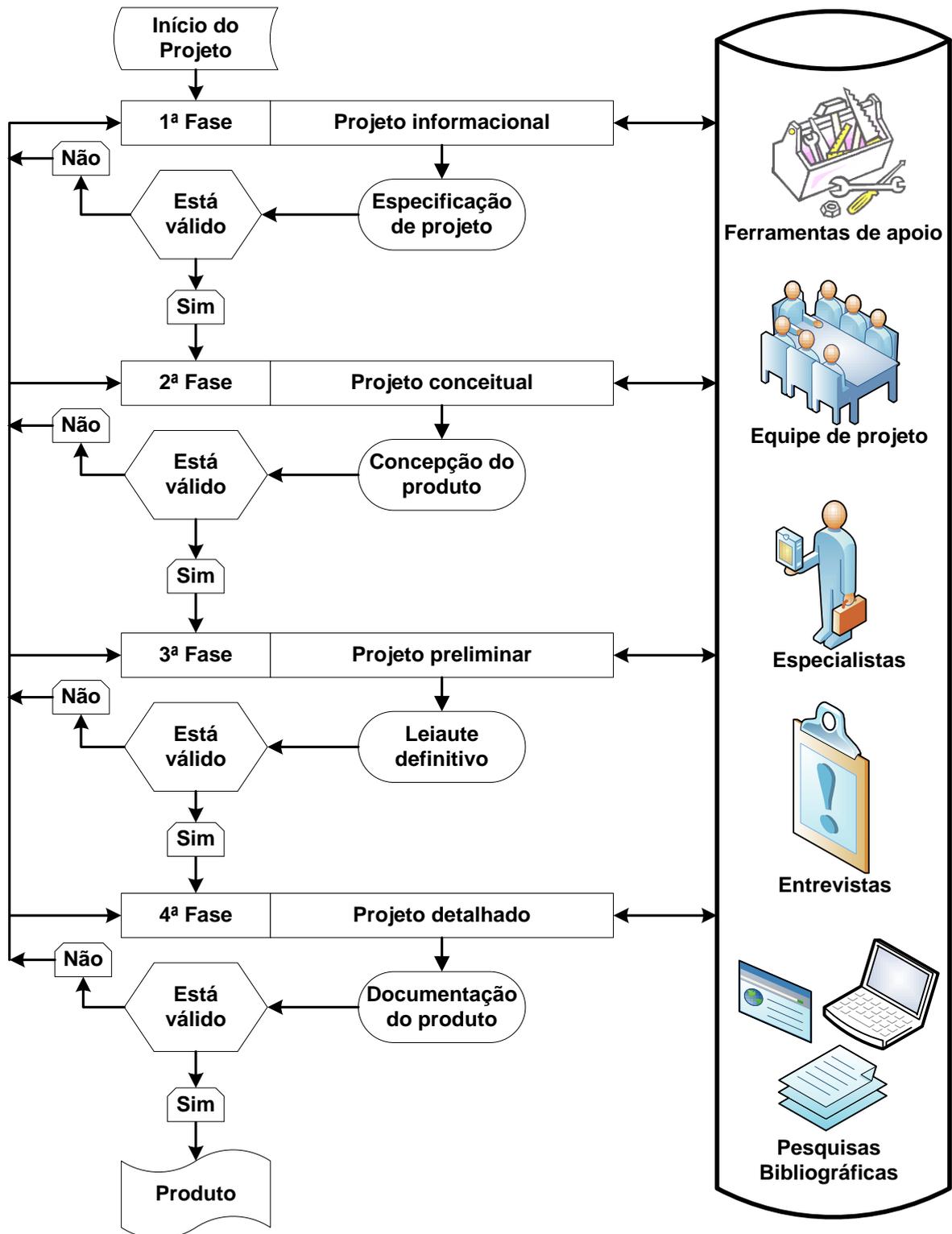


Figura 14. Modelo do processo de projeto adaptado a partir de Reis (2003).

Segundo Jo et al. (1993), mesmo que a fase de projeto do produto seja responsável por apenas 5% do custo total do produto, ele pode influenciar em até 70% do valor final do mesmo. Pelo menos 40% de projetos com problemas tem sua

causa de insucesso associada à deficiência na fase de projeto do produto e não na fabricação.

Sendo assim, as decisões tomadas na fase de projeto do produto implicam no êxito ou fracasso do produto final.

5. Metodologia

A metodologia utilizada foi baseada nos trabalhos de Pahl & Beitz (1996), Fonseca (2000), Mazetto (2000), Forcellini (2003), Reis (2003), Pahl et al. (2005), Rozenfeld & Forcellini (2006), Back et al. (2008) e Teixeira (2008), e adaptada ao projeto de acordo com as necessidades que surgiram durante seu desenvolvimento.

5.1. Projeto Informacional

Inicialmente procedeu-se a escolha da equipe de projeto que neste trabalho foi composta por onze membros, a seguir detalhada:

a) Mestrando Eng. Agrícola André Oldoni, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (PPGSPAF/FAEM/UFPel);

b) Professores Eng. Agrícolas Antônio Lilles Tavares Machado e Ângelo Vieira dos Reis, ambos do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DER/FAEM/UFPel);

c) Doutorando Eng. Agrícola Roger Toscan Spagnolo, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (PPGSPAF/FAEM/UFPel);

d) Mestrando Eng. Agrícola Tiago Lopes Bertoldi, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (PPGSPAF/FAEM/UFPel);

e) Doutorando Arquiteto Sandro Silva Teixeira, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (PPGSPAF/FAEM/UFPel) e professor do Curso Técnico de Manutenção Eletromecânica do Instituto Federal Sul-rio-grandense de Pelotas (IFSul - Pelotas);

f) Mestrando Eng. Mecânico Bóris Kluwe Niemczewski, do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (PPGSPAF/FAEM/UFPel) e professor do Curso Técnico de Mecânica do Instituto Federal Sul-rio-grandense de Pelotas (IFSul - Pelotas);

g) Engenheiro Agrícola Tiago Vega Custódio, Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DER/FAEM/UFPel), bolsista EXP-3 do CNPq.

h) Acadêmicos de Engenharia Agrícola Marcel Dornelles Brim, Bolsista de Iniciação Tecnológica Industrial do CNPQ, Nander Ferraz Hornke, bolsista PIBIC do CNPq e César Silva de Moraes, bolsista PIBIC do CNPq Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DER/FAEM/UFPel).

Os integrantes da equipe foram escolhidos em função de estarem habituados com a metodologia proposta e pela experiência nas áreas de máquinas agrícolas, tecnologia mecânica, engenharia, além dos conhecimentos tácitos e da aproximação de vivência com a agricultura familiar, todas características de extrema importância para as discussões.

Segundo autores como Forcellini (2003), Reis (2003) e Teixeira (2008), a etapa de identificação do problema que deu origem a necessidade de desenvolvimento de um novo produto é o ponto de partida do projeto e com o esclarecimento das tarefas pode-se analisar detalhadamente o problema de projeto, buscando-se todas as informações necessárias para o pleno entendimento do problema.

No projeto informacional ocorre o levantamento de informações junto aos clientes do produto, sobre os problemas e necessidades, que alimentarão o projeto de conhecimentos que servirão durante todo o seu desenvolvimento, fundamentando-o e direcionando-o para possíveis produtos inovadores, mediante as manipulações dos resultados obtidos.

A pesquisa por informações trata da identificação das necessidades, que parte desde a elaboração do questionário estruturado para as entrevistas aos clientes, até o estabelecimento final das especificações do projeto, quando se fixam as metas quantitativas e a forma de sua avaliação.

As etapas do projeto informacional são apresentadas no fluxograma da Figura 15.

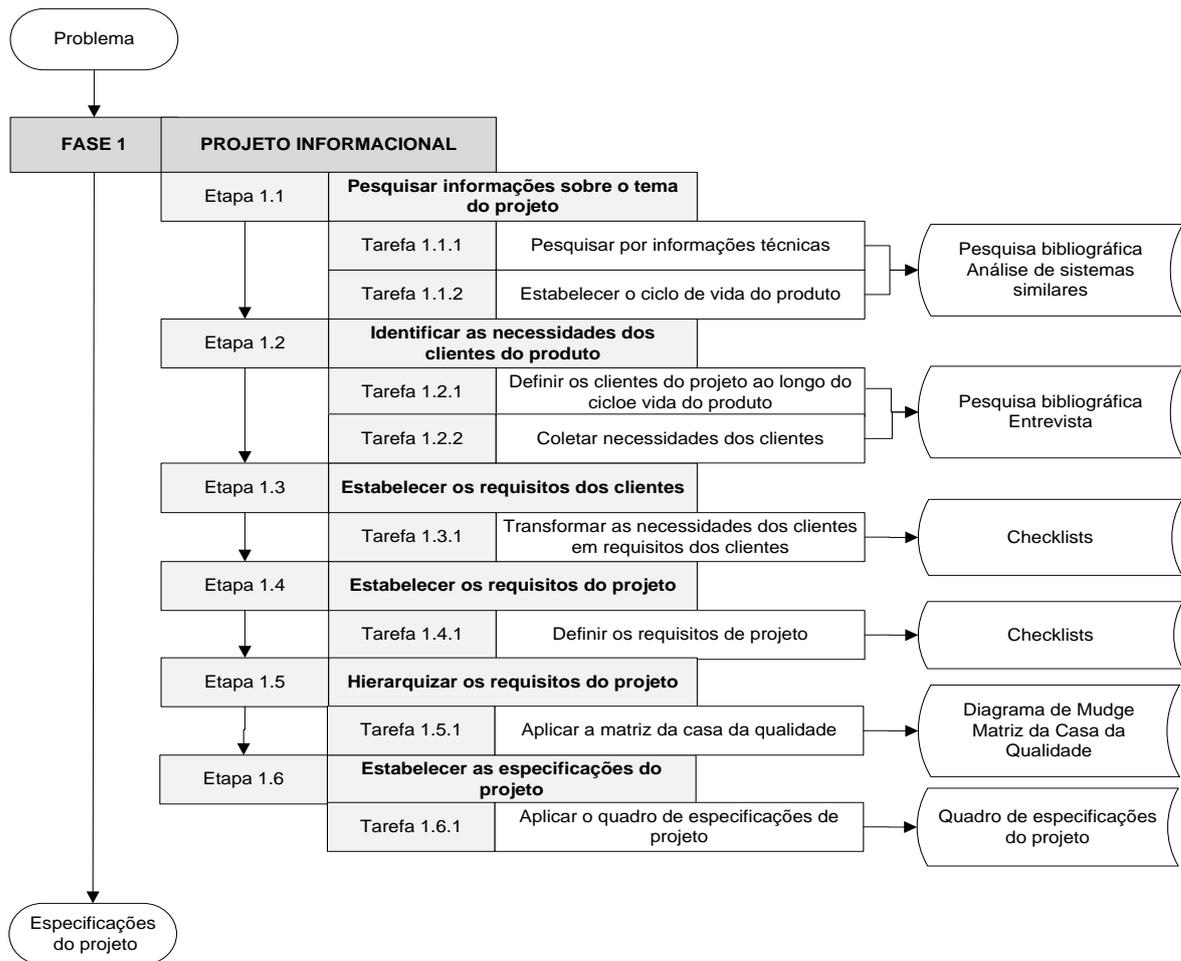


Figura 15. Etapas do projeto informacional adaptado de Reis (2003).

A primeira etapa, **pesquisar por informações sobre o tema do projeto**, divide-se em duas tarefas que são **pesquisar informações técnicas** e **estabelecer o ciclo de vida do produto**.

Inicialmente fez-se à busca por **informações técnicas** (primeira tarefa), no mercado e em bibliografias sobre sistemas, subsistemas e componentes mecânicos, similares ao produto pesquisado, identificando possíveis problemas ou soluções.

Pelo fato da cultura da cebola ser amplamente conhecida e apresentar similaridades com outras culturas, pôde-se, analogamente, estudar outros sistemas técnicos e seus ciclos de vida e com isso, estabelecer o ciclo de vida do sistema mecanizado destinado aos agricultores familiares.

A segunda tarefa, **estabelecer o ciclo de vida do produto** tem, dentre outros, o objetivo de entender quais os setores que o produto percorre desde a sua identificação como problema até a sua desativação total.

A Figura 16 mostra o modelo utilizado por Fonseca (2000) para estabelecimento do ciclo de vida do produto de acordo com os setores e clientes que desempenham funções envolvidas no circuito.

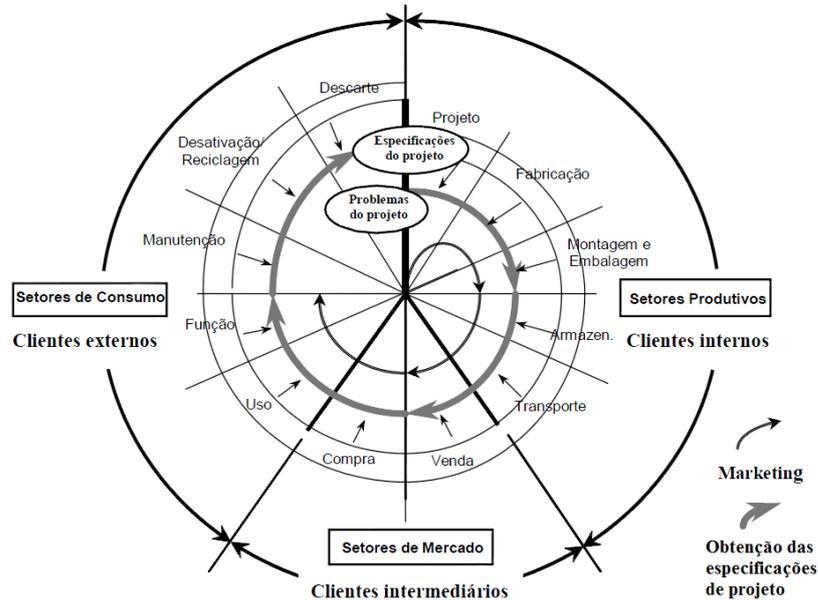


Figura 16. Espiral do desenvolvimento (ciclo de vida) com os setores vinculados ao projeto e pessoal envolvido no projeto informacional (Fonseca, 2000).

A determinação do ciclo de vida do produto, segundo Reis (2003) orienta a identificação dos clientes (internos, intermediários e externos) que devem ser entrevistados, além de auxiliar na estruturação e formatação do formulário para que através deste se possa obter o maior número de informações relevantes ao desenvolvimento do projeto.

A etapa de **identificação das necessidades dos clientes do produto** inicia-se através da tarefa de definição dos clientes do projeto ao longo do ciclo de vida do produto tomando-se para isso, o ciclo de vida estabelecido na etapa anterior e situando dentro de cada fase todos os clientes envolvidos.

A tarefa de **coleta de necessidades dos clientes** inicia-se após a definição dos mesmos, onde se obtém as necessidades dos clientes, através da elaboração e aplicação de questionário estruturado.

Na elaboração do questionário estruturado utilizaram-se as metodologias propostas por Reis et al. (2003) e por Marconi & Lakatos (2010).

Para a obtenção da amostra representativa da população a entrevistar usou-se da Equação 1, a qual é utilizada na área da pesquisa social, em grupos que apresentam características similares (GIL, 1999).

$$n = \frac{N \cdot p \cdot (Z_a \cdot 0,5)^2}{p \cdot (Z_a \cdot 0,5)^2 + (N-1) \cdot E^2} \quad (1)$$

onde,

n = tamanho da amostra;

p = porcentagem com a qual o fenômeno se verifica, estimado;

N = tamanho da população;

E = erro máximo permitido;

Z_a = intervalo de confiança escolhido, expresso em número de desvios;

Após a análise das informações obtidas nas entrevistas definiram-se as reais necessidades dos clientes para serem trabalhadas na etapa seguinte, ou seja, **estabelecer os requisitos dos clientes**. Nesta etapa tem-se a tarefa de **transformar as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes**, quando ocorre a conversão para linguagem de engenharia das necessidades dos clientes advindas das entrevistas e das pesquisas bibliográficas. Algumas das necessidades dos clientes surgem na forma de desejo pessoal, e caso não sejam adequadamente identificadas, poderão comprometer o sucesso do produto, encarecendo-o e tornando seu objetivo desviado da função principal.

Para transformar as necessidades em requisitos Fonseca (2000) apresenta algumas orientações, como a formação de frases curtas compostas pelos verbos **ser**, **estar** ou **ter**, seguidas de um ou mais substantivos, ou por um verbo qualquer mais um substantivo, indicando este que o requisito é possivelmente uma função que o produto deve desempenhar.

Essa tarefa necessita ser executada inteiramente em equipe, pois as diferentes abordagens das informações (necessidades dos clientes) trazem a tona diversas formas de abrangência que cada requisito tomará.

Seguindo a metodologia proposta, as necessidades levantadas foram distribuídas ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento do produto, a fim de identificar mais facilmente quais delas são claramente redundantes. Outra forma de verificar a ocorrência de redundância e difusão (desvio do significado da ação) é elencar atributos aos requisitos, com o intuito de melhorar a compreensão sobre a ação a que este está relacionado.

Em caso de redundância o requisito que mais bem representar a ação que ambos desempenham deve ser mantido ou ainda, pode ser feita a união de ambos gerando um novo requisito. Posteriormente, cada uma das necessidades é estudada

e, se necessário, decomposta com o intuito de descobrir, em linguagem de engenharia, o que o cliente realmente quer. Se necessário, em necessidades de difícil compreensão, utiliza-se as técnicas de *brainstorming* (REIS, 2003).

A **definição dos requisitos do projeto** proporciona a obtenção das primeiras definições físicas do produto, que podem ser determinados por grandezas de natureza física ou econômica, geradas através da análise, com o intuito de satisfazer os requisitos advindos das necessidades dos clientes.

Devido alguns dos requisitos de clientes não possuem diretamente características mensuráveis, para que ocorra a transformação para requisitos de projeto, devem ser buscadas outras formas de atendimento, criando-se outros requisitos que atendam, dentro de alguns limites, as necessidades dos clientes. Com o intuito de obter requisitos e conseqüentemente especificações que satisfaçam o problema de projeto que se apresenta, se faz necessário estudar e caracterizar os requisitos dos clientes, confrontando-os com classificações de requisitos de projeto, verificando-se assim se estes apresentam propriedades consideradas desejáveis (FONSECA, 2000; REIS, 2003).

Conforme propõe Fonseca (2000), deve-se estabelecer atributos relacionados a cada requisito de cliente, com o uso de listas de verificação para obtenção dos requisitos do projeto.

Fonseca (2000) classifica os atributos em gerais e específicos, conforme é apresentado na Figura 17.

Atributos gerais	Atributos básicos	Funcionamento Econômico Segurança Confiabilidade Estético Legal Patentes Da normalização Do impacto ambiental Da modularidade Ergonômico	
	Atributos do ciclo de vida	Fabricabilidade Mantenabilidade Embalabilidade Armazenabilidade Transportabilidade Reciclabilidade Comerciabilidade Da função Descartabilidade Usabilidade Montabilidade	
Atributos específicos	Atributos materiais	Geométricos Material Peso Cor	Dimensões Forma Textura Fixações Configuração Acabamento Ajustes
	Atributos energéticos	Cinemática Força Tipo de energia Fluxo	
	Atributos de controle	Controle Estabilidade Sinais	

Figura 17. Classificação dos requisitos de projeto segundo a proposta de Fonseca (2000).

De acordo com Roozenburg & Eekels (1995), a lista de requisitos obtida deve ser analisada sob a ótica das propriedades desejáveis nas especificações de projeto sendo dividida em:

Validade: cada objetivo deve ser válido, isto pode ser observado se, através do entendimento do valor do atributo, os projetistas têm uma clara compreensão da medida em que a meta associada é atingida;

Completeza: inclusão de objetivos válidos em todas as áreas de interesse do problema;

Operacionalidade: possibilidade de geração de critérios e avaliações quantitativas dos objetivos;

Não redundância: evitar que determinado aspecto ou propriedade seja considerado mais de uma vez;

Concisão: reduzido número de objetivos na especificação, facilitando avaliações;

Praticabilidade: objetivos passíveis de serem testados, pois mesmo em objetivos operacionais a predição de determinadas propriedades pode ser tão difícil que o teste é, praticamente, impossível.

Neste trabalho foi utilizada a lista proposta por Fonseca (2000) para a obtenção dos requisitos de projeto que após foram analisados sob a ótica das propriedades desejadas nas especificações de projeto segundo Roozenburg & Eekels (1995).

Após o estabelecimento dos requisitos de projetos tem a quinta etapa que vem a ser **hierarquizar os requisitos de projeto**, cuja tarefa associada vem a ser **aplicar a matriz da casa da qualidade** ou primeira matriz do QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) (

Figura 18). O QFD é uma ferramenta que relaciona os requisitos dos clientes ponderados com a aplicação do diagrama de Mudge e os requisitos de projeto. Ao serem introduzidos no projeto estes se transformam em requisitos de qualidade, ou seja, requisitos que visam qualificar o projeto (REIS, 2003).

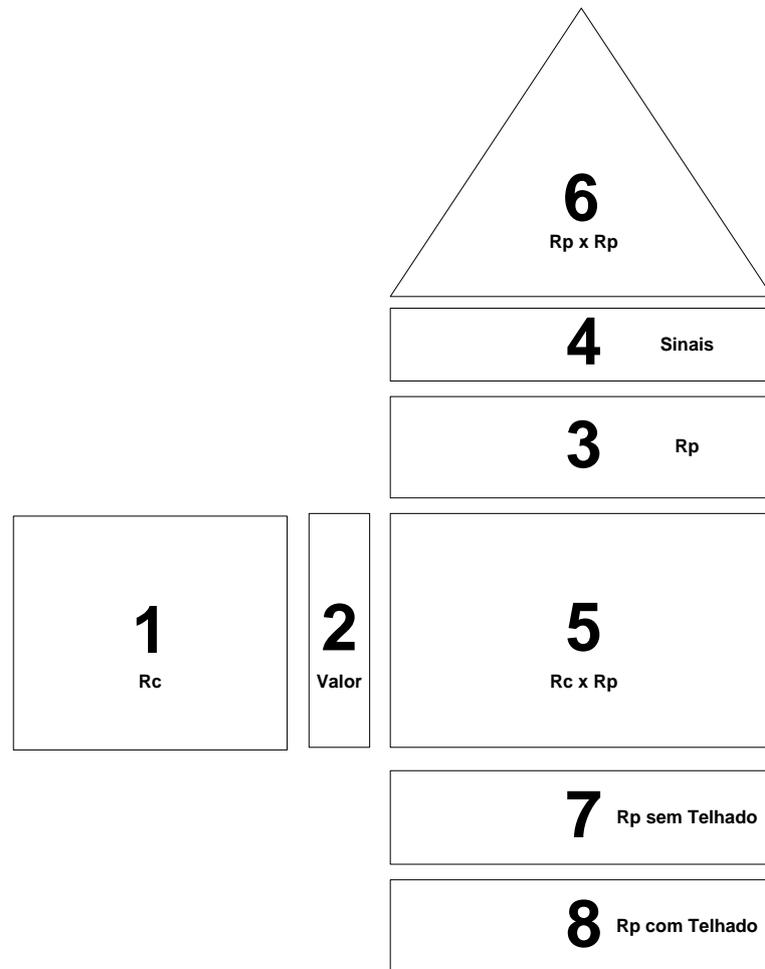
O diagrama de Mudge consiste em uma matriz de relacionamento que visa ponderar a importância de um requisito de cliente em relação aos demais, tornando-os mensuráveis, para servir de multiplicador quando relacionados com os requisitos de projeto, também inseridos no QFD.

Os requisitos de clientes hierarquizados são separados conforme distribuição de frequência em 10 classes, a classe em que o requisito se encontrar é o valor de entrada no campo 2 do QFD, que se encontra ao lado do campo 1 destinado à descrição de cada um dos requisitos de clientes. Os requisitos são divididos em dez classes, pois, segundo Reis (2003), com a utilização desta escala, consegue-se obter um agrupamento mais uniforme dos requisitos ao se comparar

com a escala de um a cinco, a qual é muito utilizada em trabalhos com emprego do Método do QFD.

A forma de relacionamento dos requisitos de clientes versus requisitos de projeto (campo 5) pode ser compreendida através da

Figura 18 que apresenta um esquema de construção do QFD, explicando cada parte da matriz.



Legenda:

- 1 – Lista dos requisitos dos clientes (Rc).
- 2 – Valoração dos requisitos dos clientes (valores de 1 a 10, conforme importância obtida no diagrama de mudge).
- 3 – Lista dos requisitos do projeto (Rp).
- 4 – Representação dos requisitos de projeto quanto à intensidade que se deseja, podendo ser aumento, diminuição ou manutenção.
- 5 – Relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto (Rc x Rp), que podem ser forte, médio ou fraco.
- 6 – Telhado da casa da qualidade, onde os requisitos de projeto são analisados entre si (Rp x Rp) para busca de contradições.
- 7 – Hierarquização dos requisitos de projeto, considerando dos valores atribuídos em 2 e 5.
- 8 – Hierarquização dos requisitos de projeto, considerando dos valores atribuídos em 2, 5 e 6.

Figura 18. Esquema de construção da matriz da casa de qualidade adaptada de Reis (2003).

No telhado da casa da qualidade (campo 6) analisa-se o grau de interferência que sofre um requisito do projeto ao atender as exigências de outro (R_p x R_p). Antes desta correlação deve-se adicionar a cada requisito de projeto um sinal (campo 4), conforme se deseja minimizar ou maximizar sua interferência no projeto.

No campo 6, segundo Reis (2003) analisa-se a correlação entre dois requisitos do projeto; se for positiva haverá um ganho de qualidade ao produto pela maximização dos referidos requisitos, enquanto que se for negativa indicará que há conflito entre os dois requisitos, devendo-se ter atenção quanto ao atendimento da meta destes requisitos, buscando soluções inventivas que elimine ou atenuem o conflito.

Com o preenchimento da matriz da casa de qualidade, geram-se duas listas de hierarquização dos requisitos de projeto, uma sem considerar o relacionamento entre os requisitos do projeto (campo 7) e outra considerando este relacionamento (campo 8). Para definir qual das duas listas deve ser utilizada Fonseca (2000) faz a seguinte proposição:

a) dividir ambas as listas em três partes, o terço superior, o terço médio e o terço inferior (os mais importantes, os importantes e os menos importantes);

b) comparando-se os conjuntos de requisitos com seus similares nas duas listas de hierarquização, verifica-se se o trabalho tem consistência, ou seja, se os requisitos do projeto mantêm-se praticamente os mesmos nos dois primeiros conjuntos (mais importantes e menos importantes);

c) neste caso pode-se adotar uma hierarquização final uma média das duas listas, ou decidir a mesma por consenso da equipe de projeto;

d) se houver grande discrepância na posição hierárquica dos requisitos de projeto, deve-se revisar o trabalho da casa da qualidade e reiniciar o trabalho de avaliações.

A última etapa vem a ser **estabelecer as especificações do projeto**, a esta se tem associada a tarefa de **aplicar o quadro de especificações de projeto**, que consiste em atribuir grandezas físicas e econômicas aos requisitos de projeto, bem como a meta que se pretende atingir e a forma de avaliação do requisito. Outro fator que se deve levar em consideração na elaboração do quadro de especificações são os aspectos indesejados que podem acontecer para que a meta estipulada ao requisito do projeto seja alcançada.

Fonseca (2000) recomenda que no quadro de especificações do projeto os requisitos do projeto, classificados em ordem de importância, sejam associados a três informações:

- a) a meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
- b) forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento;
- c) aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

5.2. Projeto Conceitual

O projeto conceitual é considerado uma das fases mais importantes no desenvolvimento de um projeto e é onde o esboço da idéia do produto é expresso através de linhas e formas que levam em conta as especificações ergonômicas, funcionais, de segurança, operacionais entre outras.

Na fase do projeto conceitual, são confirmados resultados das pesquisas, objetivos e estratégias definidos anteriormente. Desta forma, pode-se verificar se o conceito está coerente com as diversas técnicas utilizadas, relacionadas à criatividade, para auxiliar no desenvolvimento de idéias surgidas na fase anterior.

Certos limites definidos durante a fase informacional devem ser avaliados no projeto conceitual para estudar a viabilidade de fabricação do produto adequado às necessidades do consumidor e realidade do mercado.

No modelo de projeto proposto por Pahl et al. (2005), o projeto conceitual é dividido em um conjunto de etapas que visam garantir a obtenção de uma concepção adequada do produto. Para a realização do presente trabalho foram necessárias pequenas alterações das tarefas e sequência de execução das mesmas, as quais se encontram na Figura 19.

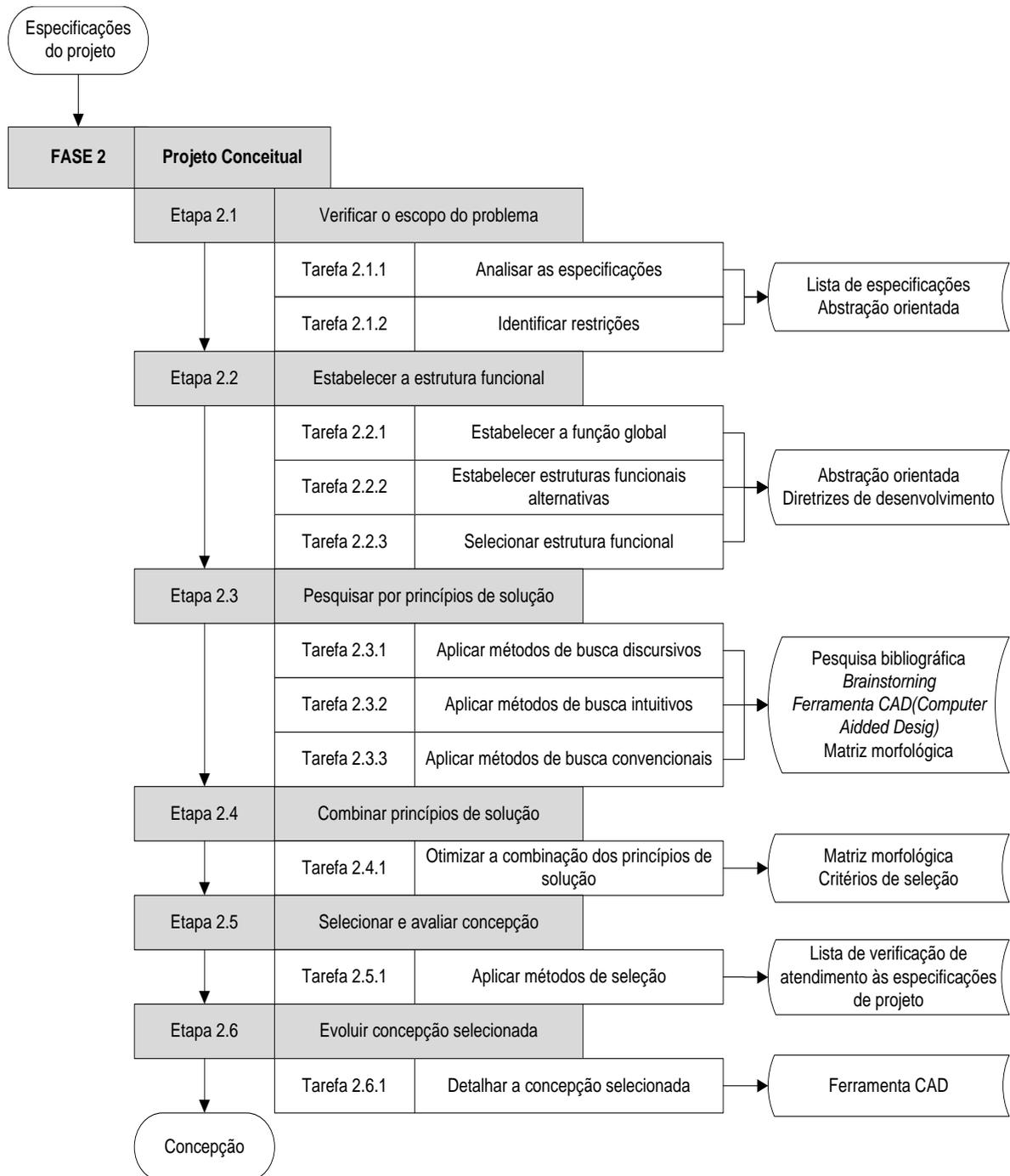


Figura 19. Etapas do projeto conceitual adaptado de Reis (2003).

A primeira etapa vem a ser a verificação do escopo do problema. De posse das especificações do projeto, fruto do projeto informacional tem-se a primeira tarefa que é **analisar as especificações**. Aqui se deve diminuir a tolerância das metas especificadas, recalculando parâmetros atribuídos para cada requisito de projeto.

A segunda tarefa vem a ser a **identificação das restrições**. Busca-se analisar os problemas essenciais do projeto de uma forma abstrata para que seja

possível dissolver idéias fixas e liberar idéias convencionais, incentivando o surgimento de inovações e soluções originais. Segundo Pahl et al. (2005), na abstração, prescinde-se do individual e do casual e busca-se conhecer o geral e o principal. Essa generalização leva ao ponto principal do problema, se este tiver sido precisamente formulado, então a função global e as condicionantes principais, caracterizadoras da problemática, são identificáveis, sem, no entanto, fixar um tipo particular de solução.

Por outro lado também se pode identificar possíveis discordâncias com relação ao escopo inicial do problema, sendo necessário desta forma uma reavaliação dos requisitos do projeto, bem como nova hierarquização dos mesmos.

Na tentativa de reformulação do problema, visando generalizar o mesmo, Pahl & Beitz (1996) e Pahl et al. (2005) recomendam uma lista de tarefas:

- Eliminar preferências pessoais;
- Omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais;
- Transformar informações quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial;
- Ampliar de forma adequada o que foi percebido;
- Formular o problema sem a inclusão de soluções;

Após a reformulação do problema deve-se verificar se realmente será necessária uma modificação da tarefa original, e se esta pode levar a uma solução promissora.

A segunda etapa vem a ser o **estabelecimento da estrutura funcional**. Nesta etapa a formulação do problema é feita ainda de forma abstrata, estabelecendo a função global, parcial e elementar na busca por princípios de solução adequados para a resolução do problema principal.

A primeira tarefa nesta etapa é o **estabelecimento da função global** do produto, a partir do problema principal formado na etapa anterior, apontando o material, energia e sinal envolvidos desde o estado inicial do problema até a condição final desejada.

Segundo Pahl et al. (2005), uma vez que tenha sido formulado o cerne do problema, é possível identificar uma função global que, baseada no fluxo de

material, sinal e energia, possa com um diagrama de bloco, expressar as relações entre as entradas e as saídas do sistema independente de uma solução.

Determinando a função global, divide-se a mesma em subfunções chamadas de funções parciais, as quais apresentam maior grau de detalhamento com relação à função global. Em segundo momento, atribui-se funções elementares a cada subfunção, sendo este o último nível de desdobramento da função global, devendo existir pelo menos um princípio de solução capaz de atender cada função.

A segunda tarefa vem a ser o **estabelecimento das estruturas funcionais alternativas**. Segundo Back et al. (2008), para a realização desta tarefa as seguintes diretrizes devem ser seguidas:

- A decomposição da função global deve-se limitar a uma frase composta por um verbo e um substantivo e escritas em blocos que representam as funções.
- Se uma função parcial não permitir a identificação de um princípio de solução da função, esta deve ser detalhada cada vez mais até o nível de funções elementares.
- As entradas e saídas (sinais, material e energia) de cada bloco devem ser identificadas.
- Deve-se expor qual é o fluxo principal (energia, material, sinal ou tempo) e manter as funções relacionadas a este.
- Verificar a existência de princípios de soluções ou módulos já utilizados em outros sistemas que podem ser adaptados ou empregados para uma dada função parcial.
- Deve-se comparar cada estrutura funcional alternativa com as especificações do projeto para identificar o atendimento das mesmas e com isso selecionar e otimizar a melhor estrutura.

A fim de aperfeiçoar uma estrutura funcional, Pahl et al. (2005) indicam diretrizes que possibilitam a variação e aprimoramento da mesma, por meio do estabelecimento de estruturas funcionais alternativas. As seguintes recomendações podem ser seguidas para estabelecimento de estruturas funcionais alternativas:

- Dividir ou combinar as subfunções.
- Mudar a disposição de subfunções individuais.
- Variar o tipo de ligação (série ou paralelo).
- Alterar as fronteiras do sistema.

Por fim, as estruturas funcionais devem ser as mais simples possíveis, pois assim conduzem normalmente a sistemas simples e economicamente viáveis.

Após a geração das estruturas funcionais alternativas é necessário **selecionar a melhor estrutura funcional**. Embora não exista um processo absolutamente seguro que evite decisões erradas, a utilização de um método de seleção sistemático facilita e minimiza a possibilidade de eliminação de uma estrutura funcional promissora. Pahl et al. (2005) descrevem que só deve permanecer para o desenvolvimento de soluções as estruturas funcionais que:

- Sejam compatíveis com a tarefa global e/ou entre si;
- Satisfaçam as necessidades da lista de requisitos;
- Possibilitem pressentir uma possibilidade de realização com relação ao nível de trabalho, tamanho, arranjo necessário, além de outros itens;
- Permitam antecipar um custo aceitável.

Os dois primeiros itens citados são apropriados para decisões do tipo passa/não passa e são empregados sem maiores problemas pelo próprio projetista, o qual tem a total liberdade de decidir se as estruturas funcionais são compatíveis a função global e satisfazem as necessidades dos clientes. Enquanto para a análise dos dois últimos critérios se faz necessário um exame quantitativo, a fim de eliminar soluções com custo muito elevado e que proporcionem maior demanda de tempo para execução do projeto.

A terceira etapa diz respeito à **pesquisa por princípios de solução**. Nesta etapa da metodologia passa-se do abstrato ao concreto, ou seja, da função à forma. Para cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida na etapa anterior é atribuído um princípio de solução.

Para procura por princípios de solução pode-se fazer uso de diversos métodos, divididos, por questões didáticas, em **discursivos**, **intuitivos** e **convencionais**. Os métodos utilizados no trabalho de pesquisa por princípios de solução são listados na Figura 20.

Classificação	Métodos
Convencionais	Pesquisa bibliográfica; análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; analogias;
Intuitivos	Brainstorming; analogia direta;
Discursivos	Estudo sistemático de sistemas técnicos; estudo sistemático com o uso de esquemas de classificação; método da matriz morfológica.

Figura 20. Métodos utilizados na busca por princípios de solução adaptado de Reis (2003).

A quarta etapa vem a ser a de **combinação dos princípios de solução**, a tarefa a ela associada é a de **otimizar a combinação dos princípios de solução** e esta não deve entrar em desacordo com a performance das funções da estrutura funcional do produto. Com o emprego da matriz morfológica são estabelecidas combinações de princípios de solução entre as subfunções da estrutura funcional (linhas da matriz) (REIS, 2003).

Como cada uma das linhas pode apresentar inúmeros princípios de solução, gera-se, rapidamente, um grande número de soluções alternativas, o que pode tornar a etapa de seleção bastante difícil. Portanto, é necessário limitar o número de combinações. Roozenburg & Eekels (1995) e Pahl et al. (2005) sugerem uma análise dos princípios de solução combinados para que sejam compatíveis entre si e que, atendam às especificações de projeto, bem como restrições de orçamento para que assim sejam obtidas combinações promissoras.

Posteriormente passa-se a etapa de **selecionar e avaliar as concepções**, cuja tarefa associada é **aplicar métodos de seleção**. A combinação dos princípios gera várias soluções promissoras, as quais necessitam ser avaliadas para que seja selecionada a solução considerada mais promissora. A fim de minimizar o risco de eliminar uma solução próspera, devem-se aplicar métodos de seleção que se adaptem à pequena quantidade de informações disponíveis.

A matriz de avaliação é um método bastante eficiente para comparação de conceitos segundo Forcellini (2003), pois permite comparar cada uma das concepções, relacionando o atendimento aos principais requisitos de clientes.

A critério da equipe de projeto, inicialmente toma-se uma das concepções como referência atribuindo o valor zero para cada requisito de cliente analisado. As

demais concepções devem ser comparadas com a de referência quanto ao atendimento dos requisitos de clientes, atribuindo-se:

O valor +2 quando a concepção em avaliação atende muito melhor;

O valor +1 quando a concepção em avaliação atende melhor;

O valor 0 quando a concepção em avaliação atende igualmente;

O valor -1 quando a concepção em avaliação atende pior;

O valor -2 quando a concepção em avaliação atende muito pior.

O somatório das pontuações em relação aos atendimentos aos requisitos de clientes devem ainda ser multiplicados pelos valores de referência encontrados no campo 2 da

Figura 18. A concepção que obtiver maior pontuação ao final da matriz de avaliação será a selecionada para posterior evolução.

A última etapa é a que diz respeito à **evolução da concepção selecionada**, Nesta etapa a tarefa vem a ser **detalhar a concepção selecionada** melhorando o nível especificação e representação dos mecanismos, através de dimensionamento prévio dos mecanismos com apresentação de desenhos em escala, buscando-se ainda acrescentar a concepção selecionada os princípios de solução considerados promissores das concepções descartas na etapa anterior.

Ao final desta etapa tem-se a concepção definitiva do produto com representação geométrica dos mecanismos e informações que tornam possível sua fabricação.

6. Resultados e discussões

Nesta parte do trabalho são apresentados os resultados e discussões relativos à aplicação da metodologia estabelecida, bem como, o produto dos projetos informacional e conceitual, ou seja, as especificações de projeto e as concepções do produto, respectivamente.

6.1. Projeto informacional

Nesta fase tem-se as necessidades levantadas através da aplicação das entrevistas aos clientes identificados no estabelecimento do ciclo de vida do produto.

A etapa de **pesquisar por informações técnicas** foi contemplada na revisão bibliográfica onde se buscou verificar a forma de cultivo da cebola utilizada pelos agricultores familiares, analisando os processos e o maquinário envolvidos em cada tarefa desde a semeadura até a comercialização.

Com o estudo dos processos envolvidos no cultivo da cebola, identificou-se a deficiência no que diz respeito a maquinário destinado aos agricultores familiares para executar algumas tarefas, que são realizadas de forma manual e que, possuem grande potencial de mecanização. Porém, para o desenvolvimento de um produto voltado a estes agricultores familiares, Fonseca (2000) recomenda a identificação de todas as fases envolvidas no ciclo de vida do produto, as quais foram definidas de acordo com as etapas que o produto percorrerá desde a sua criação, como forma de idéia, até a sua desativação total.

Algumas das etapas identificadas, por serem executadas dentro de uma mesma fase foram agrupadas, da seguinte forma:

Projeto: dimensionamento, desenho, cálculo e planejamento;

Produção: compras, fabricação, montagem e testes;

Comercialização: marketing, armazenagem, distribuição e venda;

Uso: operação, regulagem, manutenção e descarte.

Ao definir as fases do ciclo de vida do produto foram identificados os processos envolvidos em cada fase possibilitando assim a determinação dos clientes do produto.

Para a identificação das necessidades dos clientes do projeto estes foram divididos em internos, intermediários e externos e inseridos dentro das fases do ciclo de vida a que competem. Na Figura 21 os clientes estão distribuídos de acordo com as funções que devem desenvolver dentro de cada fase do ciclo de vida do produto.

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto (dimensionamento, cálculo de desenho, e planejamento)	Equipe de projeto		
Produção (compras, fabricação, montagem e testes)	Equipe de projeto, engenheiros e técnicos		
Comercialização (<i>Marketing</i> , armazenagem, distribuição e venda)		Profissionais de <i>marketing</i> , vendas e pós-vendas	
Uso (operação, regulagem, manutenção e descarte)			Agricultores familiares

Figura 21. Identificação dos clientes ao longo das fases do ciclo de vida do produto.

Com esta classificação verificou-se a necessidade de coleta de informações junto aos clientes externos sobre o sistema de cultivo e maquinário envolvido nas tarefas.

O formulário (APÊNDICE B) para a entrevista foi elaborado e estruturado segundo a metodologia de Reis (2003) e Marconi & Lakatos (2010) para levantamento de informações sobre os processos de cultivo e suas características, idéias sobre sistemas mecanizados úteis, possíveis melhorias na execução das tarefas, além de informações sobre clima, terreno, solo, tempo de execução das tarefas, entre outros.

O formulário foi elaborado, em sua maioria, por questões subjetivas e com relacionamento cruzado, para que fosse verificada concordância entre as respostas dentro da mesma entrevista. Evitaram-se perguntas constrangedoras ou com linguagem técnica, procurando-se adaptar a linguagem utilizada nas questões com os termos do cotidiano dos agricultores.

O objetivo foi coletar o maior número de informações que auxiliassem no projeto do desenvolvimento de um sistema mecanizado que se adaptasse ao modelo de cultivo de cebola utilizado pelos agricultores familiares.

Para que houvesse representatividade dos agricultores familiares produtores de cebola para realização das entrevistas, foi calculada uma amostra através da equação 1, quando encontrou-se a necessidade de 22 entrevistas. Este valor foi dividido proporcionalmente em relação ao número de famílias produtoras de cebolas de cada município para a obtenção do número de entrevistas a serem aplicadas por município.

$$n = \frac{(1300+700+580) \cdot 100 \cdot (4,66 \cdot 0,5)^2}{100 \cdot (4,66 \cdot 0,5)^2 + (1300+700+580-1) \cdot 5^2} = \mathbf{21,53} \quad (2)$$

As entrevistas foram aplicadas após o período de colheita de cebolas, objetivando a obtenção de maior certeza nos dados informados pelos agricultores, uma vez que estes não costumam registrar de forma organizada as informações sobre o cultivo.

Das entrevistas aplicadas aos clientes da fase de uso, do ciclo de vida do produto, surgiram resultados que foram alocados em planilha eletrônica a fim de melhor visualização dos dados. A seguir apresentam-se os resultados e informações surgidas da análise das entrevistas.

A Figura 22 apresenta o número de agricultores familiares produtores de cebola (municípios de Tavares, São José do Norte e Rio Grande) separados em classes de acordo com o tamanho da unidade familiar em ha. Nota-se, que a maioria dos entrevistados, 58,3%, possui unidade familiar com área entre 01 e 25 ha. Consideram-se estes agricultores como familiares, pois possuem unidade familiar de 01 módulo fiscal, podendo ter até 04 módulos para se enquadrarem nesta categoria (BRASIL, 1993; 2006).

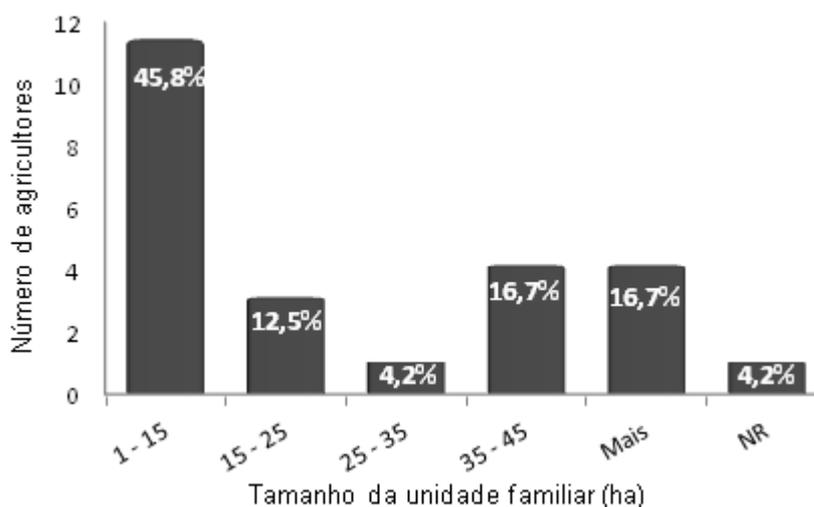


Figura 22. Frequência de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, em ha.

Observou-se, a partir das entrevistas que, apesar da maioria das unidades familiares apresentarem áreas totais de até 25 ha, a área cultivada com cebola permanece entre 0,5 e 3,5 ha em 79% dos casos (Figura 23).

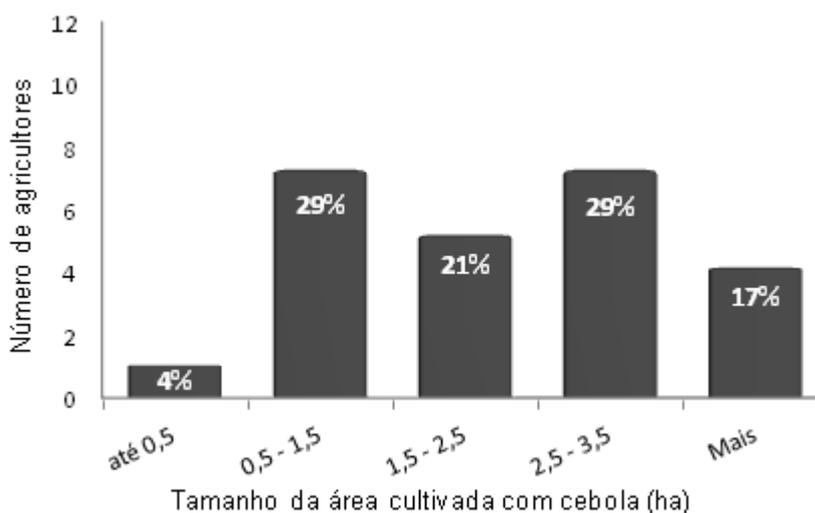


Figura 23. Frequência de agricultores familiares entrevistados de acordo com a área cultivada com cebolas, em ha.

Por serem áreas pequenas, os agricultores aproveitam o máximo de área útil possível, deixando pequenos espaços entre os canteiros e também espaço reduzido nas cabeceiras (entre os canteiros e a cerca). A limitação na área cultivada com cebolas está relacionada com diversos fatores, mas um dos principais, segundo os agricultores, é a grande necessidade de mão-de-obra em algumas fases do cultivo, sendo que o transplante e a colheita são as etapas que mais necessitam (Figura 24).

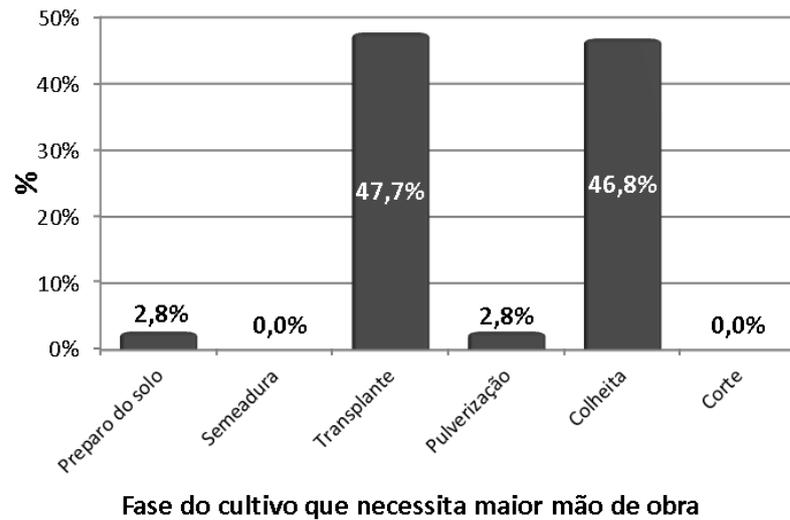


Figura 24. Fases do cultivo da cebola em que se necessita maior quantidade de mão-de-obra, segundo a ordem de importância para os agricultores entrevistados.

Esta maior necessidade de mão-de-obra no transplante e colheita faz com que os agricultores sintam a necessidade de máquinas agrícolas que auxiliem nestas atividades (Figura 25), pois por serem realizadas em posição não ergonômica, causam problemas de saúde aos agricultores, sendo mais comum problemas de coluna como dores nas costas, na cabeça e nos joelhos (Figura 26).

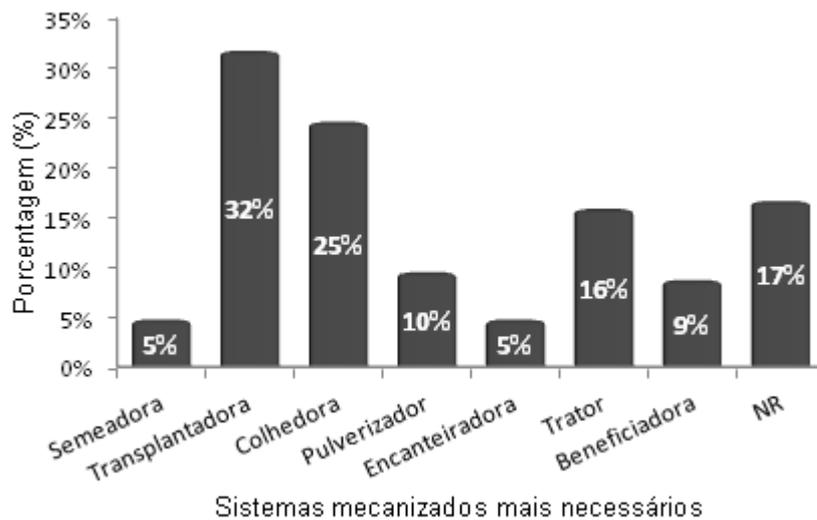


Figura 25. Sistemas mecanizados mais necessários para o cultivo da cebola, para os agricultores entrevistados.

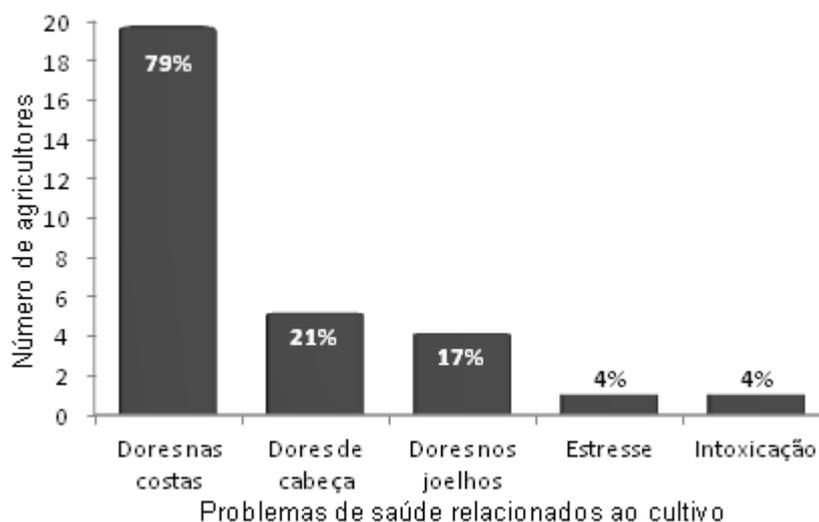


Figura 26. Problemas mais frequentes de saúde relacionados ao cultivo da cebola, segundo os agricultores entrevistados.

Além do problema de ergonomia do serviço, notou-se que existe uma escassez de mão-de-obra no campo, visto que apesar de 30% dos entrevistados utilizarem mão-de-obra familiar, existe a necessidade de contratação de trabalhadores temporários na fase de colheita, fazendo com que o agricultor desembolse até de R\$2.000,00 por safra, em 44% dos casos, dependendo da área cultivada, produtividade, e do custo local da mão-de-obra (Figura 27).

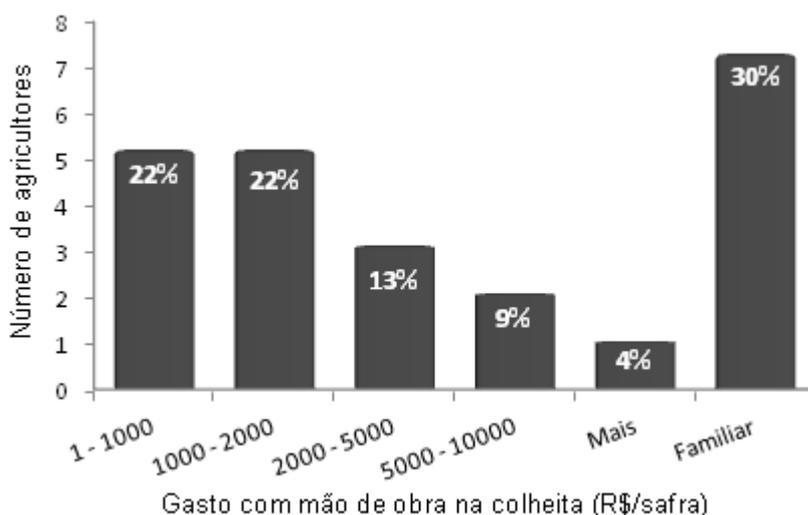


Figura 27. Gastos com contratação de mão-de-obra externa e utilização de mão-de-obra familiar na etapa de colheita da cebola, em Reais (R\$) por safra.

A produtividade das lavouras é bastante variável, sendo que a maior frequência dos entrevistados produz entre 20 e 30 t ha⁻¹ (Figura 28).

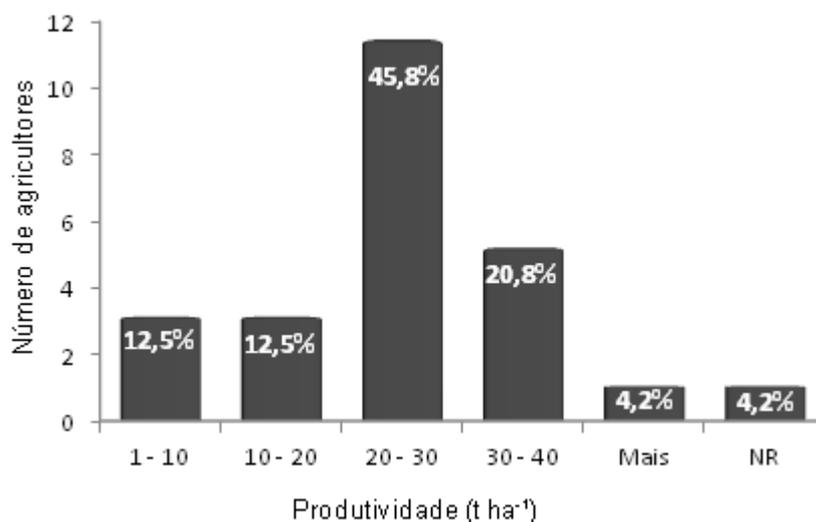


Figura 28. Produtividade das lavouras de cebola.

A duração da colheita está relacionada com a quantidade de mão-de-obra disponível para a realização da tarefa, visto que o processo é todo manual, durando de 15 a 30 dias em 54% dos casos (Figura 29). Os agricultores relatam que existe dificuldade em encontrar mão-de-obra disponível no meio rural nesta época, informação também apresentada no trabalho de Zabaleta (1998). Além da disponibilidade, a qualidade da mão-de-obra também influencia na duração da colheita, pois, segundo os entrevistados, os trabalhadores em sua maioria não possuem qualificação para o serviço, realizando-o de forma lenta e com baixo rendimento, fazendo com que o período de colheita se prolongue.

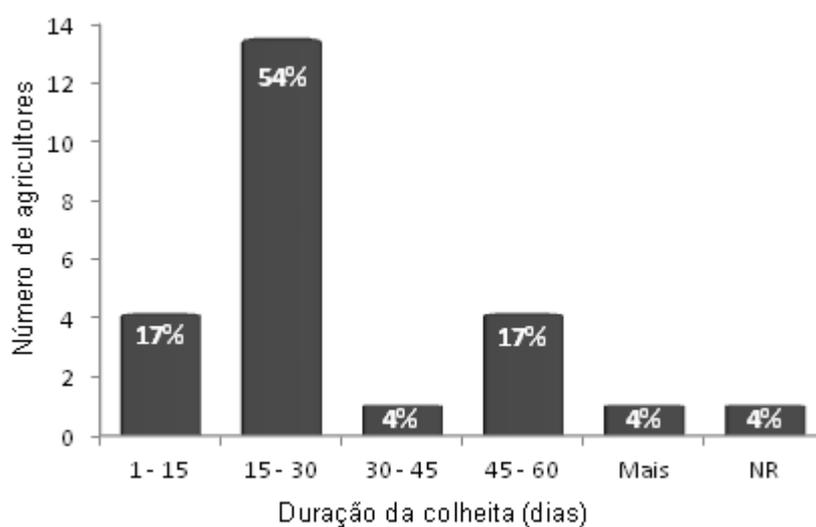


Figura 29. Duração da colheita da cebola em dias.

A principal forma de tração utilizada nas atividades agrícolas é a mecânica, sendo que 75% dos agricultores utilizam tratores de quatro rodas (Figura 30) e de baixa potência, 47,8 kW ou menores (Figura 31), que não possuem grande capacidade de levante hidráulico. Normalmente a largura do canteiro de cultivo da cebola é regulada pelo vão livre horizontal.

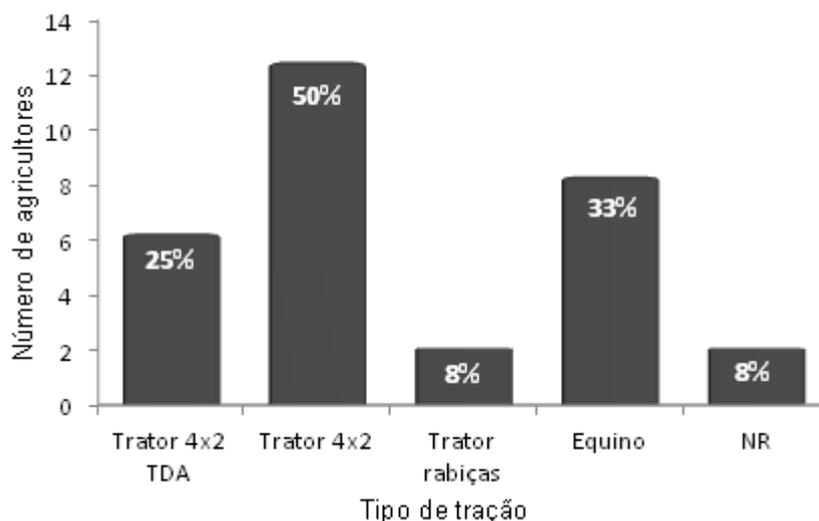


Figura 30. Tipo de tração utilizada pelos entrevistados nas atividades agrícolas dentro da unidade familiar.

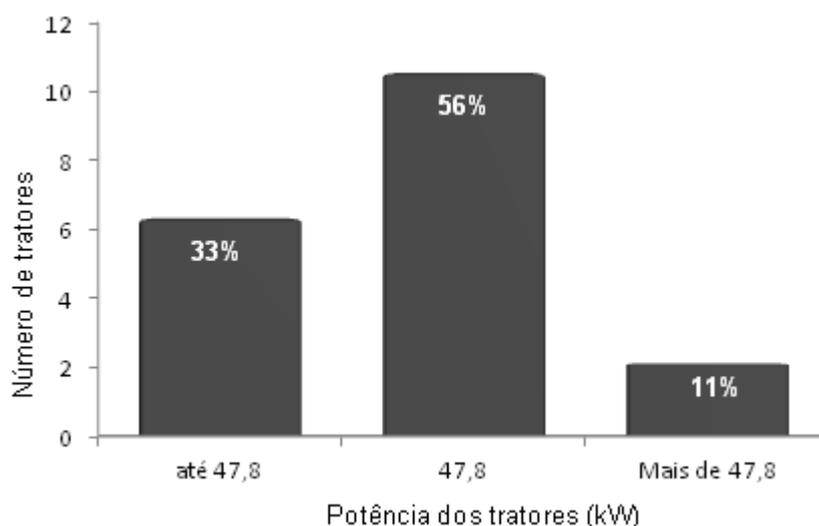


Figura 31. Potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados.

Quando questionados sobre quais as principais funções que uma máquina para colheita de cebolas precisaria desempenhar, além de retirar as cebolas do solo, 83% dos entrevistados responderam que o equipamento precisaria cortar e ensacar as cebolas (Figura 32).

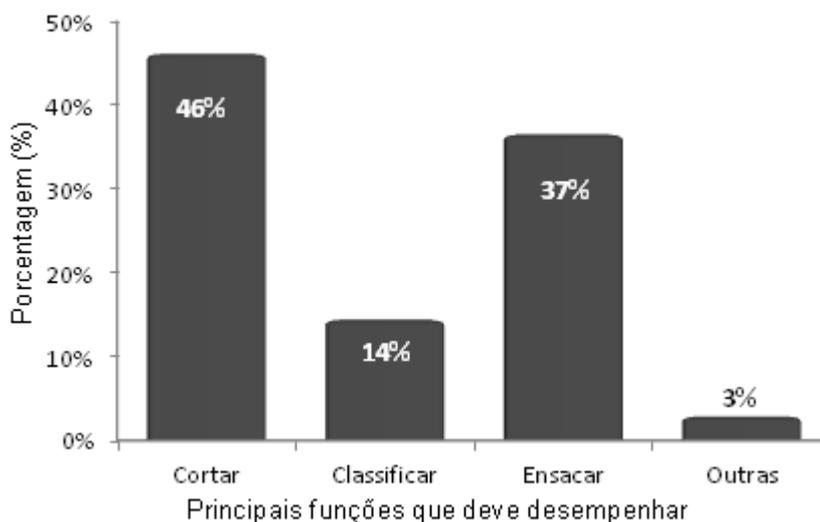


Figura 32. Principais funções que uma máquina para colheita de cebolas precisa desempenhar, além de retirar as cebolas do solo, para os agricultores entrevistados.

Verificou-se também que 54% dos agricultores estariam dispostos a pagar até R\$20.000,00 por uma máquina que colha, corte e ensaque as cebolas (Figura 33), sendo que se financiada, a mesma poderia ser paga em 10 anos, em média. Esta informação está diretamente ligada com o período mínimo de vida útil da máquina esperado pelos agricultores. Dos entrevistados, 50% pagariam até R\$10.000,00 por uma máquina que apenas retirasse as cebolas do solo (Figura 34).

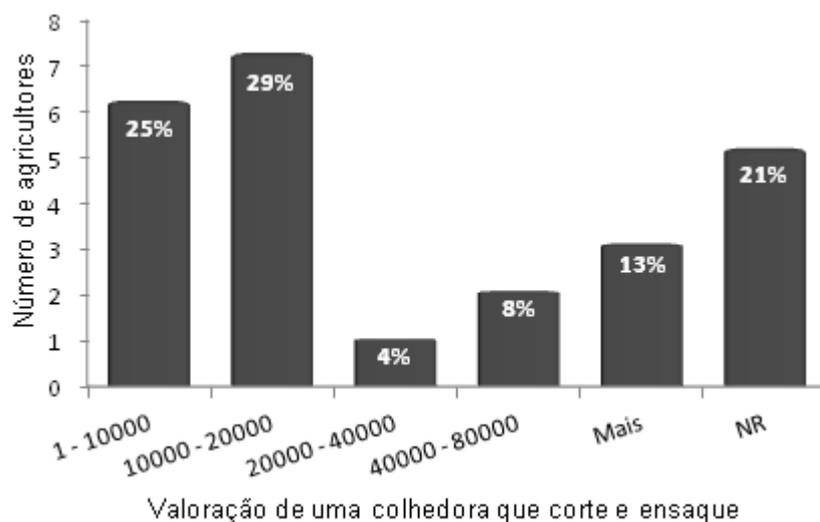


Figura 33. Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina para colheita de cebolas que, além de retirar do solo, corte e ensaque as cebolas.

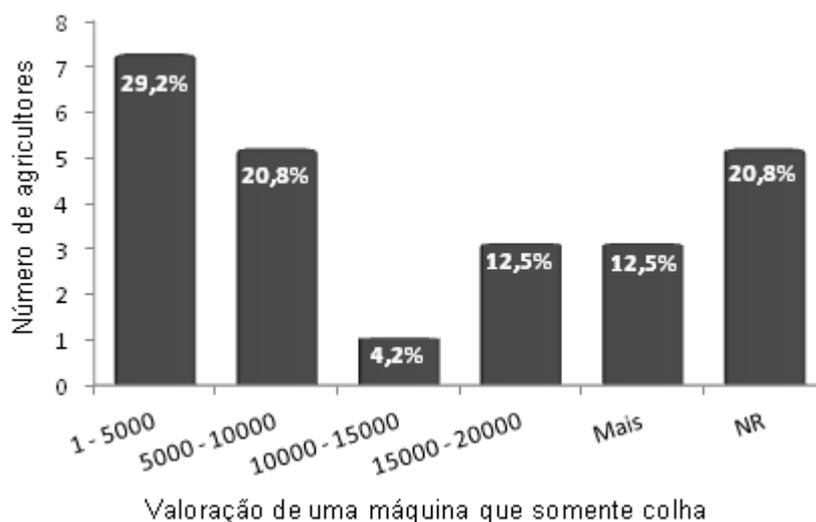


Figura 34. Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina que apenas retire as cebolas do solo.

Verificou-se também que metade dos entrevistados realiza a manutenção de suas máquinas e implementos agrícolas na própria unidade familiar, o que mostra que os implementos necessitam ter manutenção e montagem simples, pois os agricultores possuem poucas ferramentas para a realização da atividade.

Grande parte dos agricultores familiares produtores de cebola pratica diversificação de cultivos em suas áreas, sendo as principais culturas o milho, feijão, batata e aipim (Figura 35), porém, utilizam áreas separadas para o cultivo destas e da cebola, não havendo problemas para a cebola com restos culturais de difícil decomposição no solo, como os de batatas, raízes e caule de aipim e milho, que poderiam dificultar o trabalho de algumas máquinas agrícolas.

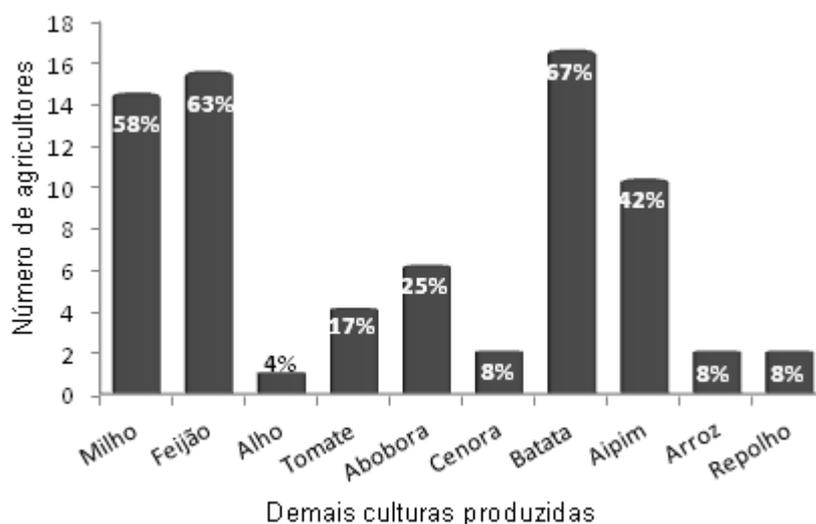


Figura 35. Demais culturas produzidas nas unidades familiares além da cebola, por ordem de importância para os agricultores entrevistados.

A partir do diagnóstico das respostas coletadas junto aos clientes externos e informações providas da análise de sistemas similares discutidas entre a equipe de projeto, foram encontradas as necessidades dos clientes. Posteriormente foram estabelecidos os requisitos de clientes, conforme a análise das necessidades e informações, transformando-os em linguagem de engenharia.

Na análise das informações, pela equipe de projeto, foram consideradas somente as necessidades reais dos clientes, objetivando um menor custo do equipamento.

Desta forma, seguindo a metodologia proposta, os requisitos dos clientes foram distribuídos ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento do produto (Figura 36).

Fase do ciclo de vida		Requisitos dos clientes
Projeto		1. Ter largura adequada ao trator
		2. Ter velocidade adequada de trabalho
		3. Ter centro de gravidade baixo
Produção		4. Ter processo de fabricação simples
		5. Ser fácil de montar
		6. Ter peças padronizadas
Comercialização		7. Ter baixo custo
Uso	Operação	8. Ser de fácil operação
		9. Ser fácil de manobrar
		10. Retirar cebola do solo
		11. Eliminar impurezas das cebolas
		12. Cortar talo e raiz
		13. Ensacar cebolas
		14. Ter baixo peso
		15. Ter boa visibilidade dos sistemas
		16. Ter controle dos sistemas
	Regulagem	17. Ser segura aos operadores
		18. Ter baixa potência de acionamento
		19. Ser ergonômica
Manutenção	20. Ser fácil de regular	
	21. Ser de fácil manutenção	
		22. Ser resistente ao desgaste

Figura 36. Distribuição dos requisitos de clientes do projeto nas fases do ciclo de vida do produto.

A fim de estabelecer os requisitos de projeto, cada um dos requisitos de cliente foi vinculado a atributos para seu melhor esclarecimento, dificultando assim a incidência de difusão, ou seja, mais de um requisito desempenhar a mesma ação. Os atributos são apresentados detalhadamente conforme segue:

- **ter largura adequada ao trator:** apresentar largura menor ou igual ao vão livre horizontal; coincidir com a largura do canteiro empregada, ou seja, ter variação da largura de trabalho

- **ter velocidade adequada de trabalho:** estabelecer limites mínimos e máximos de velocidade de cada função e dimensioná-las de acordo com a velocidade de deslocamento ideal que não comprometa a operação de colheita e as demais funções; ter velocidade que não reduza a segurança dos operadores, aumentando o tempo de acionamento dos mecanismos, de acordo com as velocidades de reação dos operadores; e considerar rotações adequadas dentro de parâmetros que diminua o consumo de combustível.

- **ter centro de gravidade baixo:** deve-se diminuir a distância entre o acoplamento e a resultante das forças atuantes na máquina, trasladando-a para perto do mecanismo de acoplamento da fonte de tração (se for possível o levantamento da máquina) ou para cima do mecanismo de retirada da cebola do solo (se não for possível o levantamento da máquina).

- **ter processo de fabricação simples:** relacionado principalmente ao uso de processos de fabricação já consolidados e fáceis de encontrar no mercado; uso de componentes padronizados e à redução do número total de componentes que fazem parte da máquina.

- **ser fácil de montar:** ter elementos ou sistemas pequenos; de fácil acoplamento; apresentar baixo peso; posição para montagem ergonômica; necessitar poucas e simples ferramentas para montagem.

- **ter peças padronizadas:** maximizar o número de peças e elementos padronizados, de fácil aquisição no mercado e de baixo custo.

- **ter baixo custo:** após sua concepção final a máquina deve apresentar valor de mercado que os produtores de cebola possam pagar, apresentando boa relação de custo x benefício.

- **ser fácil de operar:** não apresentar mecanismos complexos; apresentar pictogramas explicativos demonstrativos; possuir documento técnico com linguagem simples com todas as informações sobre instrução, manutenção e operação da máquina.

- **ser fácil de manobrar:** a máquina deve ser adequada às propriedades rurais, que apresentam pequenas áreas e espaço reduzido entre os canteiros; apresentar pequeno raio de giro;

- **retirar cebola do solo:** ter precisão e uniformidade na profundidade do mecanismo que retira a cebola do solo evitando perdas, e que ao mesmo tempo não danifique os bulbos;

- **eliminar impurezas das cebolas:** capacidade de eliminar com rapidez a vegetação sobre o canteiro e o excesso de solo e vegetais que estiverem fixados à cebola;

- **cortar talo e raiz:** deixar o bulbo com características comerciais, sem comprometer sua integridade, evitando assim a entrada de patógenos;

- **ensacar cebolas:** executar a tarefa de acondicionar os bulbos em uma embalagem comercial para transporte;

- **ter baixo peso:** adequar-se as condições da fonte de potência, tanto na capacidade de levantar (se for o caso), quanto para ser tracionada;

- **ter boa visibilidade dos sistemas:** máximo de sistemas críticos em funcionamento visíveis aos operadores, que não necessite o deslocamento dos operadores do posto de trabalho.

- **ter controle dos sistemas:** realizar regulagens em tempo real de funcionamento; intervir quando existir problemas ou funcionamento inesperado de algum mecanismo ou sistema evitando assim acidentes.

- **ser segura aos operadores:** com partes móveis protegidas; posicionamento adequado do operador e com segurança; comunicação através de pictogramas de segurança todos os locais que possuem risco de acidentes.

- **ter baixa potência de acionamento:** devido os tratores dos agricultores familiares produtores de cebola serem de baixa potência.

- **ser ergonômica:** avaliação das tarefas e postos de trabalho.

- **ser fácil de regular:** possuir acesso facilitado aos pontos de regulagem; ter necessidade de poucas ferramentas para executar a tarefa, e que estas sejam comuns.

- **ser de fácil manutenção:** com partes fáceis de desmontar; minimização do número de ferramentas; baixo custo da manutenção; facilidade na limpeza; pontos de lubrificação fáceis de encontrar e de acessar.

- **ser resistente ao desgaste:** materiais resistentes ao desgaste e a abrasividade.

Diante dos requisitos de clientes e seus respectivos atributos parte-se para a segunda etapa de estabelecimento dos requisitos de projeto comparando-os com a lista de verificação proposta por Fonseca (2000) (Figura 37, páginas 64 e 65). Devido à redundância e difusão, alguns requisitos de projeto foram excluídos quando comparados com a lista de verificação, porém outros foram adicionados.

Atributos gerais	Atributos básicos	Funcionamento	<p>Danificação dos bulbos Quantidade de cebolas retiradas do solo Quantidade de cebolas limpas Quantidade de cebolas cortadas Quantidade de cebolas ensacadas</p>
	Atributos do ciclo de vida	Econômico	<p>Custo de fabricação Custo de operação Custo de manutenção Vida útil</p>
Segurança		<p>Proteção nas partes móveis externas</p> <p>Confiabilidade, Estético, Legal, Patentes, Da normalização, Do impacto ambiental, Da modularidade, Ergonômico</p>	
		Fabricabilidade	<p>Processo de fabricação usual</p>
		Mantenabilidade	<p>Duração da manutenção Intervalo de manutenção</p>
			<p>Embalabilidade, Armazenabilidade, Transportabilidade, Reciclabilidade, Comerciabilidade, Da função, Descartabilidade, Usabilidade, Montabilidade,</p>

Atributos específicos	Atributos materiais	Geométricos	Dimensões	Largura de trabalho
				Forma, Textura, Fixações, Configuração, Acabamento, Ajustes
		Material	Materiais padronizados comuns	
		Peso	Peso	
		Cor		
	Atributos energéticos	Cinemática	Velocidade de trabalho	
		Força	Força de acionamento	
		Tipo de energia, Fluxo		
	Atributos de controle	Controle	Número de regulagens Duração da regulagem	
		Estabilidade, Sinais		

Figura 37. Requisitos de projeto obtidos classificados segundo a proposta de Fonseca (2000).

Para a utilização do método QFD os requisitos dos clientes foram hierarquizados através do diagrama de Mudge conforme é apresentado na Figura 38. A utilização do diagrama de Mudge apresentou grande importância neste trabalho visto que as necessidades obtidas junto aos clientes foram expressivas (22 necessidades).

Foi verificado, conforme Figura 38, que um dos requisitos obteve o valor zero (ser fácil de montar), mesmo assim foi mantido por apresentar importância ao projeto, pois está relacionado com uma das tarefas executadas durante a vida útil da máquina, quando poderão ocorrer várias desmontagens devendo estas ser da forma mais fácil possível.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	S	%	
1	1A	1B	1A	1B	1A	7B	1B	1C	10C	11C	12C	1 ^a	1B	1A	1C	17A	18B	1B	20A	1A	1B	33	5,18	
	2	2B	2A	2C	2B	7A	2A	2A	10A	11B	12C	2B	2B	2B	2A	2B	18B	2B	2A	2A	2B	34	5,34	
		3	4A	3A	6C	7C	8A	9A	10C	11C	12C	13C	14A	15B	16B	17B	18B	19A	20C	21B	3A	2	0,32	
			4	4C	6B	7A	8A	4A	10B	11C	12C	4A	4B	4B	4A	17C	18A	4A	20A	21A	22A	14	2,20	
				5	6C	7C	8B	9B	10C	11C	12C	13B	14C	15B	16B	17B	18B	19A	20B	21C	22C	0	0	
					6	7B	8A	9A	10B	11C	12C	6A	6B	15A	16A	17A	18B	6C	20A	6B	6C	30	4,71	
						7	7B	7C	10B	11B	12B	7A	7C	7C	7B	17A	7A	7C	7B	7B	7C	57	8,95	
							8	8C	10B	11C	12C	13A	14A	15A	16C	8A	18A	8A	20A	8A	8B	17	2,67	
								9	9C	11C	12C	9A	9C	15C	16C	17A	18C	9A	20C	9A	9B	21	3,30	
									10	10A	10A	10C	10C	10A	10A	10B	10B	10B	10B	10B	10C	62	9,73	
										11	12A	11C	11C	11C	11C	11B	11B	11C	11B	11B	11C	83	13,03	
											12	12C	12C	12C	12C	12B	12B	12C	12B	12B	12B	84	13,19	
												13	14B	13A	16A	17B	18C	13A	20A	21A	13A	12	1,88	
													14	15A	16A	17A	18B	14A	20A	21B	14A	12	1,88	
														15	16A	17A	18A	15A	20A	21A	15B	18	2,82	
															16	17A	18A	16B	20A	16A	16B	27	4,24	
																17	18A	17A	20A	17A	17B	26	4,08	
																	18	18C	18A	18B	18C	47	7,38	
																		19	20B	21A	22A	2	0,32	
																			20	20A	20C	31	4,87	
																				21	21B	18	2,82	
																					22	7	1,10	
																						TOTAL	637	100

Requisitos de Clientes:

1. Ter largura adequada ao trator
2. Ter velocidade adequada de trabalho
3. Ter centro de gravidade pequeno
4. Ter processo de fabricação simples
5. Ser fácil de montar
6. Ter peças padronizadas
7. Ter baixo custo
8. Ser fácil de operar
9. Ser fácil de manobrar
10. Retirar cebola do solo
11. Eliminar impurezas das cebolas
12. Cortar talo e raiz
13. Ensacar cebolas
14. Ter baixo peso
15. Ter boa visibilidade dos sistemas
16. Ter controle dos sistemas
17. Ser segura aos operadores
18. Ter baixa potência de acionamento
19. Ser ergonômica
20. Ser fácil de regular
21. Ser de fácil manutenção
22. Ser resistente ao desgaste

Perguntas a serem feitas ao relacionar os requisitos:

- 1) Qual dos requisitos é mais importante?
R: Escrever o número do requisito
- 2) Quanto mais importante é o requisito?
R: A, B ou C.

Significado das letras:

A = Um pouco mais importante
B = Medianamente mais importante
C = Muito mais importante

Figura 38. Diagrama de Mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.

Na Tabela 1 é apresentada a distribuição de frequência dos valores de importância obtidos do diagrama de Mudge em dez classes, que foram obtidas através da inserção dos dados em um histograma com amplitude variando de zero a 13,19.

Ao manter o requisito ser fácil de montar juntamente com os demais na Tabela 1 para a classificação através do histograma de frequência, o mesmo recebeu 1 por pertencer, da mesma forma que os demais valores não nulos, a esta classe.

Tabela 1. Classe dos requisitos dos clientes hierarquizados.

Requisitos de clientes	Classe	Hierarquização (%)
Cortar talo e raiz	10	13,19
Eliminar impurezas das cebolas	10	13,03
Retirar cebola do solo	8	9,73
Ter baixo custo	7	8,95
Ter baixa potência de acionamento	6	7,38
Ter velocidade adequada de trabalho	5	5,34
Ter largura adequada ao trator	4	5,18
Ser fácil de regular	4	4,87
Ter peças padronizadas	4	4,71
Ter controle dos sistemas	4	4,24
Ser segura aos operadores	4	4,08
Ser fácil de manobrar	3	3,3
Ter boa visibilidade dos sistemas	3	2,82
Ser de fácil manutenção	3	2,82
Ser fácil de operar	3	2,67
Ter processo de fabricação simples	2	2,2
Ensacar cebolas	2	1,88
Ter baixo peso	2	1,88
Ser resistente ao desgaste	1	1,1
Ter centro de gravidade pequeno	1	0,32
Ser ergonômica	1	0,32
Ser fácil de montar	1	0

Na Figura 39 observa-se a matriz da casa da qualidade (QFD) os requisitos de clientes com os valores das classes obtidos, ainda pode ser visto os demais dados de entrada que foram necessários para a obtenção das hierarquizações com telhado e sem telhado encontrados na parte inferior da mesma.

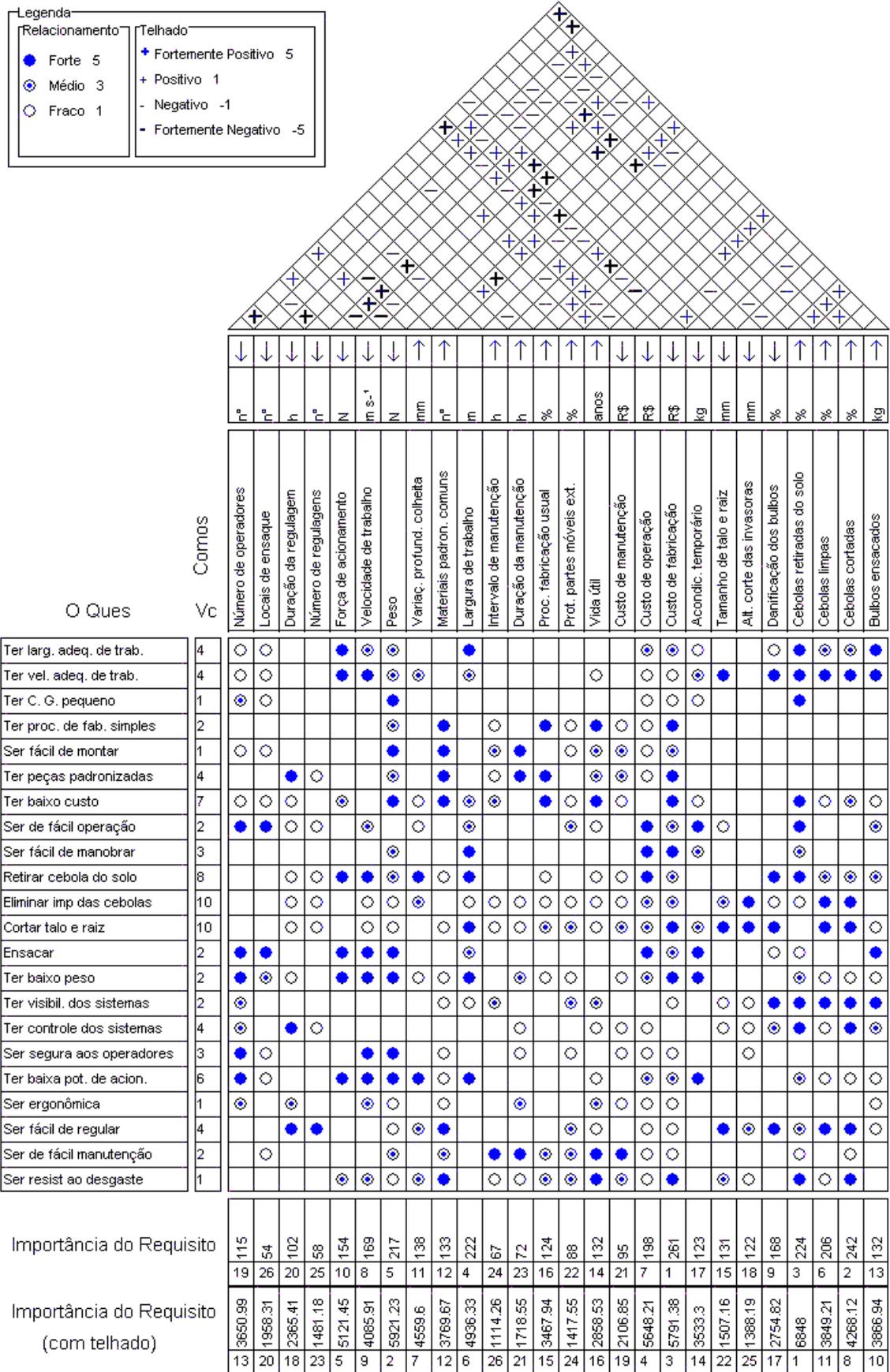


Figura 39. Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto.

As Figura 40, Figura 41 e Figura 42 apresentam a listagem dos requisitos de projeto classificados conforme a aplicação da matriz casa da qualidade. Os requisitos foram divididos em três partes: terço superior (requisitos mais importantes), terço médio (requisitos importantes) e terço inferior (requisitos menos importantes) conforme propõe Fonseca (2000).

Através desta divisão foi possível verificar a variação da ordem de importância dos requisitos, analisando-se de forma pontual cada um daqueles que sofreram alteração da ordem de importância, tanto dentro do mesmo terço, quanto com relação a mudança para outro terço.

Hierarquização QFD sem telhado	Requisito de projeto	Hierarquização QFD com telhado
1º	Custo de fabricação	3º
2º	Cebolas cortadas	8º
3º	Cebolas retiradas do solo	1º
4º	Largura de trabalho	6º
5º	Peso	2º
6º	Cebolas limpas	11º
7º	Custo de operação	4º
8º	Velocidade de trabalho	9º

Figura 40. Terço superior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.

Hierarquização QFD sem telhado	Requisito de projeto	Hierarquização QFD com telhado
9º	Danificação dos bulbos	17º
10º	Força de acionamento	5º
11º	Variação da profundidade de colheita	7º
12º	Materiais padronizados comuns	12º
13º	Bulbos ensacados	10º
14º	Vida útil	16º
15º	Tamanho de talo e de raiz	22º
16º	Processo de fabricação convencional	15º
17º	Acondicionamento temporário	14º

Figura 41. Terço médio da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.

Hierarquização QFD sem telhado	Requisito de projeto	Hierarquização QFD com telhado
18 ^o	Altura de corte das invasoras	25 ^o
19 ^o	Número de operadores	13 ^o
20 ^o	Duração da regulagem	18 ^o
21 ^o	Custo de manutenção	19 ^o
22 ^o	Proteção nas partes móveis externas	24 ^o
23 ^o	Duração da manutenção	21 ^o
24 ^o	Intervalo de manutenção	26 ^o
25 ^o	Número de regulagens	23 ^o
26 ^o	Locais de ensaque	20 ^o

Figura 42. Terço inferior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.

Tratando-se somente do terço superior (Figura 40) notam-se algumas variações bastante interessantes entre a hierarquização de alguns dos requisitos de projeto. Levando-se em conta o telhado, observa-se que a hierarquização do requisito **retirar cebolas do solo** toma o 1^o lugar em importância, mostrando que existe certa coerência, pois é uma das principais funções que a máquina deve desempenhar. Já em relação à hierarquização sem o uso do telhado percebe-se que o **custo de fabricação** vem a ser o requisito de projeto mais importante. Como visto anteriormente, já existem máquinas que desempenham a função de retirar cebolas do solo, porém estas não se adaptam as condições econômicas, ao tamanho das propriedades e à forma de cultivo de cebolas realizada pela agricultura familiar, sendo assim, no que se refere ao quesito de maior importância para o projeto a hierarquização dos requisitos de projetos sem telhado mostra-se mais coerente com o objetivo deste trabalho que é desenvolver um produto acessível aos agricultores, pois do contrário estes adquiriam as máquinas disponíveis no mercado.

Na hierarquização com telhado o requisito de projeto **peso** obteve o segundo lugar em importância, isso porque este requisito poderá definir se a máquina será do tipo montada ou arrastada, tal fato certamente irá interferir em outros condicionantes como raio de giro, centro de gravidade baixo, segurança dos operadores e potência de acionamento. Na hierarquização sem telhado a posição de importância do mesmo foi a quinta posição demonstrando que sua adoção como especificação de projeto é imprescindível. Ambos os requisitos de projeto **cebolas limpas** e **velocidade de trabalho**, na hierarquização com telhado ficaram localizados no terço médio (Figura 41), décimo primeiro e nono respectivamente, diferentemente da hierarquização sem telhado onde obtiveram as posições de sexto

e oitavo respectivamente. Com relação ao requisito **cebolas limpas** entende-se que é uma das especificações relacionadas às exigências de mercado, ou seja, para se obter um melhor valor de mercado a cebola deve estar bem apresentada, e ser de boa qualidade. Devido a este requisito apresentar importância e interferência econômica sobre o produto final, o nível de importância não deveria, ao entendimento da equipe de projeto, ser inferior aos requisitos **força de acionamento** e **variação da profundidade de colheita**, que na hierarquia com telhado ocupam as posições quinta e sétima respectivamente. No caso da hierarquia com telhado, se os requisitos citados tivessem influência positiva sobre o requisito **cebolas limpas**, esta poderia ser adotada, como isto não ocorre torna inviável sua adoção.

No terço médio (Figura 41) e inferior (Figura 42) observa-se que os requisitos **tamanho de talo e raiz** e **número de operadores**, foram os que tiveram suas posições alteradas a ponto de trocar de terço, todavia ao verificar o telhado do QFD (Figura 39), percebe-se que não existe interação entre os dois, desta forma fica claro que os requisitos **tamanho de talo e raiz**, assim como **cebolas limpas**, têm a ver com o aspecto da cebola, que é o produto final do processo e o objetivo maior do agricultor, portanto, adotou-se a hierarquização dos requisitos para estabelecimento das especificações de projeto, sem a utilização do telhado da matriz QFD.

Para o estabelecimento das especificações do projeto, foi necessário a atribuição de um valor a ser alcançado e a unidade física ou econômica relacionada a cada requisito do projeto, chamado valor meta, bem como a forma de avaliação e aspectos que não são desejados ao se implementar o requisito dentro do projeto.

As especificações foram divididas de acordo com a importância obtida através da aplicação da Matriz QFD (Figura 39) sem o uso do telhado, em terço superior (Figura 43), terço médio (Figura 44) e terço inferior (Figura 45). Os valores meta calculados e estabelecidos para cada requisito de projeto foram fundamentados nas informações advindas das entrevistas, obtidas por perguntas diretas ou de forma indireta, pelo desenrolar do diálogo mantido com os agricultores familiares, ou ainda pela experiência em dimensionamento e planejamento da equipe de projeto.

Na medida do possível, caso seja necessário, nas fases seguintes (projeto preliminar e projeto detalhado), os valores meta poderão ser modificados se assim a equipe de projeto determinar, mediante exigências de adequação às particularidades

que o trabalho requisitar no decorrer do seu desdobramento ou alterações no projeto para atendimento às necessidades dos clientes.

As especificações de projeto são resultado do projeto informacional e objeto de entrada para a segunda fase (projeto conceitual), as quais serão exploradas para gerar as primeiras formas físicas do produto.

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1º	Custo de fabricação	≤ R\$ 15.000,00	Soma dos valores gastos com processos, projeto, mão de obra e insumos	Comprometer o desempenho, redução de funções, redução de sistemas e elementos e diminuição da qualidade dos materiais
2º	Cebolas cortadas	≥ 90%	Teste de campo	Aumento do custo de fabricação, diminuição da velocidade de deslocamento da máquina para processar num maior tempo uma mesma cebola ou aumento da velocidade dos mecanismos de corte, danificar o bulbo
3º	Cebolas retiradas do solo	≥ 90%	Teste de campo	Maior entrada de impurezas junto às cebolas, maior potência requerida e aumento das dimensões do mecanismo de retirada das cebolas do solo
4º	Largura de trabalho	1200 ~ 900 mm	Determinação em laboratório da largura em relação ao esforço de tração combinado à potência e as características do trator e do sistema de cultivo das cebolas dos agricultores familiares	Aumento da potência requerida para tracionar, (acima de 55,2 kW), peso excessivo para tratores com largura adequada a dimensão mínima do mecanismo de retirar cebolas do solo
5º	Peso	≤ 3 kN	Determinação em laboratório	Não manter a profundidade de retirada de cebolas do solo
6º	Cebolas limpas	≥ 90%	Teste de campo	Danificação dos bulbos, aumento do custo de fabricação, diminuição da velocidade de deslocamento da máquina para processar num maior tempo uma mesma cebola ou aumento da velocidade dos mecanismos de limpeza, danificar o bulbo
7º	Custo de operação	≤ R\$ 250,00 ha ⁻¹	Teste de campo	Redução do número de operadores
8º	Velocidade de trabalho	≤ 0,6 m s ⁻¹	Determinação em laboratório	Comprometer o rendimento operacional, interferir no funcionamento da máquina

Figura 43. Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço superior.

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
9º	Danificação dos bulbos	$\leq 10\%$	Teste de campo	Diminuir o rendimento da operação, diminuição da velocidade de deslocamento, aumento do custo de fabricação com aquisição de materiais menos lesivos
10º	Força de acionamento	≤ 20 kN	Determinação em laboratório e teste de campo	Diminuição das dimensões das peças, substituição de materiais mais tecnológicos, transferência do centro de gravidade, custo de fabricação
11º	Variação da profundidade de colheita	Entre 0 e 100 mm	Determinação em laboratório e teste de campo	Aumento do número de mecanismo, aumento do custo de fabricação, aumento do número de regulagens
12º	Materiais padronizados comuns	$\geq 80\%$	Contagem em laboratório	Comprometer a vida útil, aumento do custo de manutenção
13º	Bulbos ensacados	≥ 6500 kg h ⁻¹	Teste de campo	Sobrecarga do sistema de ensaque, demanda de operador, aumento do número de locais de ensaque
14º	Vida útil	≥ 10 anos	Adoção de técnicas e práticas para alcance da meta	Usos de materiais com processo de fabricação convencionais
15º	Tamanho de talo e de raiz	≤ 20 mm	Teste de campo	Danificação dos bulbos, aumento do custo de fabricação, usar materiais mais tecnológicos
16º	Processo de fabricação usual	$\geq 80\%$	Contagem em laboratório	Limitação do uso de processos com soluções inovadoras
17º	Acondicionamento temporário	80 kg	Teste de campo	Aumento do peso, custo de fabricação, aumento das dimensões da máquina

Figura 44. Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço médio.

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
18º	Altura de corte das invasoras	≥ 50 mm	Teste de campo	Danificar as cebolas, maior demanda de energia, maior custo de fabricação
19º	Número de operadores	≤ 2	Determinação em laboratório e teste de campo	Limitar a velocidade de operação, aumento do custo de fabricação, aumento do tamanho da máquina
20º	Duração da regulagem	$\leq 0,5$ h	Cronometragem em laboratório	Aumento do número e/ou intervalo de regulagens
21º	Custo de manutenção	\leq R\$ 200,00 ano ⁻¹	Em laboratório	Usar ferramentas e materiais de baixa qualidade na manutenção, danificação da máquina
22º	Proteção nas partes móveis externas	90%	Contagem em laboratório	Aumento do custo de fabricação, do tempo de regulagens e manutenção
23º	Duração da manutenção	≤ 2 h	Cronometragem em laboratório	Aumento do número de manutenções ou redução do intervalo entre manutenções, comprometimento da qualidade do serviço
24º	Intervalo de manutenção	200 h	Serão adotadas técnicas e práticas ao longo do projeto para o alcance da meta	Surgimento de manutenção corretiva, diminuição do rendimento operacional, aumento do custo de fabricação
25º	Número de regulagens	≤ 10	Contagem em laboratório	Aumento do custo de fabricação, comprometer o funcionamento
26º	Locais de ensaie	≤ 2	Determinação em laboratório	Custo de fabricação, aumento das dimensões da máquina

Figura 45. Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço inferior.

6.2. Projeto conceitual

Nesta fase é feito o diagnóstico do escopo do problema através da análise das especificações e identificações das restrições, para então ser estabelecida a estrutura funcional do sistema mecanizado, onde por fim se chegará à concepção através da combinação dos princípios de solução mais promissores.

A Figura 46 apresenta esquematicamente como se deu a obtenção do escopo do problema conforme sugerem Pahl & Beitz (1996) e Pahl et al. (2005). No quinto passo se deu a identificação da divergência, onde se obteve, na primeira tentativa de encontrar o escopo do problema, a frase **limpar e ensacar bulbos ilesos** e, após as correções, o escopo do problema encontrado foi **retirar e ensacar bulbos limpos e ilesos com precisão, adequada a diferentes profundidades e larguras**.



Figura 46. Esquema montado para verificação do escopo do problema com cinco passos, baseado em Pahl & Beitz (1996) e Pahl et al. (2005).

O estabelecimento da estrutura funcional partiu da verificação do escopo do problema, com a identificação de que a função global do produto é **retirar e ensacar bulbos limpos e ilesos**, onde a palavra **retirar** tem o sentido de desenterrar do solo as cebolas, a palavra **ensacar** diz respeito a acondicionar os bulbos em embalagens (sacos) e as palavras **limpos** e **ilesos** definem o estado dos bulbos ao final do processo.

Para melhor entendimento do diagrama de blocos das estruturas funcionais, bem como da estrutura global, parcial e das elementares, a Figura 47 apresenta as entradas e saídas de cada função, assim como a sua simbologia.

Representações	Entrada	Saída	Símbolo
Material	Cebola, solo, plantas espontâneas, sacos	Bulbos limpos e ilesos ensacados, solo e plantas espontâneas	---→
Energia	Energia cinética e potencial	Energia dissipada por atrito e fluxo de massa	→
Sinal	Regulagens e monitoração dos sistemas	Bulbos ilesos e limpos	-.-.-→

Figura 47. Descrição geral da entrada e saída associada ao símbolo e o que representa.

A função global definida deverá desempenhar a função proposta, porém como pode ser visto por meio da Figura 48, a função global estabelecida está em um nível complexo de entendimento e por isso fez-se sua decomposição em duas funções parciais, FP1 (Função Parcial 1) e FP2 (Função Parcial 2) . As funções parciais 1 e 2 derivadas foram criadas para iniciar-se a idealização das várias formas de atender a tarefa de projeto e assim estimular a criatividade dos componentes da equipe.

Ao serem criadas cada uma das subfunções (componentes das funções parciais) e funções elementares (componentes das subfunções) se fez necessário a generalização das mesmas, procurando não restringi-las, para que vários princípios de solução pudessem ser encontrados, pois nesta etapa não é definido o princípio de solução mais adequado.

Observam-se fora da fronteira do sistema (Figura 48) três fatores que interagem com a função global. Acima se tem o usuário, composto pelos operadores da máquina. A esquerda vê-se a fonte de potência, o que demonstra que a máquina

necessita de energia externa para realizar a função global. Abaixo se observa o fator ambiente, definido pelo meio que interage com a máquina.

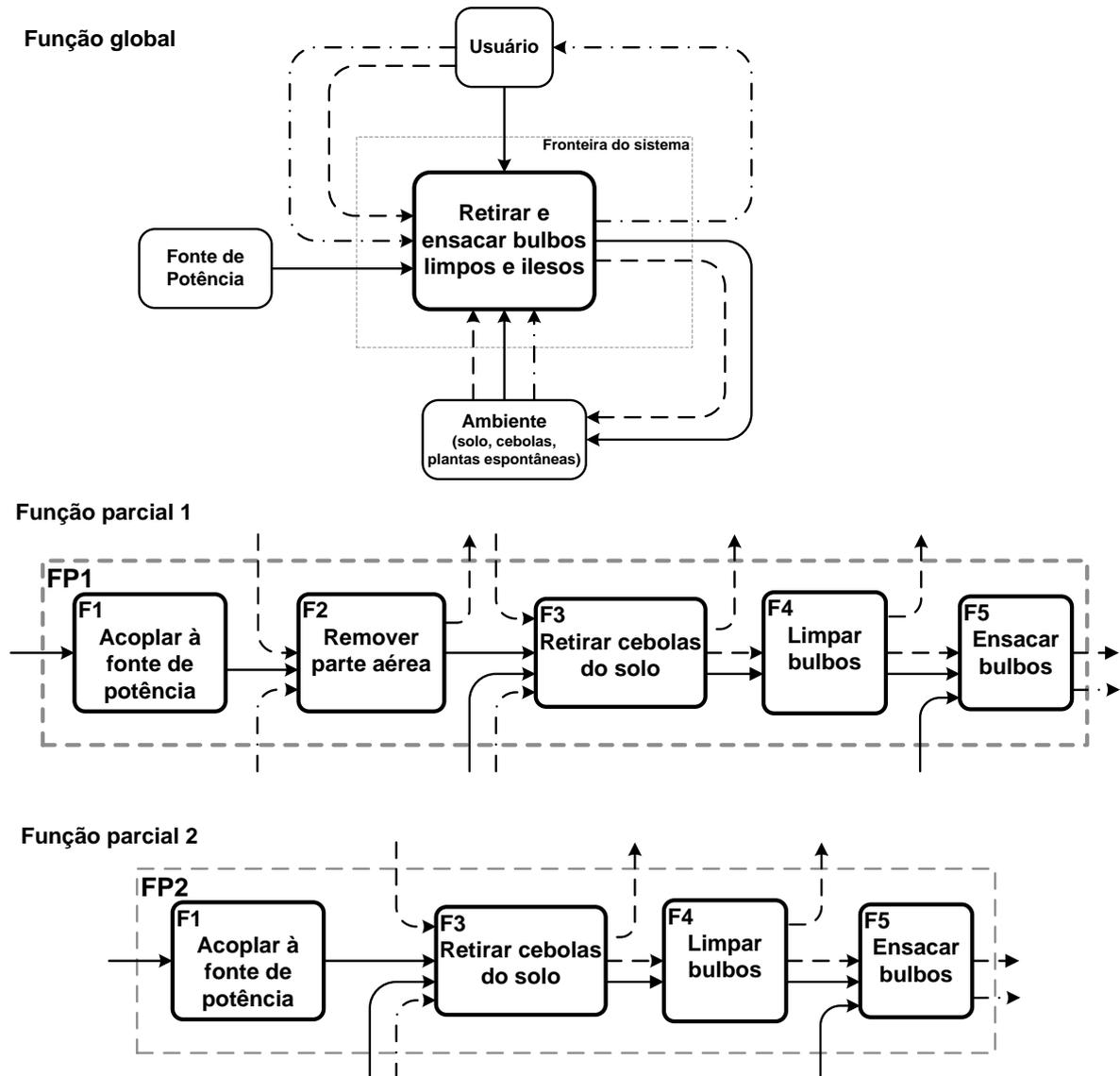


Figura 48. Diagramas de blocos representando a função global e as funções parciais derivadas da mesma.

As setas dos diagramas quando apontam para dentro do bloco, significam que há entrada de material, sinal ou energia, que será processado ou utilizado para desempenhar a função. Quando estiverem apontando para fora do bloco (função) quer dizer que há a resposta ou o resultado do processo. Todas as setas devem entrar nos blocos no sentido horizontal, com exceção das setas verticais que representam a entrada ou a saída no momento em que a função esta sendo desempenhada. As setas também definem qual é o fluxo principal do diagrama, mantendo este no centro. Quando entra ou sai de outros sistemas como usuário,

fonte de potência ou ambiente, as setas surgem da parte superior ou inferior. E quando provém de outro sistema da mesma máquina as setas são horizontais.

No desdobramento das funções quando os blocos que as representam estiverem ligados por setas horizontais, significa que o processo é em série, ou seja, consecutivo. Quando os blocos forem unidos por setas verticais o processo é dito em paralelo, o que significa que a ação dos blocos sobrepostos é feita conjuntamente.

Ao verificar-se as funções parciais da Figura 48, criadas com o objetivo de desempenhar a função global, observa-se que há maior adequação à função global pela FP1, pois não sobrecarrega a função de retirar cebolas do solo e tampouco limpar bulbos, fazendo com que menor quantidade de parte aérea, tanto de plantas espontâneas quanto de cebolas, entre no processo, aliviando desta forma as subfunções retirar cebolas do solo, limpar bulbos e ensacar bulbos.

Adotando-se a FP1 tem-se uma subfunção a mais que a máquina deve desempenhar (remover parte aérea) e para entendimento desta e das demais subfunções, surge a necessidade de continuidade de derivação para funções elementares, que são apresentadas na Fig. 49 e Fig. 56.

A Figura 49 apresenta o diagrama de blocos das subfunções alternativas F1a, F1b e F1c, referentes a subfunção F1. Cada uma delas foi criada com a intenção de satisfazer a ação de acoplar à fonte de potência, porém de diferentes formas. Na subfunção alternativa F1b, nota-se um menor número de funções, onde em relação às demais, a função acionar mecanismos não aparece, significando que a função é desempenhada externamente pelo operador sobre o trator, diminuindo desta forma o número de mecanismos na máquina e o número de operadores.

O desdobramento das subfunções em diferentes funções elementares proporciona maior esclarecimento das diferentes formas de ataque às soluções, pois surgem muitas opções. Através dos métodos de seleção fez-se a escolha da função elementar que melhor desempenha e se adéqua ao projeto da máquina.

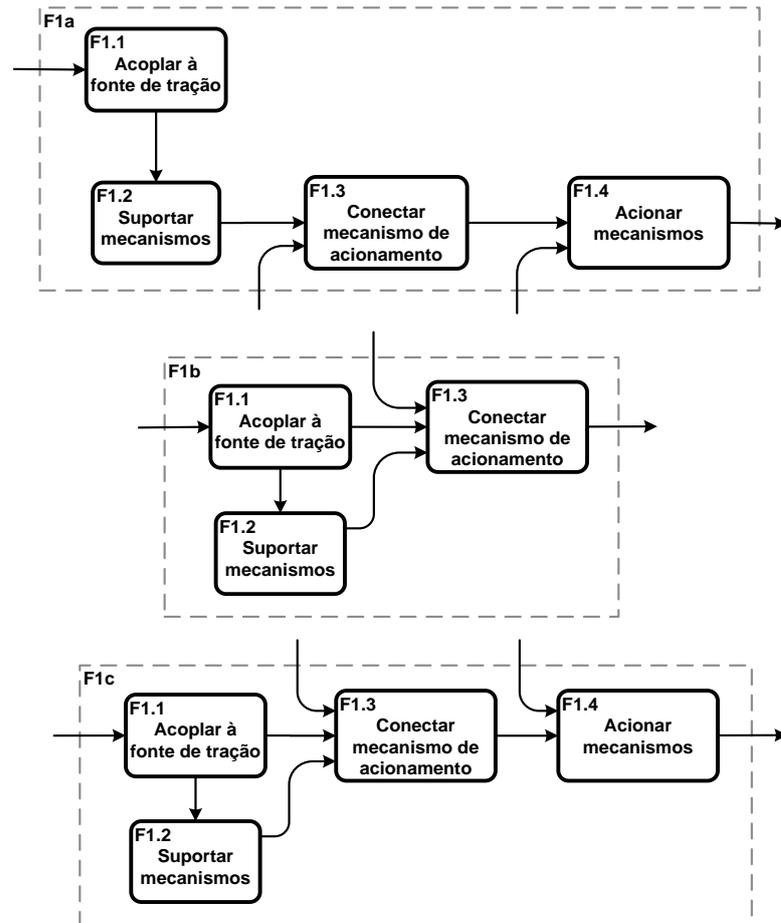


Figura 49. Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F1, acoplar à fonte de potência.

No diagrama de blocos da Figura 49 pode-se observar que todas as setas são de energia (fluxo), tanto de entrada como de saída, não havendo, portanto, a existência de material ou sinal, visto que as funções não denotam processos, regulagens ou monitoramento.

Na Figura 50 é apresentado o desdobramento (em funções elementares) da função remover parte aérea em quatro subfunções alternativas, F2a, F2b, F2c e F2d. Com exceção da subfunção F2d, que possui três funções elementares, as demais possuem cinco funções elementares cada. As funções elementares que a F2d não possui com relação às outras é transmitir potência, que foi retirada, pois esta será realizada com potência advinda do trator, e ejetar parte aérea cortada. A F2c apresenta-se bastante semelhante a F2b, todavia difere nas funções transmitir potência e descrever superfície do solo, pois as duas funções encontram-se num mesmo elemento, que desempenha a mesma ação que a F2b, porém esta última com dois elementos.

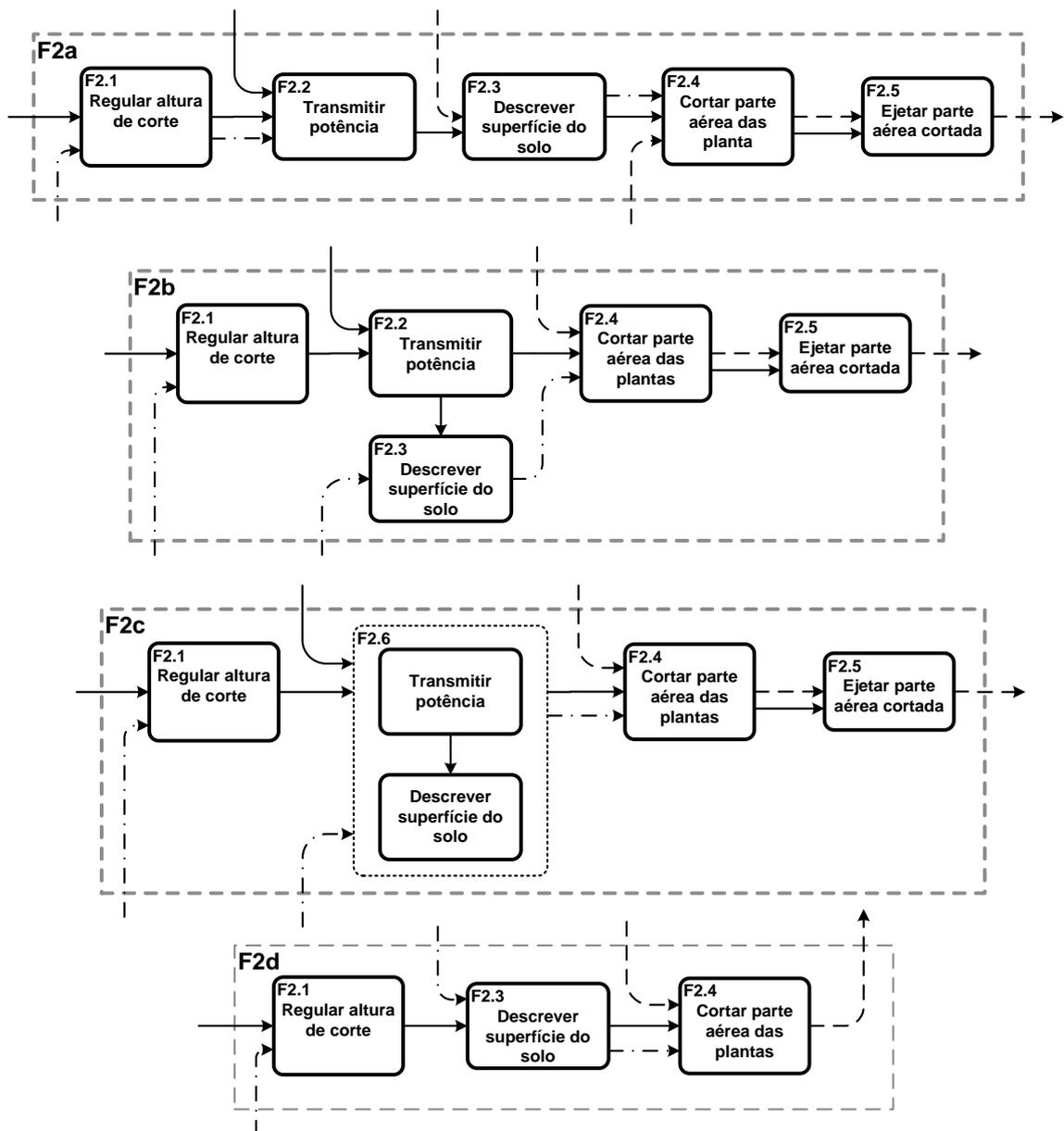


Figura 50. Diagramas de blocos das subfunções alternativas F2a, F2b, F2c e F2d compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F2 – Remover parte aérea.

Todas as subfunções alternativas derivadas da F2 (Figura 50 e Figura 51), assim como as demais, têm como fluxo principal o material, porém em alguns diagramas de blocos este não se apresenta desde o início das funções e, portanto, nestes casos foi utilizada a energia como fluxo principal. No momento em que o material entra no sistema, o mesmo torna-se o fluxo principal.

Na Figura 50 acontece com a F2f em relação a F2e o mesmo que ocorre com a F2c em relação a F2b (Figura 50). Isso nada mais é que a tentativa de encontrar, na etapa de procurar por princípios de solução, somente um mecanismo

que desempenhe mais de uma função. Ainda na Figura 51 o que se vê com relação as subfunções F2e e F2f é que a ação transmitir potência foi retirada, da mesma maneira que ocorreu com a subfunção F2d (Figura 50).

O desdobramento da função remover parte aérea, em relação ao da função acoplar a fonte de potência, foi bem maior, tanto em número de funções como em número de desdobramentos, visto que é uma operação com maior complexidade e que exige várias divisões de tarefas.

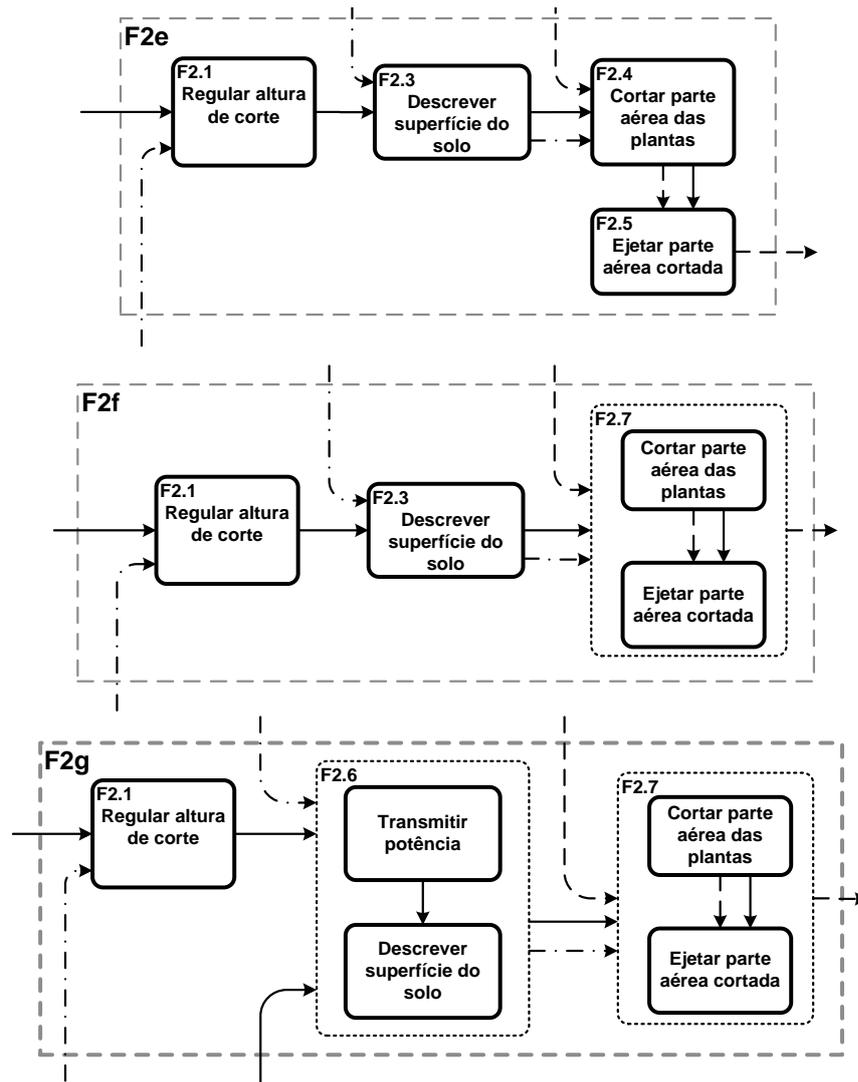


Figura 51. Diagramas de blocos das subfunções alternativas F2e, F2f e F2g compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F2 – Remover parte aérea.

As subfunções alternativas F3a, F3b e F3c derivadas da F3, retirar cebolas do solo, são apresentadas na Figura 52. A subfunção F3c em comparação com as demais da Figura 52 não possui a função elementar de descrever a superfície do solo. Portanto, somente a regulagem da profundidade de colheita determina a que

profundidade o mecanismo de recolher cebolas do solo deverá operar, sendo que, para a máquina não apresentar elevado nível de oscilação, a lavoura deverá apresentar-se nivelada à época de colheita.

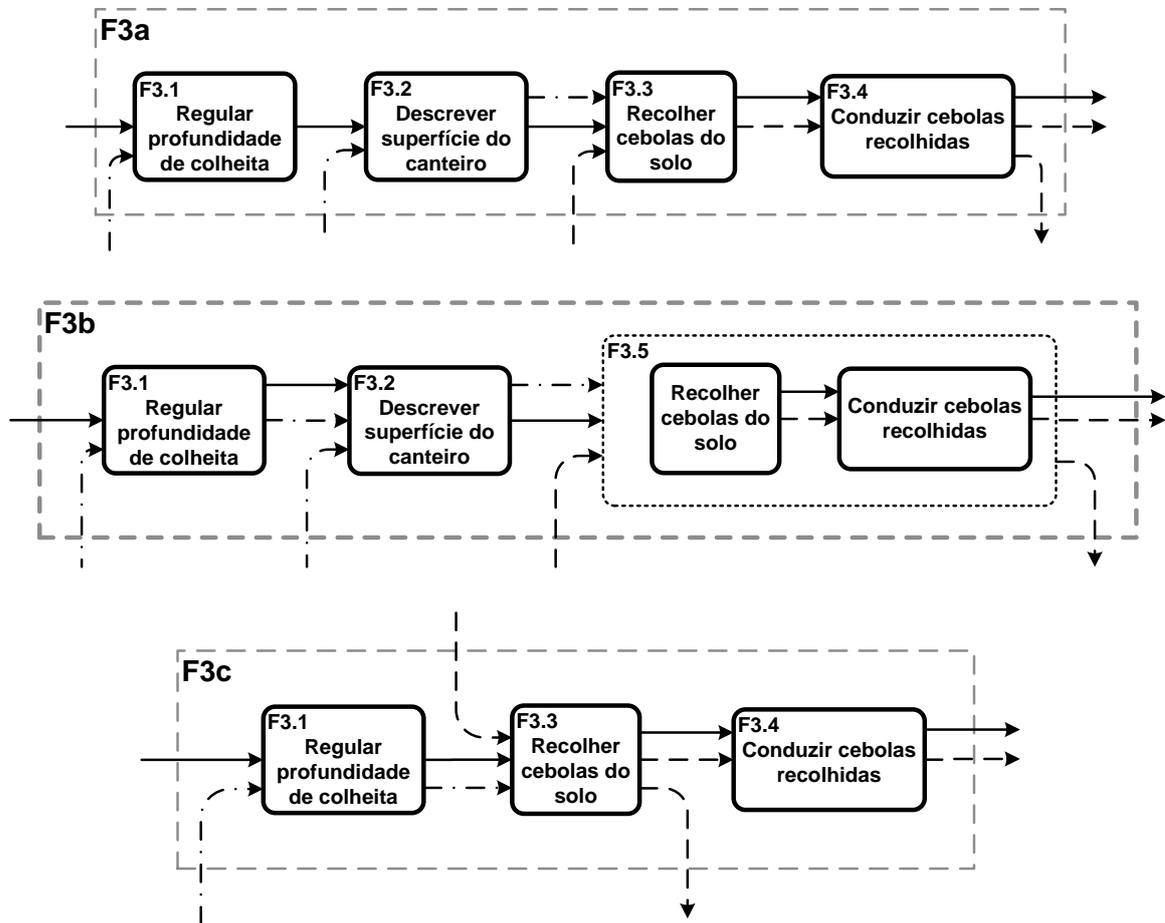


Figura 52. Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F3 – Retirar cebolas do solo.

Nas Figura 53, Figura 54 e Figura 55 são apresentados os diagramas de blocos das subfunções alternativas referentes à subfunção F4, limpar bulbos. Na Figura 53 pode ser vista a subfunção F4a onde todas as funções elementares foram agrupadas e colocadas em apenas uma coluna. Assim ficou estabelecido que somente um mecanismo executará todas estas funções. Esta extrapolação ocorreu na tentativa de estimular a criatividade da equipe a encontrar, mais tarde, mecanismos inovadores e tecnológicos, que pudessem desempenhar mais de uma função ao mesmo tempo (F4a e F4c) ou em tempos diferentes, como são os mecanismos da subfunção F4d, Figura 55.

Mesmo após escolhidas para a montagem da estrutura funcional, as subfunções poderão ser modificadas ou substituídas, de acordo com a necessidade na etapa de pesquisa e escolha dos princípios de solução.

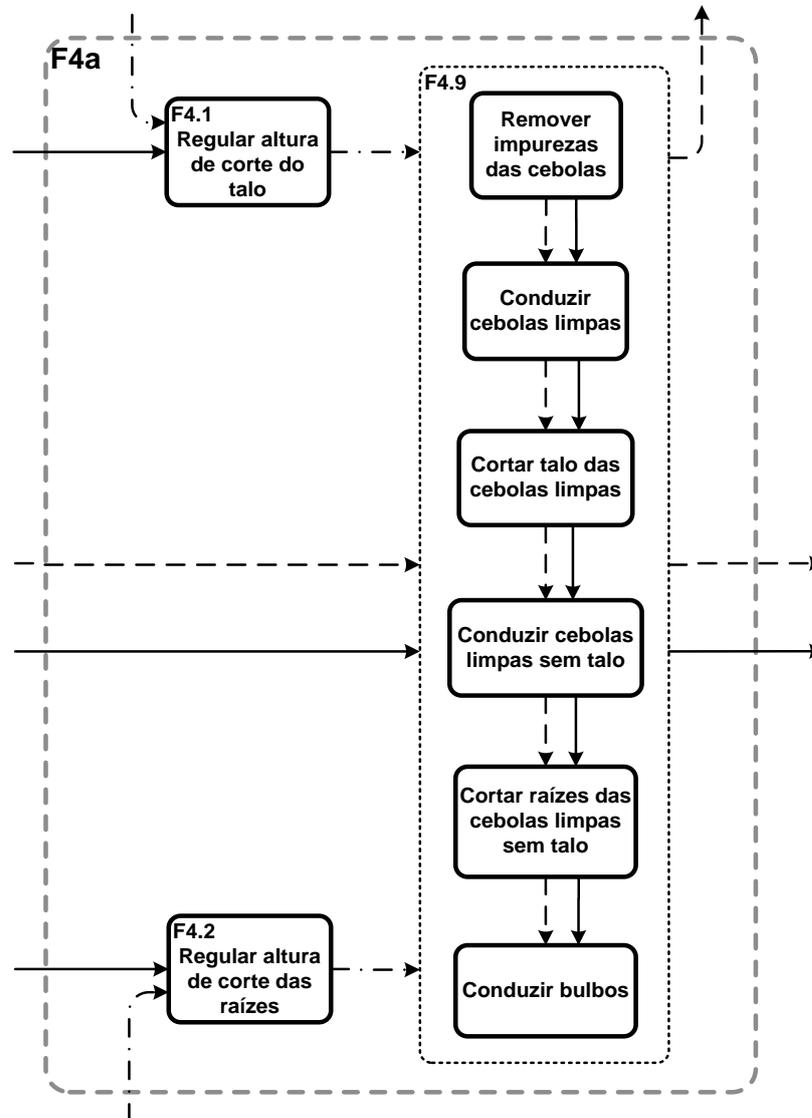


Figura 53. Diagrama de blocos da subfunção alternativa F4a composta por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.

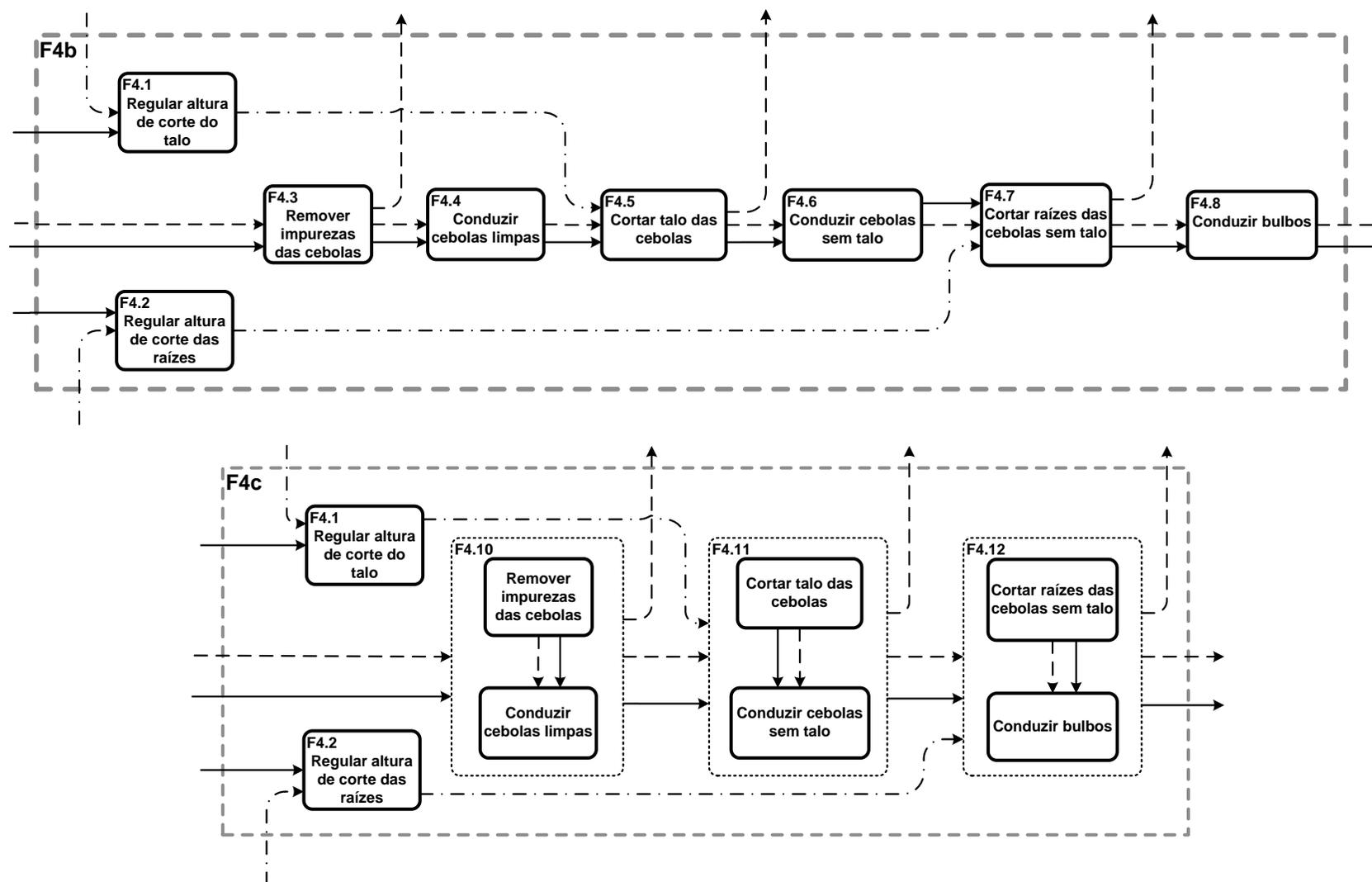


Figura 54. Diagramas de blocos das subfunções alternativas F4b e F4c compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.

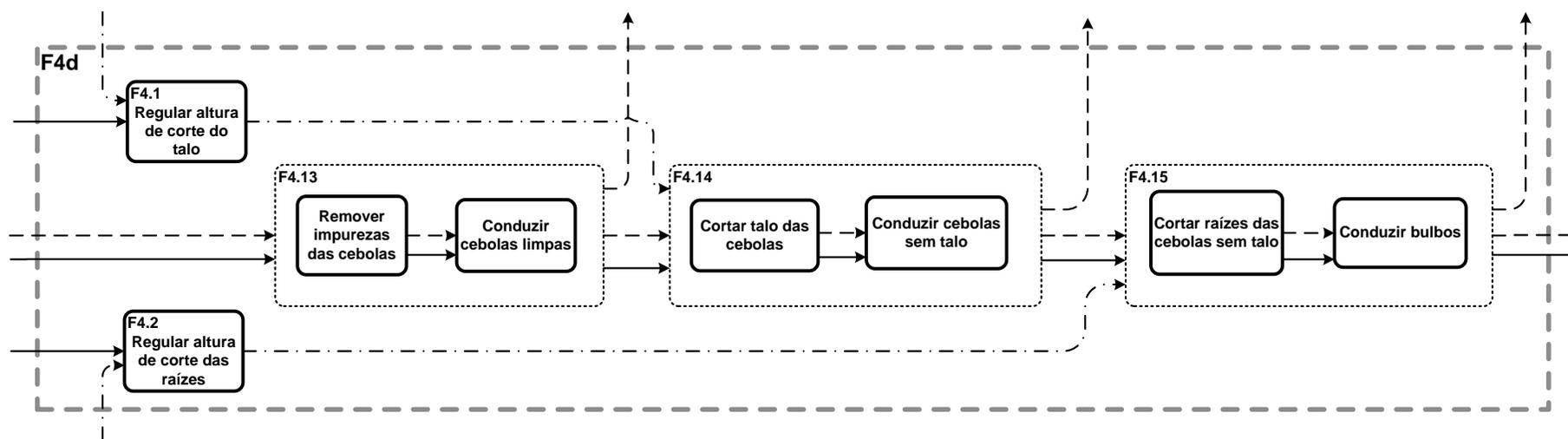


Figura 55. Diagrama de blocos da subfunção alternativa F4d composta por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F4 – Limpar bulbos.

A Figura 56 apresenta as subfunções F5a, F5b e F5c, com suas funções elementares, oriundas do desdobramento da subfunção F5, ensacar bulbos, última das funções propostas para atendimento da função global.

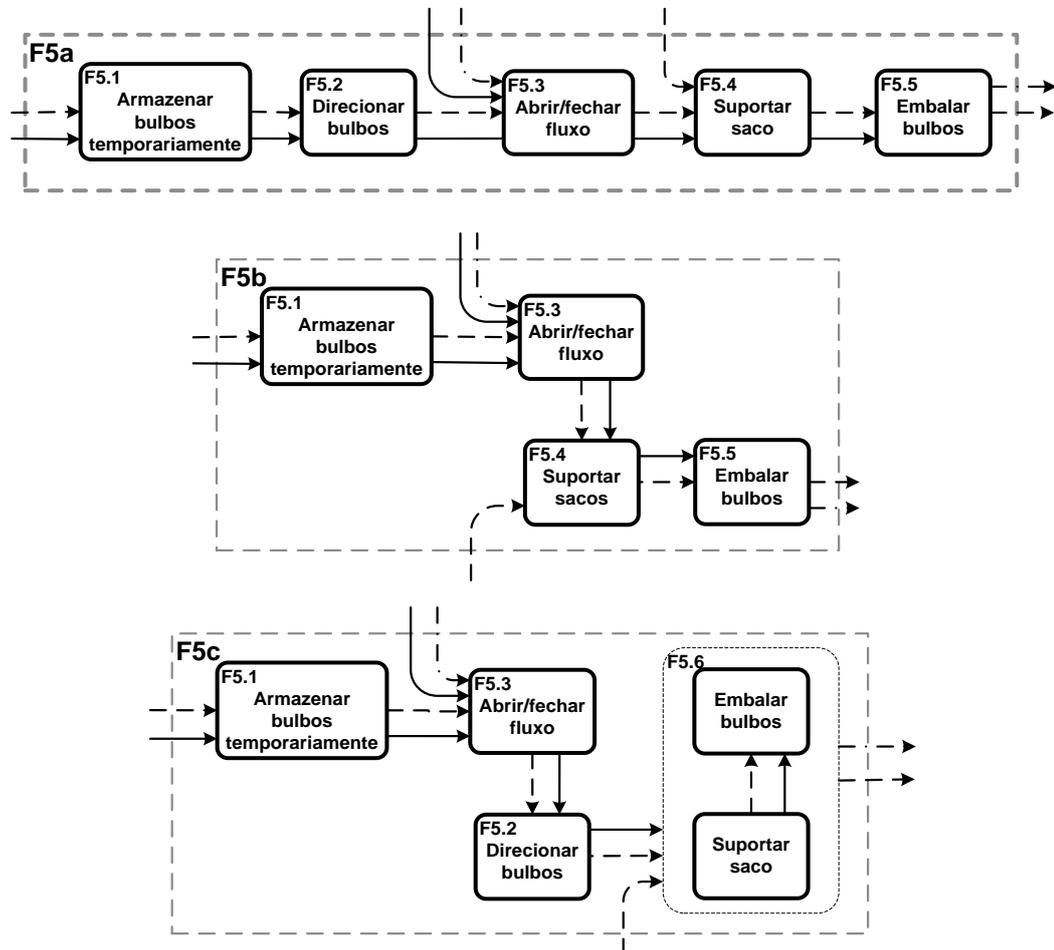


Figura 56. Diagramas de blocos das subfunções alternativas compostas por funções elementares geradas após o desdobramento da subfunção F5 – Ensacar bulbos.

O estudo de sistemas técnicos similares e a extrapolação dos resultados obtidos com os desdobramentos em funções elementares orientaram no estabelecimento de estruturas funcionais alternativas, com menor nível de complexidades para atendimento da função global. Após realizados todos os desdobramentos, partiu-se para a combinação e seleção das estruturas funcionais, elegendo-se para isso, somente uma função elementar de cada desdobramento.

Para a formação e seleção das estruturas funcionais foram seguidas as recomendações de Pahl et al. (2005). Inicialmente, mantiveram-se as principais estruturas, que possuem sistemas simples e economicamente viáveis, e após as compatíveis com a tarefa global. Para tanto se aplicou o método passa/não passa,

sendo que as estruturas funcionais que atenderam as necessidades da lista de requisitos foram aquelas que passaram pela avaliação de menor custo de produção.

Obteve-se então a estrutura funcional apresentada na Figura 57, a qual constitui-se de cinco sistemas, por meio da combinação das subfunções F1b, F2d, F3a, F4b e F5b. Como esta estrutura funcional resultou num sistema com muitas funções em série (ficando extensa), após a subfunção F3a as setas foram direcionadas para o início da página fazendo a ligação com a subfunção F4b.

Nota-se na Figura 57, que o fluxo principal é o material, pois, quando o mesmo entra no sistema para ser processado pelas funções a energia ou sinal tomam outra posição na ligação entre os blocos.

Para melhor entendimento da estrutura funcional selecionada montou-se a Figura 58 (páginas 91 e 92), por meio do qual se tem um melhor detalhamento de cada uma das funções, visto que o espaço para descrever a função no diagrama de quadros é restrito. Na Figura 58, observam-se as entradas e saídas de material, sinal e energia envolvidos em cada uma das funções.

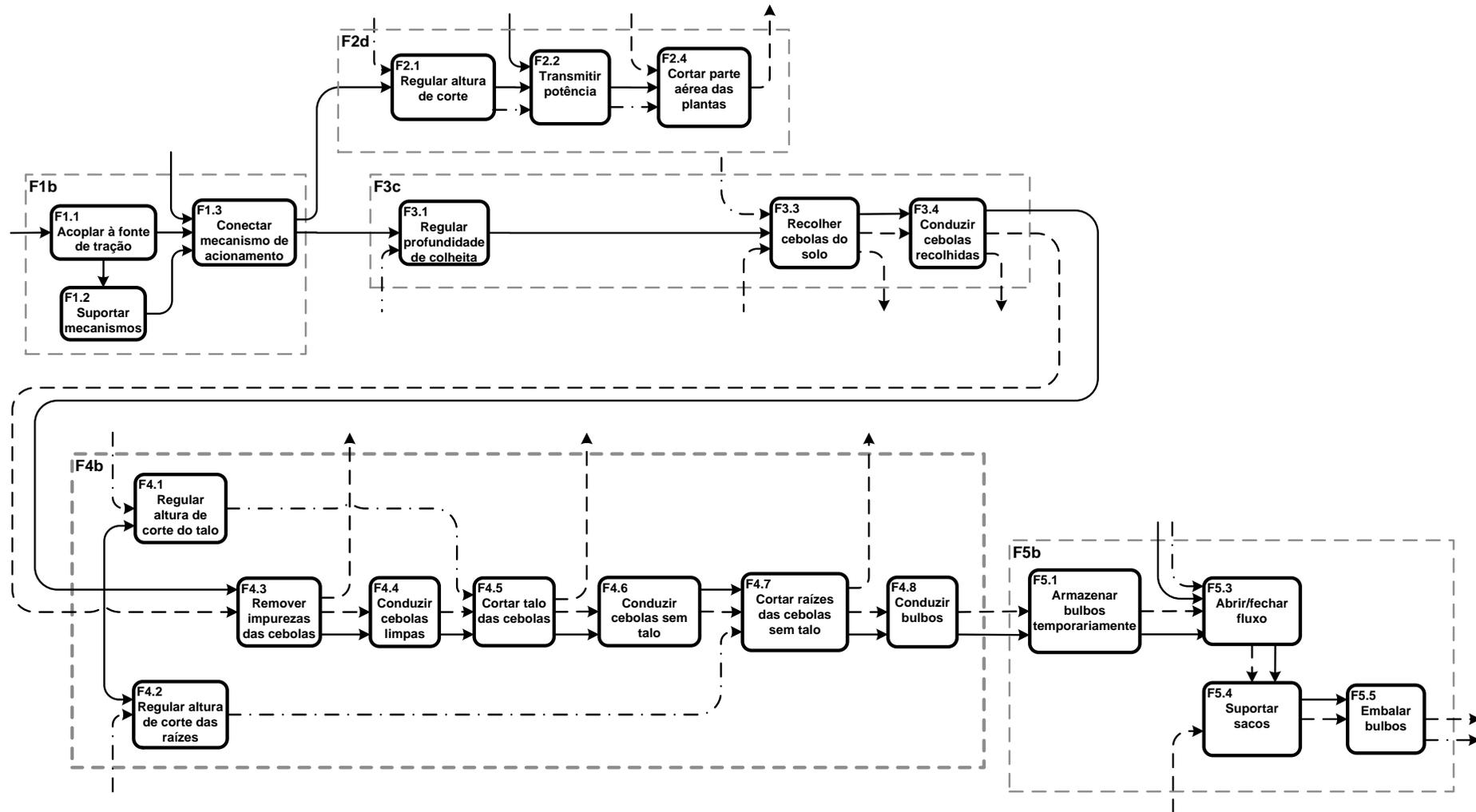


Figura 57. Estrutura funcional selecionada.

Notação		Função resumida	Detalhamento da função	Materiais de entrada e saída	Energias de entrada e saída	Sinais de entrada e saída
F1	F1.1	Acoplar à fonte de tração	Elemento de ligação entre a fonte de tração e a máquina, podendo ser através da barra de tração ou engate traseiro de três pontos.			
	F1.2	Suportar mecanismos	Estrutura que comportará todos os mecanismos, sustentando sobre um ou mais chassis			
	F1.3	Conectar mecanismo de acionamento	Elemento de acoplamento do sistema de acionamento da máquina à fonte de potência		Potencial para conexão dos mecanismos de acionamento	
F2	F2.1	Regular altura de corte	Mecanismo de regulagem da altura de corte da parte aérea das plantas sobre o canteiro		Potencial para executar a regulagem do mecanismo de corte da parte aérea das plantas	Regulagem e informação sobre a altura de corte da parte aérea das plantas
	F2.2	Transmitir potência	Mecanismo de transferência de potência entre partes móveis		Energia cinética para transmissão de movimento entre os mecanismos	Regulagem da relação de transmissão entre o elemento motor e o movido
	F2.4	Cortar parte aérea das plantas	Sistema de corte da parte aérea das plantas espontâneas e das cebolas	Parte aérea das plantas espontâneas e das cebolas	Energia cinética para acionar o mecanismo de corte da parte aérea das plantas	Monitoramento da altura do corte da parte aérea das plantas para não haver danificações
F3	F3.1	Regular profundidade de colheita	Mecanismo de regulagem da profundidade do mecanismo que remove as cebolas do solo			Regulagem do tamanho que deve permanecer a parte aérea das plantas e do talo
	F3.3	Remover cebolas do solo	Retirar as cebolas do solo, levando-as para dentro do sistema	Cebolas, solo, partes subterrâneas de plantas espontâneas	Energia potencial e cinética remover as cebolas de solo	Regulagem da profundidade do mecanismo de remover as cebolas do solo
	F3.4	Conduzir cebolas recolhidas	Sistema de condução das cebolas recolhidas para o processo seguinte	Cebolas sujas e impurezas	Energia potencial gravitacional e cinética	

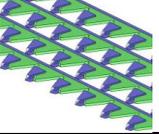
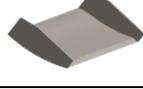
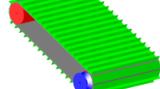
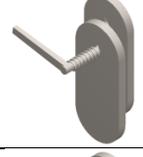
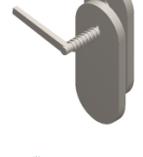
F4	F4.1	Regular altura de corte de talo	Mecanismo de regulagem do tamanho do talo das cebolas			Regulagem do tamanho de talo que deve permanecer nos bulbos
	F4.2	Regular altura de corte das raízes	Mecanismo de regulagem do tamanho de corte das raízes das cebolas			Regulagem do tamanho das raízes que devem permanecer nos bulbos após o corte
	F4.3	Remover impurezas das cebolas	Sistema de remoção de impurezas prezas às cebolas (solo e plantas espontâneas)	Cebolas, solo, plantas espontâneas e impurezas	Energia cinética para acionamento dos mecanismos	
	F4.4	Conduzir cebolas limpas	Sistema de condução das cebolas limpas para o processo seguinte	Cebolas limpas com talo e raízes	Energia potencial gravitacional e cinética	
	F4.5	Cortar talo das cebolas	Mecanismo de corte da parte aérea das cebolas (talo)	Cebolas limpas, talo cortado	Potencial para suporte e cinética para acionamento do mecanismo	
	F4.6	Conduzir cebolas sem talo	Sistema de transporte ou condução das cebolas sem talo para o processo seguinte	Cebolas limpas sem talo e com raízes	Energia potencial gravitacional e/ou cinética	
	F4.7	Cortar raízes das cebolas sem talo	Mecanismo de ejeção das raízes cortadas da cebola para fora do sistema	Cebolas limpas sem talo e raízes	Energia cinética para acionamento dos mecanismos	Regulagem do tamanho de raízes que se deseja deixar nos bulbos
	F4.8	Conduzir Bulbos	Sistema de condução dos bulbos para o processo seguinte	Bulbos	Energia potencial gravitacional e cinética	
F5	F5.1	Armazenar bulbos temporariamente	Mecanismo de armazenamento prévio dos bulbos	Bulbos	Energia potencial gravitacional	
	F5.3	Abrir/fechar fluxo	Sistema de seleção de direção de fluxo dos bulbos	Bulbos	Energia potencial para movimentar mecanismo	Monitoramento do enchimento das embalagem pelos bulbos para fazer a troca de fluxo
	F5.4	Suportar sacos	Mecanismo de suporte dos sacos para ensaque dos bulbos	Bulbos e sacos	Energia potencial de suporte dos sacos	
	F5.5	Embalar bulbos	Sistema de acondicionamento dos bulbos em embalagens utilizadas comercialmente	Bulbos	Energia potencial gravitacional e cinética de deslocamento dos bulbos	Embalagem cheia, proceder a troca de fluxo para trocar de embalagem, bulbos cortados

Figura 58. Notação das funções e subfunções, descrição e detalhamento destas e definição dos materiais, energias e sinais envolvidos em cada função (páginas 89 e 90).

Para que os quadros onde se encontra a definição das energias de entrada e saída envolvidas nas funções não ficassem sobrecarregados de informações, as energias potencial (sustentação dos mecanismos) e cinética (deslocamento), não foram descritas.

A pesquisa por princípios de solução foi realizada com o apoio da análise de patentes de máquinas existentes no mercado e utilização exploratória do potencial criativo dos membros da equipe de projeto, quando cada integrante criou no mínimo um princípio de solução para cada função elementar. No entanto, como pode ser observado na matriz morfológica da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, existem funções que apresentam reduzido número de princípios de solução, resultante de idéias comuns entre membros da equipe.

Na matriz morfológica, cada uma das linhas representa uma função elementar da estrutura funcional selecionada anteriormente. Já as colunas apresentam os princípios de solução correspondentes a cada uma das linhas.

Função Parcial	Função elementar	Descrição da função	Princípio de solução			
F1	F1.1	Acoplar à fonte de tração				
	F1.2	Suportar mecanismos				
	F1.3	Conectar mecanismos de acionamento				
F2	F2.1	Regular altura de corte da parte aérea				
	F2.2	Transmitir potência				
	F2.4	Cortar parte aérea das plantas				
F3	F3.1	Regular profundidade de colheita				
	F3.3	Recolher cebolas do solo				
	F3.4	Conduzir cebolas recolhidas				
F4	F4.1	Regular altura de corte de talo				
	F4.2	Regular altura de corte da raiz				
	F4.3	Remover impurezas das cebolas				

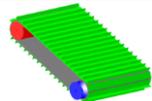
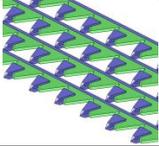
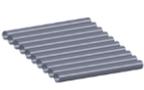
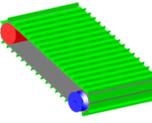
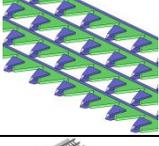
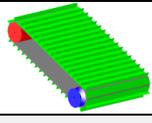
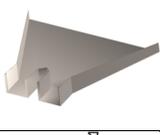
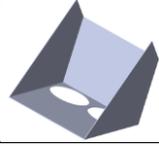
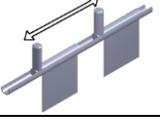
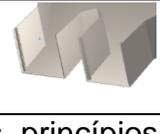
	F4.4	Conduzir cebolas limpas				
	F4.5	Cortar talo das cebolas limpas				
	F4.6	Conduzir cebolas limpas sem talo				
	F4.7	Cortar raízes das cebolas limpas sem talo				
	F4.8	Conduzir bulbos				
F5	F5.1	Armazenar bulbos temporariamente				
	F5.2	Abrir / Fechar fluxo				
	F5.3	Suportar sacos				
	F5.4	Embalar bulbos				

Figura 59. Matriz morfológica dos princípios de solução encontrados para cada função elementar da estrutura funcional (páginas 92, 93, 94 e 95).

Com o intuito de limitar o número de combinações, atendendo assim as recomendações de Roozenburg & Eekels (1995) e Pahl et al. (2005), foram analisados e combinados os princípios de solução, tomando-se o cuidado para que: fossem compatíveis entre si; atendessem as especificações de projeto e se enquadrassem à restrição orçamentária do projeto. Desta forma foram obtidas quatro concepções.

A função acoplar a fonte de potência, bem como todas as regulagens dos sistemas não foram descritas nas concepções, pois necessitam informações importantes que são decorrentes do dimensionamento e leiaute, ambos definidos na fase de projeto preliminar, a qual não está compreendida neste trabalho.

A Concepção 1 (Figura 59) trata de uma máquina capaz de realizar o corte da parte aérea das plantas (cebolas e espontâneas), através de um mecanismo semelhante ao molinete utilizado em colhedoras autopropelidas de grãos, o qual tem a função de manter as plantas em contato com o sistema de corte, que neste caso são lâminas de corte que giram em rotação elevada e em sentido contrário a uma lâmina fixa situada na parte inferior. O objetivo é o cisalhamento das plantas no momento em que as lâminas se cruzam. O material cortado é então ejetado por um mecanismo helicoidal, direcionando os restos de plantas para fora dos canteiros.

O sistema de remoção das cebolas do solo ocorre com o auxílio de dentes espaçados equidistantemente, com o intuito de proporcionarem menor esforço de tração, quando em contato com o solo. A condução das cebolas removidas se dá, inicialmente, por uma chapa localizada na parte posterior dos dentes que removem as cebolas do solo.

As cebolas seguem por rolos inclinados que possuem rotação no sentido do movimento de ascensão das cebolas, sendo assim removidas as impurezas mais grosseiras. As impurezas mais finas são removidas com ajuda de rolos com saliências cilíndricas flexíveis, os quais também têm a função de conduzir as cebolas até a parte superior da máquina onde se encontram vários rolos, em série, com a finalidade de cortar os talos e raízes. Estes rolos helicoidais possuem sentidos de rotação contrários e espaçamentos equidistantes entre eles, fazendo com que as raízes e talos presentes nas cebolas sejam cisalhados pelos helicóides.

A última função que a máquina desempenha é a de ensacar os bulbos, compreendendo as etapas de armazenar temporariamente os bulbos e direcioná-los

para o ensaque. O recipiente de armazenagem, em formato retangular, compõe-se de chapas com dois bocais conduzindo as cebolas ao ensaque.

Esta concepção, assim como as demais, necessita de um operador para realizar o ensaque dos bulbos, pois a troca de sacos, bem como a retirada destes quando cheios, deve ser efetuada de forma manual.

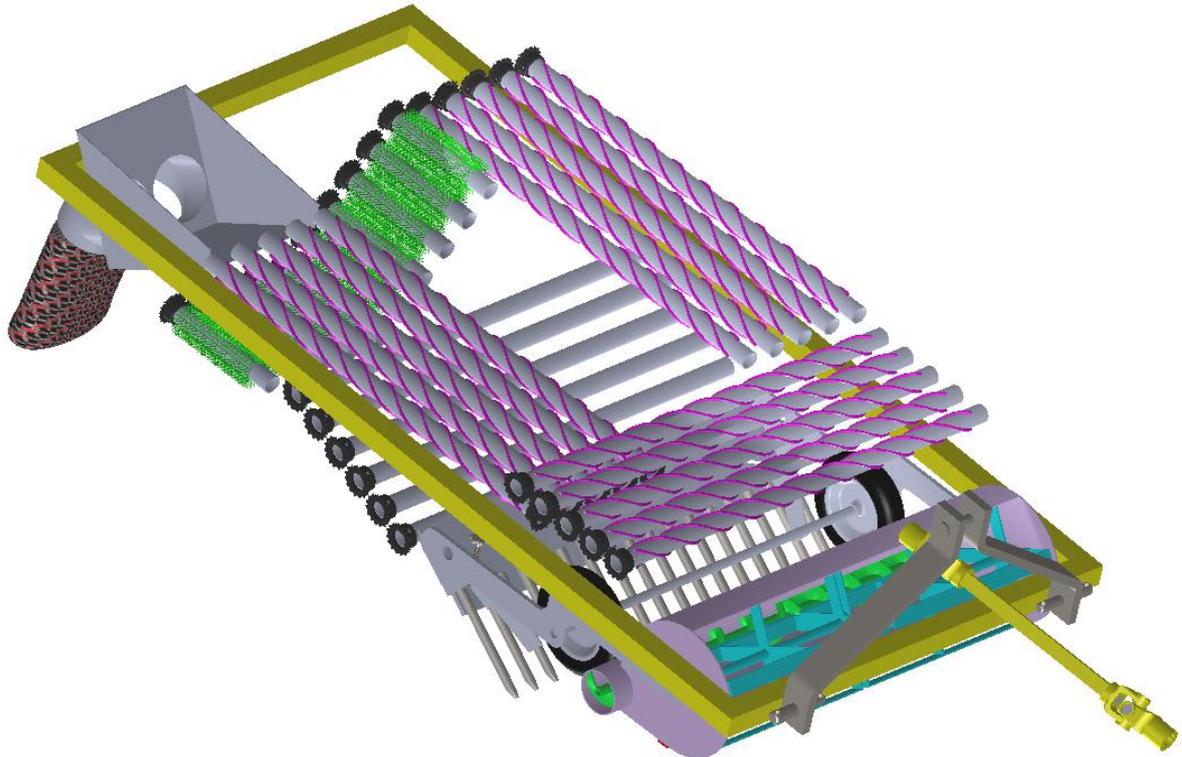


Figura 59. Concepção 1 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução.

Na Concepção 2 (Figura 60), assim como na Concepção 1, os mecanismos responsáveis pela retirada das cebolas do solo, condução e remoção de impurezas possuem princípios de solução semelhantes. Contudo a função de cortar parte aérea das plantas é realizada por meio do mecanismo de faca e contra-faca, do tipo barra de corte, o qual é bastante utilizado em colhedoras de grãos autopropelidas ou em segadoras. A idéia é a de cortar as plantas conduzindo-as desta forma para dentro do sistema.

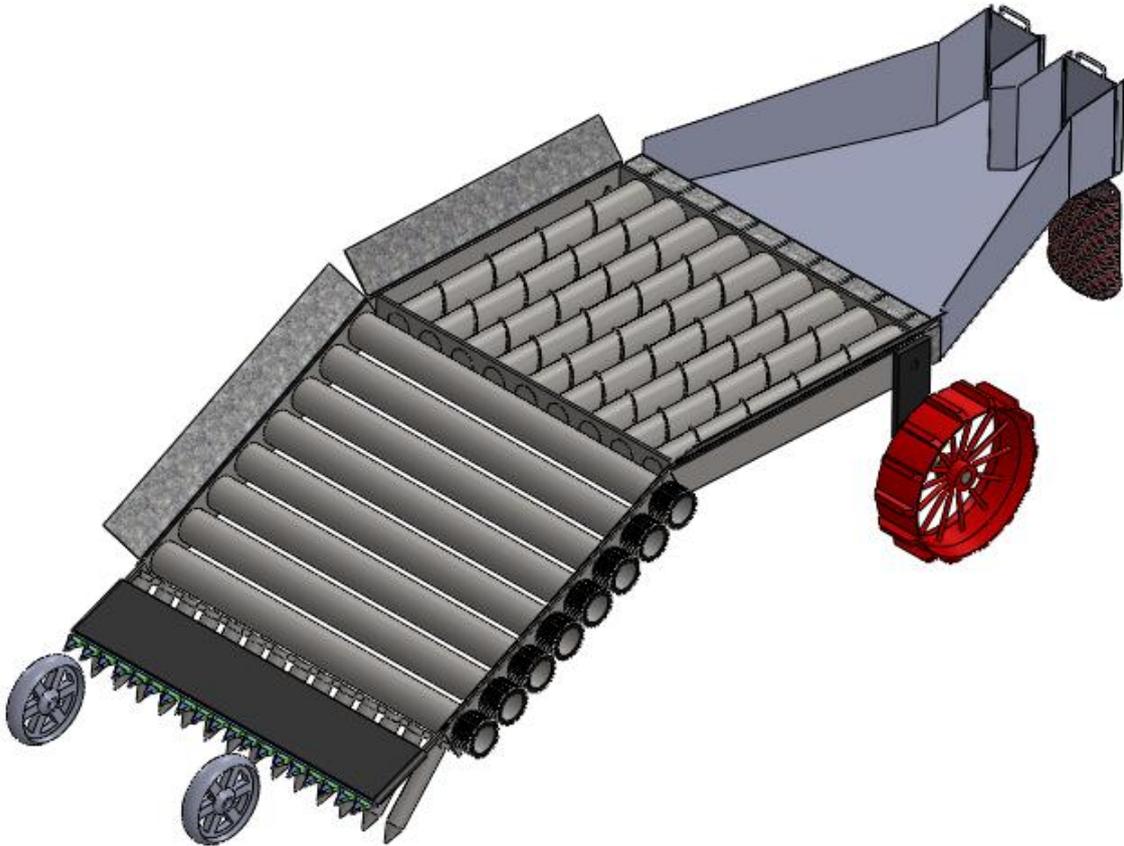


Figura 60. Concepção 2 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução.

A armazenagem da Concepção 2 é muito semelhante a da Concepção 3 (Figura 61), ambas possuem recipiente localizado na parte posterior da máquina compreendendo toda a sua largura. O corte da parte aérea das plantas na Concepção 3 é realizado de forma semelhante à Concepção 1, porém sem a presença do mecanismo ejetor e da superfície de proteção.

Já os demais mecanismos que constituem a Concepção 3 se diferem das demais, pois, para remover as cebolas do solo utiliza-se como princípio de solução uma lâmina. O sistema subsequente de condução das cebolas e retirada das impurezas, é composto por rolos com chapas estreitas, que possuem mesmo sentido de rotação para auxiliar na elevação das cebolas até o sistema de corte do talo e raízes, o qual se compõe de rolos espaçados que giram em sentido contrário, a direção da lâmina localizada entre os mesmos.

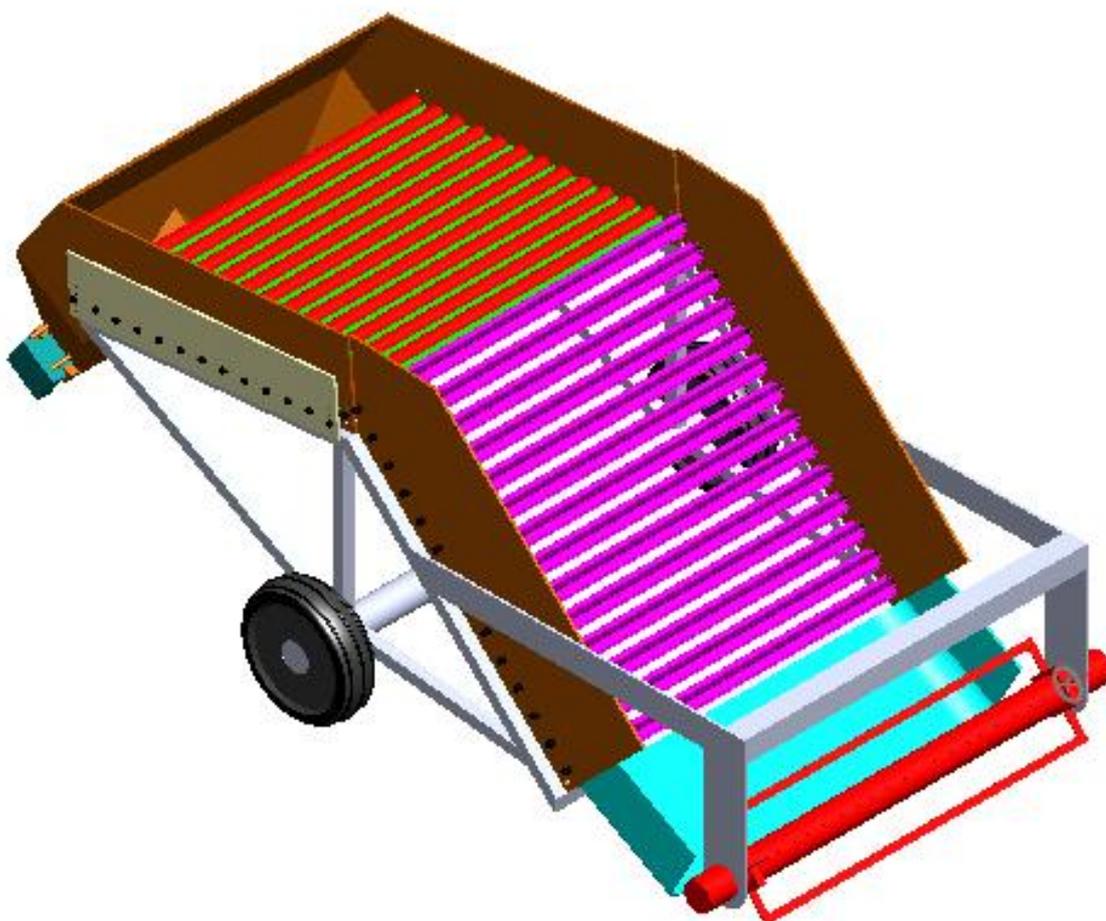


Figura 61. Concepção 3 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução.

A Concepção 4 (Figura 62) se difere da Concepção 1 nas funções de cortar parte aérea das plantas, remover cebolas do solo e conduzir as cebolas. Nas demais funções os princípios de solução são os mesmos.

No corte da parte aérea são utilizadas lâminas inclinadas que giram em alta rotação com o objetivo de cortar e succionar as plantas que, por ventura, estiverem deitadas sobre os canteiros. Como mecanismo de remoção das cebolas do solo utiliza-se o mesmo princípio de solução da Concepção 1, porém as hastes são dispostas unicamente na linha das cebolas, com o objetivo de diminuir o esforço de tração e a quantidade de solo que entra na máquina, facilitando assim o processo de limpeza. A condução das cebolas até o mecanismo de corte de talo e raízes realiza-se por meio de um elevador de canecas adaptado as dimensões das cebolas.

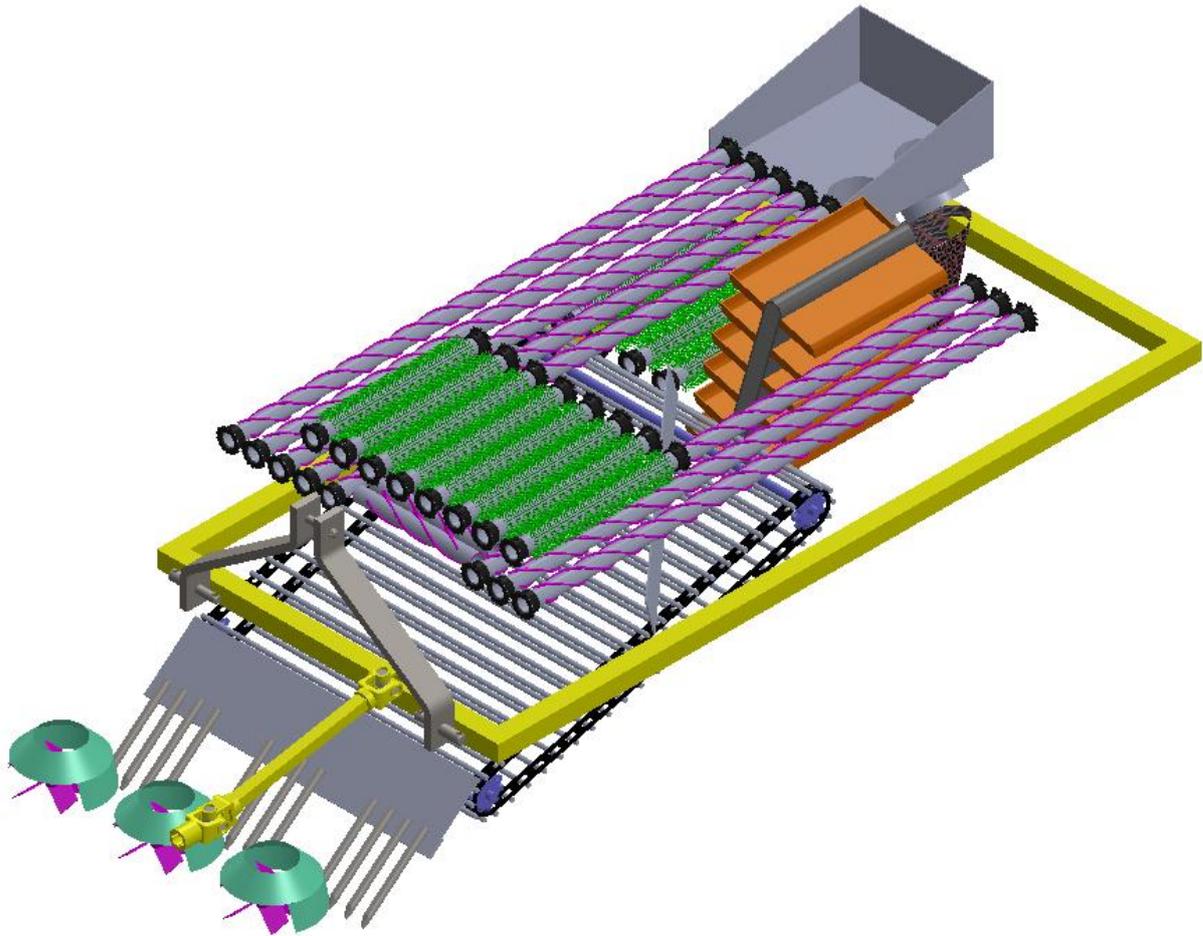


Figura 62. Concepção 4 da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução.

Na Tabela 2 apresenta-se a matriz de avaliação das concepções criadas, quando a Concepção 4 foi definida pela equipe de projeto como referência para o seu preenchimento. Os resultados obtidos pelas Concepções 1, 2 e 3 foram respectivamente, -7, -19 e -13. Sendo assim, relacionando as concepções quanto a adequação aos requisitos de clientes (critérios técnicos), tomando como base os resultados da matriz de avaliação, a Concepção 4 foi a selecionada para a etapa de otimização, pois apresentou a melhor pontuação.

Tabela 2. Matriz de avaliação das concepções.

Critério técnicos (Requisitos de clientes)	Classe do requisito de cliente	Concepção de referência	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Ter largura adequada ao trator	4	0	0	0	0
Ter velocidade adequada de trabalho	5	0	0	0	0
Ter centro de gravidade pequeno	1	0	+1	-2	-2
Ter processo de fabricação simples	2	0	0	+1	+1
Ser fácil de montar	1	0	0	+1	+1
Ter peças padronizadas	4	0	0	0	0
Ser de fácil operação	3	0	0	-1	-1
Ser fácil de manobrar	3	0	0	-1	-1
Retirar cebola do solo	8	0	0	0	0
Eliminar impurezas das cebolas	10	0	0	-1	-1
Cortar talo e raiz	10	0	0	-1	-1
Ensacar cebolas	2	0	0	0	0
Ter baixo peso	2	0	-1	+1	+1
Ter boa visibilidade dos sistemas	3	0	-1	+1	+1
Ter controle dos sistemas	4	0	0	0	0
Ser segura aos operadores	4	0	+1	0	0
Ter baixa potência de acionamento	6	0	-1	0	+1
Ser ergonômica	1	0	-1	-2	-2
Ser fácil de regular	4	0	0	0	0
Ser de fácil manutenção	3	0	0	+1	+1
Ser resistente ao desgaste	1	0	0	0	0

A equipe de projeto, analisando os resultados comparativos das Concepções, verificou alguns princípios de solução, presentes nas concepções 1, 2 e 3, que foram mais promissoras e que melhor se adequam em detrimento aos da concepção escolhida. Desta forma foram sugeridas modificações na concepção escolhida, a fim de dar segmento às fases de projeto preliminar e detalhado, bem como a construção do protótipo.

As principais alterações sugeridas foram:

1- Inclusão de chapas de condução no sistema de remoção das cebolas com a finalidade de impedir a queda das cebolas pelas laterais, evitando desta forma perdas na colheita;

2- A chapa de condução das cebolas para a esteira deve conter espaços abertos para possibilitar que o solo e as plantas espontâneas sejam excluídos da máquina antes mesmo de entrar na esteira, que é o mecanismo responsável por esta função;

3- Aumentar a altura das contenções da esteira para que as cebolas não retornem para o sistema de remoção, devido sua inclinação;

4- Trocar os roletes limpadores, localizados após a esteira e antes do elevador de caneca, por um recipiente inclinado produzido em chapa;

5- Redimensionar o reservatório de armazenamento temporário de cebolas para diminuir o comprimento total da máquina, sem que haja prejuízos;

6- Colocar o maior número de cortadores de talo e raízes logo após a saída do elevador de canecas e diminuir a quantidade antes do reservatório;

7- Colocar mais cilindros limpadores de cebolas para aumentar a eficiência do processo;

8- Inverter a direção dos rolos cortadores de talo e raízes, situados na parte interna da máquina para coincidir com os demais das laterais.

Na Figura 63 podem ser observadas as alterações propostas pela equipe de projeto com a otimização e evolução da concepção 4 selecionada.

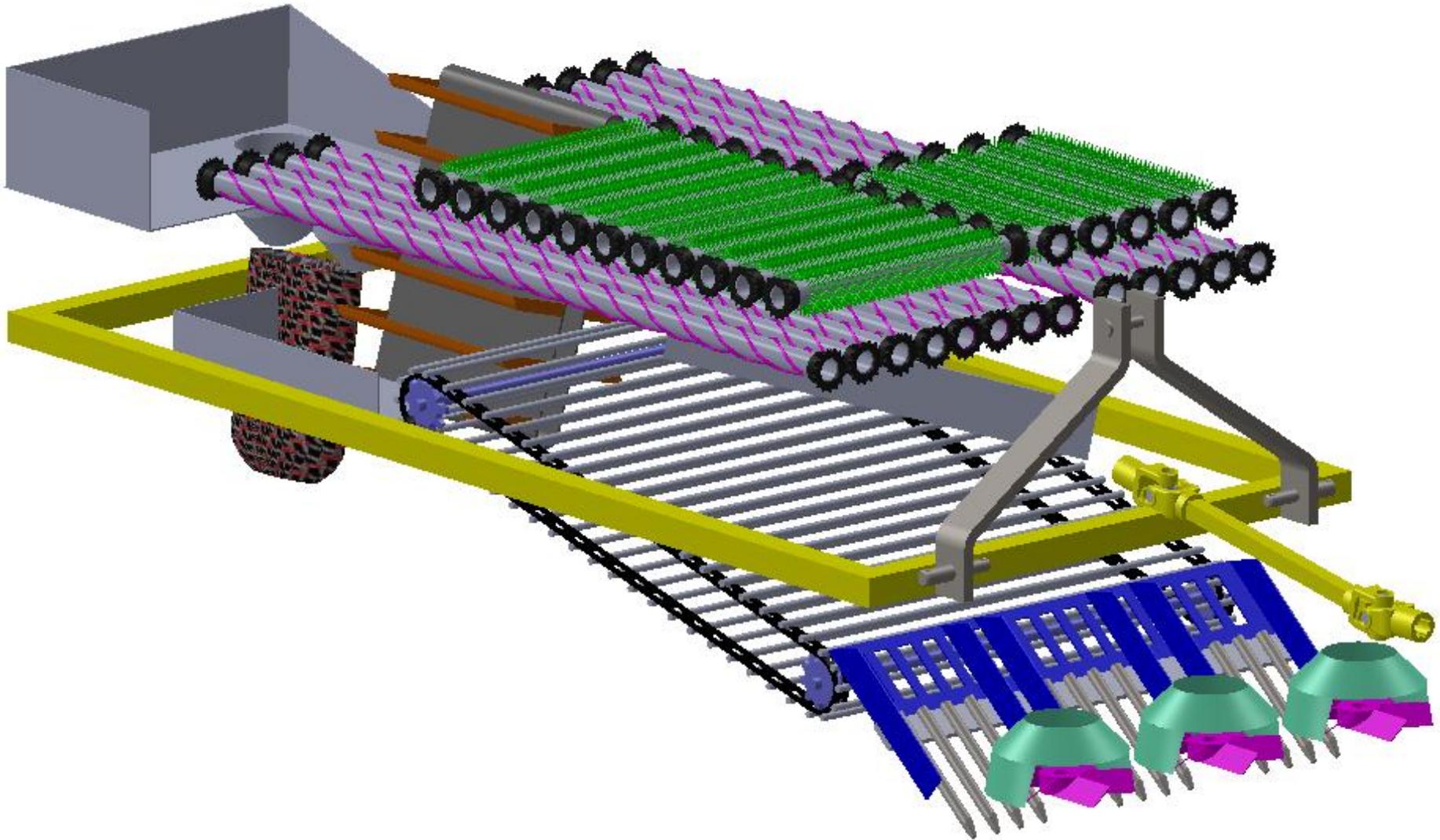


Figura 63. Concepção final evoluída da máquina colhedora-beneficiadora de cebolas estabelecida através da combinação dos princípios de solução mais promissores.

Tendo em vista que todos os agricultores familiares entrevistados colhem as cebolas de forma manual, ocorrem problemas de saúde relacionados a dores na coluna e nos joelhos devido a má postura para executar as tarefas de colher e recolher as cebolas. A concepção selecionada e depois evoluída adéqua-se às necessidades dos clientes, visto que não apresenta restrições quando aplicada a metodologia da matriz de avaliação, onde é verificado o atendimento da mesma aos requisitos de clientes e a viabilidade técnica quanto a sua fabricação.

A construção da concepção da máquina gerada no presente trabalho só vem a contribuir com a diminuição do esforço físico do agricultor na colheita e beneficiamento das cebolas, dando a este melhor qualidade de vida e condições de permanecer na atividade, sem a retirada de mão de obra e emprego no campo, uma vez que este já se encontra deficiente na agricultura familiar.

7. Conclusões

Através deste foi possível desenvolver uma concepção de colhedora-beneficiadora de cebolas, que atenda as necessidades dos agricultores familiares de redução do tempo e a mão-de-obra para a execução das tarefas.

8. Referências Bibliográficas

- ANACE – Associação Nacional dos Produtores de cebola. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE CEBOLA, 15**. São Gotardo, Minas Gerais, 2002.
- BACK, N.; OGLIARI, A. DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008. 648p.
- BARBIERI, R. L.; MEDEIROS, A. R. M. de. **A cebola através da história**. In: Cebola: ciência, arte e história. Org. BARBIERI, Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2005. 154 p.
- BRASIL. Lei n.º 8.629 de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. **Diário Oficial da União**. Brasília DF, 26 fev. 1993.
- BRASIL. Lei n.º 11.326 de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**. Brasília DF, 25 jul. 2006.
- BREWSTER, J. L. **Onions and other vegetables alliums**. Wallingford, CAB International, 1994. 236 p.
- CORRÊA, I. V.; BARBIERI, R. L.; SCHWENGBER, J. E.; RODRIGUES, W. F. **Caracterização do sistema de produção familiar de cebola nos municípios de São José do Norte, Tavares e Mostardas – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Documentos, 278. 2009. 37 p.
- EPAGRI (Florianópolis, SC). **Sistema de produção para cebola**: Santa Catarina: 3ª revisão. Florianópolis, 2000. 91 p. (EPAGRI. Sistemas de Produção, 16).
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. 412p.
- FINGER, F. L.; SOARES, V. L. F.; SOUZA, P. A. de; SOUZA, S. O. de; CECON, P. R. Perda pós-colheita de cebolas influenciada pela época de colheita e por seu genótipo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 192 - 196, 2006.
- FONSECA, A. J. H. Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional. 2000. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- FORCELLINI, Fernando Antônio. **Projeto conceitual**. Apostila. Nedip, UFSC, Florianópolis, 2003.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 207 p.
- HEIDEN, G. **Morfologia: o que é uma cebola**. In: Cebola: ciência, arte e história. Org. BARBIERI, Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2005. 154 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**, v. 36, 2009. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20/08/2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v. 22, n. 01, p. 1-79, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v. 22, n. 01, p. 1-79, 2011.

JO, H. H.; PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. **Principles of Concurrent Engineering**. In: PARSAEI, H. R.; SULLIVAN, W. G. *Concurrent Engineering: contemporary issues and modern design tools*. London: Chapman & Hall, 1993. p. 3-23. http://books.google.de/books?id=S5rjzPSsM5EC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

LUENGO, R. de F. A.; CALBO, A. G.; LANA, M. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Classificação de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1999. 61p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 22).

MARCONI, M. A. e LAKATOS E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 320p.

MEDEIROS, A. R. M. de; TILMANN, C. A.; ALVES, F. A. R. **Máquinas para agricultura familiar: descrição de modelos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado: EMATER-RS, 2000. 177 p.

MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A. A.; GIMENEZ, L. M. Avaliação do desempenho de semeadoras manuais. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, vol. 5, n. 2, p. 339-343. 2001.

MORAES, M. L. B; REIS, A. V.; MACHADO, A. L. T. M. **Máquinas para colheita e processamento dos grãos**. 2. ed. Editora e Gráfica Universitária. Pelotas. 2005. 150p.

MURADAS, J. **A cultura da cebola no Litoral Centro do Rio Grande do Sul – análise de suas especificidades como subsídio para o desenvolvimento regional**. 2002. 176f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2nd ed. London: Springer-Verlag, 1996. 544 p.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K-H. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411 p.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 277f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

REIS, A. V.; MENEGATTI, F. A.; FORCELLINI, F. A. **O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 4., 2003. Gramado, RS. Anais... Gramado, 2003.

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995. 408 p.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo** - São Paulo, SP.: Saraiva, 2006.

SANTOS, Salete dos. **Avaliação e Melhoramento de Equipamento para manejo de Cobertura Vegetal**. 1997. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, J. R. dos. Análise do processo de especialização produtiva e da crise do sistema de produção de cebola em São José do Norte – RS. **Sinergia**, Rio Grande, 11(2): 53-65, 2007.

TEIXEIRA, S. S. **Projeto conceitual de uma semeadora de milho e feijão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

TOSTA, A. L.; VILELA, N. J.; OLIVEIRA, V. R. Indicadores do Mercado Mundial de Cebola. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2 (Suplemento CD Rom), 2009.

VILELA, N. J.; MAKISHIMA, N.; OLIVEIRA, V. R.; COSTA, N. D.; MADAIL, J. C. M; CAMARGO FILHO, W.; BOEING, G.; MELO, P. C. T. Desafios e oportunidades para o agronegócio de cebola no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.1029-1033, 2005.

ZABALETA, J. P. **Diagnóstico da Agricultura Familiar em São José do Norte - RS**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 80p. (EMBRAPA CPACT. Documentos, 44).

WEISS, A. **Desenvolvimento e adequação de implementos para a mecanização agrícola nos sistemas conservacionistas em pequenas propriedades**. 1998. 197p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

APÊNDICE A

Ano da patente	Nº da patente	Detentores da patente	Descrição da patente
1901	685352	William A. Schunitcht	Onion harvester
1905	792832	Flavius J. Lampton e J. H. Thompson	Harvester
1910	967139	John W. Linn e Thomas A. Stubbs	Harvester for onion and the like
1914	776197	John Swayger	Harvester
1921	1386222	James Bailey	Onion harvester
1924	1502522	Henry C. Niemeyer	Vegetable harvester
1926	1577252	John G. Eenigenburg	Harvester for onion sets or the like
1926	1576364	Samuel J. Russel e Joe Godwin	Onion and potato digger attachment
1927	1642287	Roscoe C. Zuckerman	Gathering mechanism for onion harvest
1928	1671263	Roscoe C. Zuckerman	Onion harvester
1930	1753874	William Lloid Taylor	Onion harvester
1930	1748745	Roscoe C. Zuckerman	Onion harvester
1935	2018575	Charles B. Robinson	Onion set harvester
1938	2124309	Alvin D. Munsterman	Onion harvester
1950	2531379	Earnest E. Chickering	Harvester for onions and the like
1953	194885	Hiroshi Tateyama	Onion harvester machine
1964	3163234	Emanuel F. Boyer	Onion harvester
1969	3451485	Frank C. James	Onion harvesting machine
1971	3597909	Fred E. Lauridsen e Fred E. Lauridsen Jr.	Machine for harvesting onions and the like
1976	3989110	Harold Gene Medlock e Herman Frank Ragsdale	Green onion harvester
1981	4257216	Walter M. Eiker, Jr. e Douglas D. Stuzman	Onion capsule harvester and process
1986	4629005	Clarence E. Hood Jr., Robert Williamson e Amikam Margolin	Bulb, root and leafy vegetable harvester
1988	4753296	David M. Kruithoff	Vegetable harvester
1993	5207277	Harold G. Medlock	Agricultural harvester
2002	US 6443234 B1	Robert Raymond	Bulbous onion harvester and trimmer
2004	US 2004/0216441 A1	Duane Kido e David Shuff	Onion harvester with leaf topper

APÊNDICE B



Universidade Federal de Pelotas
Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel



Entrevista

Nº

- | | |
|--|---|
| <p>1) Qual o tamanho de sua propriedade e quanto são destinados para plantio de cebola?</p> <p>2) Qual a fase do cultivo que necessita maior mão de obra?
1ª
2ª
3ª
4ª</p> <p>3) Qual a fonte de tração?
 <input type="checkbox"/> Animal Espécie: _____ Quantos: _____
 <input type="checkbox"/> Trator 4x4 potência: _____
 <input type="checkbox"/> Trator 4x2 potência: _____
 <input type="checkbox"/> Trator de 2 rodas potência: _____</p> <p>4) Quais outros produtos são produzidos na propriedade além da cebola?</p> <p>5) Qual é a época de colheita (período) da cebola?</p> <p>6) Qual a produção média de cebolas?</p> <p>7) Qual é o custo com mão de obra externa anual com colheita? E com beneficiamento separadamente?</p> <p>8) Quantos dias demora a colheita? E quantas pessoas são necessárias para a tarefa?</p> <p>9) O senhor(a) já teve problemas de saúde relacionados ao trabalho com a cebola? Quais?
1-
2-
3-
4-</p> <p>10) Como é feita a retirada da cebola do campo?</p> | <p>11) Qual a produtividade média de cebolas?</p> <p>12) Quantos dias dura o processo de cura?</p> <p>13) Qual o espaçamento entre fileiras de cebolas?</p> <p>14) Quantas fileiras de cebola são plantadas por canteiro?</p> <p>15) Qual a altura dos canteiros?</p> <p>16) Qual a largura do canteiro?</p> <p>17) O senhor faz manutenções e regulagens nas máquinas? Com que frequência?</p> <p>18) Existe um local para fazer as manutenções? Tem ferramentas?</p> <p>19) Quais as máquinas que ajudariam com o cultivo da cebola (em ordem de importância)?
1ª
2ª
3ª
4ª
5ª</p> <p>20) Quanto o senhor(a) pagaria por uma colhedora de cebolas?</p> <p>21) Existe alguma função que a máquina deve desempenhar além de colher?</p> <p>23) Quanto pagaria por uma colhedora de cebolas que colhe, beneficia e ensaca a cebola?</p> <p>24) Qual o valor da prestação que pagaria por ano para aquisição da máquina?</p> <p>25) O senhor(a) mudaria a forma do canteiro para se adaptar as características de uma máquina?</p> |
|--|---|