

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
Curso de Agronomia



Dissertação

**Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de
baixa potência: Projeto informacional e conceitual**

Tiago Vega Custódio

Pelotas, 2015

Tiago Vega Custódio

Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência: Projeto informacional e conceitual

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial 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, 2015

Tiago Vega Custódio

**Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de
baixa potência: Projeto informacional e conceitual**

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 09/09/2015

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (Orientador)
Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Fabrício Ardaís Medeiros
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Sandro Silva Teixeira
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dados de catalogação na fonte:

C987e Custódio, Tiago Vega.

Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência: projeto informacional e conceitual. / Tiago Vega Custódio; orientador Antônio Lilles Tavares Machado. – Pelotas, 2015.

118f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas.

1. Desenvolvimento de produto. 2. Máquinas agrícolas. 3. Agricultura de base familiar. I. Machado, Antônio Lilles Tavares, orient. II. Título.

CDD: 631.3

Agradecimentos

Aos meus pais Almerinda Vega Custódio e João Carlos Manetti Custódio, exemplos de amor, compreensão, dedicação, tolerância e sabedoria.

À minha namorada Latóia Eduarda Maltzahn pelo amor, carinho e paciência.

Ao grande amigo Xavante professor Antônio Lilles Tavares Machado pela amizade, orientação, paciência, disponibilidade, profissionalismo e confiança e ao professor Ângelo Vieira dos Reis pela co-orientação, amizade, ajuda e atenção.

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

Aos grandes amigos, companheiros e colegas André Oldoni, Roger Toscan Spagnolo, Sandro Silva Teixeira, Tiago Lopes Bertoldi e Maico Danúbio Duarte Abreu, pelo incentivo, ajuda, amizade e companheirismo.

Aos meus irmãos, Alex Sandro Vega Custódio e Solange Vega Custódio pelo apoio e que de alguma forma me incentivaram.

Aos bolsistas, César Silva de Moraes e Herlinho Ianeczek, pela dedicação durante o desenvolvimento do projeto.

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

Aos agricultores entrevistados do município de São Lourenço do Sul pela atenção.

Muito obrigado a todos que de certa forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Resumo

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência: Projeto informacional e conceitual**. 2015. 118 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A agricultura de base familiar é responsável por uma parcela importante da produção agrícola do país, entretanto se depara com uma deficiência no que tange às máquinas agrícolas necessárias para suas necessidades. Em um levantamento realizado com agricultores de base familiar do sul do Rio Grande do Sul, foi detectada a necessidade de uma máquina capaz de conformar canteiros, depositar fertilizante orgânico, deste modo, muitas atividades como essas, ainda são executadas manualmente, despendendo muito tempo e esforço para sua realização e reduzindo a produtividade. O objetivo do presente trabalho é realizar as fases do projeto informacional e conceitual de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar, segundo as recomendações agronômicas, fertilizantes mineral e orgânico com necessidade de potência de acionamento inferior a 25kW. A metodologia utilizada fundamenta-se no Modelo de Fases, empregado com êxito no projeto de máquinas agrícolas, o qual se divide em quatro etapas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Nesse projeto foram executadas as fases de projeto informacional e conceitual onde realizou-se pesquisas por princípios de solução e seleção das combinações mais promissoras, a fim de se escolher a concepção mais adequada para o atendimento das necessidades dos agricultores em relação a máquina a ser projetada, cuja combinação permita a realização das tarefas propostas. Como resultado da fase de projeto informacional foi obtida a hierarquização dos requisitos de projeto, sendo os três mais importantes são: Potencia de acionamento, Largura de trabalho e Custo de fabricação. Na fase de projeto conceitual, a concepção escolhida apresenta a configuração mais simples de ser construída, com baixo custo de fabricação e montagem, possuindo como principais características, chassi, discos, dosador e sistema de engate de três pontos. Por meio da metodologia aplicada, foram obtidas 04 concepções, tendo-se escolhido para otimização a concepção 02, evoluindo-a para a concepção final.

Palavras-chave: desenvolvimento de produto, máquinas agrícolas, agricultura de base familiar.

Abstract

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Bedshaper-fertilizer depositor of mineral and organic fertilizers for low power tractors: informational and conceptual design**. 2015. 118 p. Master's Thesis (Masters Degree) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

The family-based agriculture is responsible for a significant portion of agricultural production in the country, however faces a deficiency when it comes to agricultural machinery necessary for your needs. In a survey conducted with family-based farmers in southern Rio Grande do Sul, the need for a machine able to conform beds was detected, deposit organic fertilizer, thus many activities such as these, are still performed manually, spending much time and effort for implementation and reducing productivity. The objective of this study is to develop the informational and conceptual designs of a mechanized system able to conform planting beds, and deposit, according to the agronomic recommendations, mineral and organic fertilizers, requiring drive power less than 25 kW. The methodology is based on Phases Model, employed successfully in the design of agricultural machinery, which is divided into four steps: Informational design, conceptual design, preliminary design and detailed design. At this stage they were executed phases of informational design and conceptual research which was carried out by solving principles and selection of the most promising combinations in order to choose the most suitable design to meet the needs of farmers, in respect of the machine to be designed whose combination allows all tasks. As a result of the information design phase it was obtained hierarchy of design requirements, the three most important ones are: Power drive, Width of work and cost of manufacturing. In the conceptual design phase, the concept chosen has the simplest configuration to be built, with low cost of manufacture and assembly, having as main features, chassis, discs, metering and three-point hitch system. By the applied method, there were obtained 04 conceptions, having chosen to optimize the concept 02, developing it into the final design.

Keywords: product development, agricultural machinery, family-based agriculture.

Lista de Figuras

Figura 1. Desenho esquemático de uma semeadora fertilizadora patenteada em 1935.	28
Figura 2. Desenho esquemático de um implemento fertilizador de duas linhas patenteada em 1998.	29
Figura 3. Desenho esquemático de um arado duplo com subsolador e distribuidor de fertilizante.....	30
Figura 4. Desenho esquemático de um implemento fertilizador sulcador para cana de açúcar.....	30
Figura 5. Desenho esquemático de um sistema dosador de fertilizante.	31
Figura 6. Enxada Rotativa Super Forte Encanteiradora da marca Lavrale.	31
Figura 7. Distribuidora de esterco para canteiro M-90 B.	32
Figura 8. Encanteirador M-753.....	33
Figura 9. Esparramador de esterco M-515.....	33
Figura 10. Distribuidor de composto orgânico vibratório DCO/v 5500.....	34
Figura 11. Aleirador aiveca 1500 com distribuidor de fertilizante.	34
Figura 12. Arado encanteirador com aiveca Ehlert.	35
Figura 13. Máquina para fazer canteiros – Mixer 120.	35
Figura 14. Fertilizador para canteiro.....	36
Figura 15. Distribuidor de fertilizante orgânico sólido.....	36
Figura 16. Distribuidor de fertilizantes mineral e orgânico.....	37
Figura 17. Dosador FertiSystem.....	38
Figura 18. Modelo do processo de projeto.	39
Figura 19. Fases do projeto informacional,	41
Figura 20. Modelo do ciclo de vida em espiral.	43
Figura 21. Classificação dos atributos do produto.....	45
Figura 22. Esquema de construção da matriz da casa de qualidade.	47
Figura 23. Fases do projeto conceitual.....	49
Figura 24. Quadro de métodos utilizados na busca por princípios de solução.....	52
Figura 25. Quadro de identificação dos clientes ao longo das fases do ciclo de vida do produto.....	60
Figura 26. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, em ha.	61
Figura 27. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a área utilizada para fumiicultura, em ha.....	62

Figura 28. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com as oleráceas cultivadas nas propriedades.	62
Figura 29. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a altura dos canteiros para a cultura do tabaco.....	63
Figura 30. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a altura dos canteiros para oleráceas.	63
Figura 31. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a largura dos canteiros para a cultura do tabaco.	64
Figura 32. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a largura dos canteiros para oleráceas.	65
Figura 33 - Potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados.	66
Figura 34. Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina que realize as funções de encanteirar e fertilizar.....	66
Figura 35. Necessidades dos clientes externos.	67
Figura 36. Quadro de requisitos de clientes do projeto classificados por fases do ciclo de vida do produto.....	68
Figura 37. Quadro de requisitos de projeto obtidos classificados segundo a proposta de Fonseca (2000).	72
Figura 38. Diagrama de Mudge empregado na valoração.	74
Figura 39. Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto.	76
Figura 40. Quadro do terço superior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	77
Figura 41. Quadro do terço médio da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	78
Figura 42. Quadro do terço inferior da hierarquização dos requisitos do projeto sem telhado e sua relação à classificação com telhado.....	78
Figura 43. Quadro de especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço superior.....	80
Figura 44. Quadro de especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço médio.....	80
Figura 45. Quadro de especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado – terço inferior.....	81
Figura 46. Esquema montado para verificação do escopo do problema com cinco passos, baseado em Pahl et al. (2005).....	71
Figura 47. Quadro de entradas e saídas do sistema técnico em termos de energia, material e sinal.	84
Figura 48. Formulação da função global do sistema técnico.....	85
Figura 49. Diagramas de blocos representando as funções parciais derivadas da função global.	74

Figura 50. Quadro de descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas do diagrama de blocos da estrutura escolhida.	89
Figura 51. Diagrama de blocos da estrutura funcional A.....	90
Figura 52. Diagrama de blocos da estrutura funcional B.....	91
Figura 53. Diagrama de blocos da estrutura funcional C.....	92
Figura 54. Diagrama de blocos da estrutura funcional D.....	93
Figura 55. Quadro de descrição das estruturas funcionais.	94
Figura 56. Matriz morfológica	97
Figura 57. Concepção 1 do encanteirador e depositador de fertilizantes originada da estrutura funcional A.....	98
Figura 58. Concepção 2 do encanteirador e depositador de fertilizantes originada da estrutura funcional B.....	99
Figura 59. Concepção 3 do encanteirador e depositador de fertilizantes originada da estrutura funcional C.	100
Figura 60. Concepção 4 do encanteirador e depositador de fertilizantes originada da estrutura funcional D.	101
Figura 61. Concepção final evoluída do Encanteirador e depositador de fertilizantes para tratores de baixa potência estabelecido através da combinação dos princípios de solução mais promissores.....	105

Lista de Tabelas

Tabela 1. Classificação dos municípios com maior produção de tabaco do RS no ano de 2012.	17
Tabela 2. Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca de alguns materiais orgânicos ⁽¹⁾	26
Tabela 3. Concentrações médias de micronutrientes e de metais pesados de alguns materiais orgânicos ⁽¹⁾	27
Tabela 4. Hierarquização dos requisitos de clientes.	75
Tabela 5. Matriz de decisão das concepções.....	103

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEPAF	Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar
CQFS	Comissão de Química e Fertilidade do Solo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPO	European Patent Office
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FP1	Função parcial 1
FP2	Função parcial 2
FP3	Função parcial 3
FP4	Função parcial 4
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NBR	Norma Brasileira
NeDIP	Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina
NIMEq	Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
QFD	Quality Function Deployment
Rc	Requisito do cliente
Rp	Requisito do projeto
SBSC	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
T	Tonelada
TDP	Tomada de potência
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USPTO	United States Patent and Trademark Office

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	Objetivo geral.....	15
2.2.	Objetivos específicos	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1.	Fumicultura	16
3.2.	Olericultura	18
3.3.	Canteiros agrícolas.....	21
3.4.	Fertilizantes	24
3.5.	Máquinas agrícolas para encanteirar e fertilizar	27
3.6.	Metodologias de projeto de máquinas agrícolas.....	38
3.6.1.	Fase do projeto Informacional	39
3.6.2.	Fase do projeto Conceitual	48
4.	METODOLOGIA	54
4.1.	Projeto Informacional	54
4.2.	Projeto Conceitual	56
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1.	Pesquisar informações sobre o tema do projeto.....	59
5.2.	Identificar as necessidades dos clientes do produto.....	59
5.3.	Estabelecer os requisitos dos clientes	68
5.4.	Estabelecer os requisitos de projeto	71
5.5.	Hierarquizar os requisitos de projeto	73
5.6.	Estabelecer as especificações do projeto	79
5.7.	Verificar o escopo do problema	82
5.8.	Estabelecer a estrutura funcional	84
5.9.	Pesquisar por princípios de solução	94

5.10. Combinar princípios de solução.....	97
5.11. Selecionar e avaliar concepção	101
5.12. Evoluir concepção selecionada	104
6. CONCLUSÃO	106
REFERÊNCIAS	107
Apêndices.....	113
Anexos	117

1. INTRODUÇÃO

A agricultura de base familiar no Brasil abrange grande diversidade cultural, social e econômica, podendo variar desde o campesinato tradicional até a pequena produção modernizada. Algumas características típicas dos agricultores familiares são, a independência relativa de insumos externos à propriedade e a produção agrícola condicionada às necessidades do grupo familiar. No entanto, existem outras características associadas a este tipo de agricultura, como o uso de energia solar, animal e humana, a pequena propriedade, a força de trabalho familiar ou comunitária, a baixa produção de dejetos, o pouco uso de insumos externos, etc... (CRUZ, 2006 e SILVA, 2009).

O sistema de produção agrícola familiar é responsável por uma parcela importante da produção de tabaco, mandioca, feijão, suínos, leite bovino, milho, soja, arroz, café, aves e ovos. Hoje, as unidades familiares são as maiores fontes de emprego, renda e produção de alimentos no país. O Censo Agropecuário 2006 identificou 4.367.902 estabelecimentos de agricultura familiar, que representam 84,4% do total (5.175.489 estabelecimentos), ocupando apenas 24,3% (80,25 milhões de hectares) da área dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. Apesar de ocupar apenas um quarto da área, a agricultura familiar responde por 38% do valor da produção (R\$ 54,4 bilhões) desse total (FAO, 2014).

A agricultura de base familiar favorece o emprego de práticas produtivas, como a diversificação de cultivos e o menor uso de insumos industriais. Mesmo frente a estes valores, esta se depara com uma significativa deficiência no que tange às máquinas agrícolas necessárias a suprir suas necessidades, pois não são poucos os casos em que as mesmas não se aplicam as condições de trabalho, tamanho da propriedade e sistema de cultivo, ou seja, as necessidades reais dos agricultores de base familiar. Há poucos equipamentos no comércio adequados à agricultura de base familiar, que na maioria das vezes são grandes demais, muito caros e com demanda de potência acima da necessidade do agricultor familiar (NIEMCZEWSKI et al., 2014 e TEIXEIRA et al., 2009).

Em visitas realizadas por pesquisadores do Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas (NIMEq) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), junto aos agricultores familiares da região sul do Estado do Rio Grande do

Sul, foi observada a necessidade de um sistema mecanizado capaz de preparar o solo, construir o canteiro e depositar fertilizantes mineral e orgânico, cujo acionamento ocorra por tratores de baixa potência, tratores de até 25kW de potência no motor.

Através de entrevistas realizadas com agricultores de base familiar da região de Bom Jesus no município de São Lourenço do Sul localizado no Rio Grande do Sul, os quais tem como principal atividade a produção de tabaco e como atividade complementar o cultivo de oleráceas, foi possível constatar que 100% dos entrevistados realizam duas operações distintas para fertilizar e encanteirar; 86,67% fazem a fertilização manualmente, sendo a segunda etapa deste processo, que destina-se ao preparo dos canteiros, executada normalmente com arados de aiveca, de discos ou aleiradores. Os agricultores de base familiar que residem nesta região tem como a principal fonte de renda, a produção de culturas plantadas e/ou semeadas em canteiros e muitos destes agricultores possuem aviário ou adquirem cama de aviário, por estes motivos a região foi escolhida para este estudo. Verificou-se também que a área média destinada as culturas, que utilizam canteiros possuem aproximadamente 2,5ha, não havendo necessidade de utilização de tratores com potência de acionamento superior a 25kW de potência no motor. Visto que os agricultores entrevistados possuem tratores com potência acima da estipulada pela equipe de projeto, todos estes se beneficiariam da máquina a ser desenvolvida e até mesmo produtores que possuem tratores de menor potência, a escolha da potência também deve-se a fabricação de tratores com esta potência por muitas empresas nacionais e os agricultores de base familiar beneficiam-se com o programa do governo federal, Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), o qual, financia tratores com esta potência.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Utilizar a metodologia de projeto informacional e conceitual para desenvolver um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar, segundo as recomendações agronômicas, fertilizantes mineral e orgânico, com necessidade de acionamento inferior a 25kW de potência no motor.

2.2. Objetivos específicos

Identificar as necessidades do agricultor familiar, em especial da região sul do Rio Grande do Sul, quanto as suas carências em relação à tarefa de encanteirar e fertilizar canteiros.

Projetar e analisar os princípios de solução mais importantes para o desenvolvimento da concepção deste tipo de máquina.

Obter a concepção de uma máquina que contribua no aumento de eficiência e qualidade das funções de encanteirar e fertilizar.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Fumicultura

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAOSTAT, o Brasil terminou o ano de 2012 em terceiro lugar no ranking dos produtores mundiais de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) com a produção de 810.550 mil toneladas. De acordo com Heemann (2009), no país a produção da cultura concentra-se nos estados da região sul, principalmente por agricultores de base familiar, com propriedades que apresentam área média de 16 hectares, onde apenas uma pequena área é destinada para a cultura. O restante da área é destinada a atividades complementares, com destaque para a produção de milho e feijão ao término da safra de fumo.

De acordo com Kaiser (2006), no estado do Rio Grande do Sul, a cultura do tabaco é a principal fonte de renda para mais de 90 mil famílias. Segundo Specht (2006), a cultura do tabaco apresenta grande importância econômica, devido ao elevado valor comercial e à capacidade de empregar grande número de pessoas em todas as etapas da produção da cultura.

Os dados contidos na Tabela 1 representam a classificação dos municípios com maior produção de tabaco no Rio Grande do Sul e o valor de suas produções. No sul do Rio Grande do Sul, a cultura do tabaco é a principal atividade, entretanto os agricultores também se dedicam a outras culturas (SPECHT, 2006).

Tabela 1. Classificação dos municípios com maior produção de tabaco do RS no ano de 2012.

Municípios	Quantidade produzida (t)	Valor da produção (R\$ mil)
Venâncio Aires	24.188	151.659
São Lourenço do Sul	23.500	144.525
Candelária	18.400	110.484
Camaquã	17.600	94.092
Canguçu	17.046	87.616
Arroio do Tigre	13.668	78.249
Vale do Sol	12.872	77.232
Santa Cruz do Sul	12.600	74.844
Agudo	10.920	53.377
Dom Feliciano	9.700	52.273
Vera Cruz	9.180	57.834
Pelotas	8.952	56.398
Rio Pardo	7.980	50.513
Sinimbu	7.790	38.327
Chuívisca	7.770	41.539

Fonte: Fundação de Economia e estatística, 2014.

A cultura do tabaco pode ser consorciada, em determinadas regiões é realizada com algodão e feijão, no entanto, estas culturas são apenas complementares, sendo a atividade principal o cultivo do tabaco (EMATER, 1981).

Recomenda-se que a fertilização orgânica para o plantio definitivo da cultura do tabaco seja realizada de 15 a 20 dias antes do transplante e cobrindo o canteiro com uma camada 0,02m (EMBRAPA, 1975; EMATER, 1981). O cultivo deve ser realizado em solos bem arejados e drenados, a cultura é sensível a solos saturados (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

O plantio do tabaco compreende duas etapas: produção de mudas, que consiste em, construir canteiros com contenção, encher as bandejas, semear, fertilizar, aplicar tratamentos preventivos as mudas e na poda das mudas e a etapa de transplante das mudas para a lavoura definitiva consiste no, preparo do solo, fertilização de base, transplante de mudas nos canteiros (camalhões), tratos culturais, fertilização de cobertura, fertilização de reposição (se necessário) e controle de pragas e doenças (SOUZA CRUZ, 2010). O transplante é realizado em canteiros sem contenção, com altura entre 0,20 a 0,30m e com largura máxima de 1,00m (EMATER, 1981).

Para o preparo do solo é realizado os processos de arar, gradear e fertilizar. A conformação dos canteiros para o plantio definitivo é realizado através de arados

com tração animal ou por meio de trator. A distância entre plantas é de 0,50m e o espaçamento entre fileiras é de 1,20m, nesta dimensão está compreendido o espaçamento entre canteiros, a marcação indicando o local que irá receber a muda, é realizado por um marcador de madeira (HEEMANN, 2009).

Segundo Machado et al. 2005, com a passagem do arado sempre a mesma profundidade de trabalho ao longo de vários anos, pode ocorrer a formação de uma camada compactada no solo, chamada pé-de-arado ou pé-de-grade, diminuindo a capacidade do solo de reter e absorver água e dificultando o desenvolvimento radicular da planta, portanto, deve-se identificar a profundidade do sistema radicular das culturas e/ou variar a profundidade de operação do equipamento no solo. De acordo com Vepraskis et al. (1987), a densidade máxima no solo para a cultura do tabaco é de $1,63 \text{ Mg.m}^{-3}$, portanto, para a realização das operações agrícolas deve-se evitar a compactação intensa nestas áreas.

3.2. Olericultura

A olericultura é o ramo da horticultura que estuda as hortaliças, plantas que apresentam, em sua preponderância, as seguintes características: consistência tenra, não-lenhosa; ciclo biológico curto; tratamentos culturais intensivos; sendo cultivadas em áreas menores, em relação às grandes culturas; utilizadas na alimentação humana, sem exigir beneficiamento (FILGUEIRA, 2012).

Consequentemente o cultivo de hortaliças é uma atividade de destaque na agricultura familiar, pois além de complementar a dieta do agricultor, possibilita um retorno econômico rápido, já que se tratam de culturas de ciclo curto, ou seja, de até 120 dias (EMBRAPA, 2009). Assim, a produção das hortaliças é importante como alternativa para a agricultura familiar, visto que por ser um cultivo que demanda mais mão de obra, se adapta à produção em pequenas áreas ou mesmo em sistema de consorciação com outras lavouras (EMBRAPA, 2007).

Segundo EMBRAPA (2009), a etapa de semeadura de hortaliças é realizada diretamente nos canteiros em sulcos transversais ou longitudinais, com largura e profundidade de 0,15m e 0,20m respectivamente, obedecendo aos espaçamentos entre plantas, de acordo com a hortaliça a ser plantada (Anexo A).

As culturas oleráceas extraem do solo maior quantidade de nutrientes, em relação às culturas de grãos, exigindo fertilizações mais fartas. Com relação a fertilização, a olericultura é uma atividade que oferece respostas mais substanciais no aspecto agrônomo e econômico. A aplicação de fertilizantes adotando as recomendações agrônomicas, resulta em maior produção, produtos com maior valor nutricional, aspecto mais atrativo, melhor sabor e aroma, bem como valor de venda maior (FILGUEIRA, 2012), sendo assim, deve-se obter informações sobre o tipo e dimensão do sistema radicular das culturas produzidas e o teor de nutrientes necessário para cada variedade de planta.

Medeiros et al. (2007), avaliaram a produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) com biofertilizantes e substratos em bandejas, segundo os autores a média do comprimento das raízes foi de 0,07m. A alface possui o sistema radicular superficial e muito ramificado, concentrando-se apenas nos primeiros 0,25m do solo, quando a cultura é transplantada. A fertilização orgânica é altamente benéfica para a alface, recomenda-se esterco bovino ou cama de aviário. Em solos de fertilidade baixa ou mediana e falta de dados experimentais, recomenda-se a incorporação de macronutrientes ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), na dosagem N: 30, P_2O_5 : 250 a 400 e K_2O : 80 a 90. Na semeadura direta ou no transplante, o espaçamento usual é 0,25 a 0,30m por 0,25 a 0,30m (FILGUEIRA, 2012).

A planta da batata (*Solanum tuberosum* L.) apresenta um sistema radicular superficial no entanto, pode alcançar até 0,50m de profundidade. A fertilização orgânica tem que ser utilizada com cautela, pois o esterco não curtido quando aplicado no sulco de plantio, pode haver a queima da brotação da batata-semente. Em glebas de fertilidade baixa ou mediana e na ausência de dados experimentais, recomenda-se a incorporação de macronutrientes na dosagem de N: 120 a 200, P_2O_5 : 300 a 500 e K_2O : 80 a 200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (FILGUEIRA, 2012). Cardoso et al. (2005), avaliaram clones de batata-doce e obtiveram uma média de comprimento das raízes em torno de 0,15m.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) tem o sistema radicular do tipo pivotante, sendo que sua raiz principal pode atingir 0,60m de profundidade, com poucas ramificações laterais, já a fertilização pode ser incorporada nos sulcos. Em solos de baixa ou mediana fertilidade e ausência de dados regionais, recomenda-se a

incorporação de macronutrientes na dosagem de N: 20, P_2O_5 : 200 a 350 e K_2O : 100 a 150kg.ha⁻¹ (FILGUEIRA, 2012).

Zarate et al. (2010), avaliaram a produção de beterraba com o solo coberto com cama de aviário, entre 21 a 42 dias depois do transplante, de acordo com os autores a média do comprimento das raízes foi de 0,061m e 0,062m para as plantas sem cobertura do solo pela cama de aviário. Correa et al. (2014), avaliaram a produção de beterrabas em função o espaçamento entre elas, os autores também obtiveram 0,06m de comprimento médio das raízes de beterraba, sendo que a colheita foi realizada 58 dias após o transplante para os canteiros.

Já a cenoura (*Daucus carota* L.) possui raízes que podem atingir até 0,30m de profundidade (JUNIOR, 2012), em solos de fertilidade mediana ou baixa e na ausência de dados experimentais, recomenda-se a incorporação de macronutrientes, na dosagem N: 20, P_2O_5 : 250 a 400 e K_2O : 100 a 130kg.ha⁻¹, devendo ser aplicada a lanço ou incorporada no canteiro. Recomenda-se a aplicação de fertilizante orgânico semanas antes da semeadura, para não afetar a germinação e a emergência das cenouras (FILGUEIRA, 2012).

A cultivar do morango (*Fragaria vesca* L.) possui o sistema radicular fasciculado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,05m da superfície do solo, sendo uma cultura que adapta-se melhor a solos com bom teor de matéria orgânica. A fertilização com cama de aviário (10 – 20t.ha⁻¹), é preferencialmente incorporada no canteiro algumas semanas antes do plantio, na profundidade de 0,10 a 0,12m, para melhor utilização dos nutrientes pelas raízes, em solos de baixa ou mediana fertilidade e ausência de dados experimentais, recomenda-se a incorporação de macronutrientes na dosagem de N: 40, P_2O_5 : 400 a 800 e K_2O : 300 a 400kg.ha⁻¹. O plantio definitivo é efetuado em canteiros, o espaçamento de plantio usual é 0,30 x 0,30m, ou 0,25 x 0,25m, caso o produto seja beneficiado. Entre os canteiros deve haver um espaçamento com 0,30 a 0,40m de largura (FILGUEIRA, 2012).

A planta do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) apresenta o sistema radicular que pode atingir até 1,5m de profundidade, porém a maioria das raízes concentram-se de 0,20 até 0,30m de profundidade. Em solos de baixa ou media fertilidade e ausência de dados regionais, recomenda-se a incorporação de

macronutrientes na dosagem de N: 40, P_2O_5 : 150 a 300 e K_2O : 100 a 150kg.ha⁻¹ (FILGUEIRA, 2012).

A planta do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) transplantando, prática adotada pelos agricultores entrevistados para este trabalho, apresenta o sistema radicular mais superficial que na semeadura direta, sendo que 60% das raízes localizam-se nos primeiros 0,10m do perfil do solo. A fertilização com cama de aviário é altamente benéfica, podendo reduzir ou até eliminar a necessidade de aplicação de fontes de minerais de N por ocasião do transplante, entretanto esta deve ser realizada meses antes do plantio. Em solos de fertilidade baixa ou mediana e ausência de dados experimentais, recomenda-se a incorporação de macronutrientes na dosagem de N: 300 a 400, P_2O_5 : 600 a 1.000 e K_2O : 500 a 800kg.ha⁻¹, para tomateiros transplantados.

3.3. Canteiros agrícolas

O sucesso de uma cultura depende de uma série de fatores, dentre os quais: qualidade das sementes, condições climáticas favoráveis, correto controle de pragas, doenças, plantas espontâneas e, sobretudo, um solo de boa qualidade e bem preparado. No que diz respeito à produção de hortaliças em canteiros este aspecto se torna ainda mais relevante, pois um canteiro mal preparado pode comprometer a produtividade e até mesmo a produção de determinada cultura afetando a renda do produtor (GALETI, 1981).

O manejo do solo são todas as práticas aplicadas no solo visando a produção agrícola. As quais, incluem a execução do cultivo, tratamentos culturais e de correção, fertilização e etc... No local onde ocorre as operações agrícolas trabalha-se em um nível superficial do solo, o qual, é denominado de camada arável do solo (EMBRAPA, 2007).

A escolha da área de implantação dos canteiros para oleráceas, deve ser acessível, bem ensolarado (a necessidade de horas de luz solar por dia é específico de cada cultivar) e com uma fonte de água de boa qualidade próxima. O solo deve ser plano ou levemente inclinado (nos locais com declive acentuado, é recomendado a construção dos canteiros em nível, se necessário, construir curvas de nível e/ou valas para conter a erosão), com no mínimo 0,20m de profundidade, com textura

média, como por exemplo, areno-argiloso ou argilo-arenoso, com boa aeração e drenagem, porém com uma razoável capacidade de retenção de água e rico em matéria orgânica. Próximo da semeadura ou do plantio deve ser realizada a incorporação dos fertilizantes orgânico e mineral. Preferencialmente que tenha acesso facilitado a uma fonte de material orgânico para produção de fertilizantes e compostos, desta maneira, reduzindo a dependência de insumos externos (EMBRAPA, 2007).

Para o cultivo do tabaco é necessário construir canteiros ou camalhões, com certa declividade para que a água flua do interior da lavoura para as bordas. A produção dos canteiros auxilia na redução da saturação de água no solo que é prejudicial ao desenvolvimento da cultura. A implantação dos canteiros é realizada com largura de 1,5m de distância entrelinhas, o comprimento geralmente abrange toda a extensão da área cultivada e com aproximadamente 0,40m de altura, onde será efetuado o plantio do tabaco. O espaçamento entre os camalhões comportarem-se como canais temporários que geram o escoamento superficial do solo (ANTONELI, 2014).

Para o preparo da área deve-se, eliminar todo tipo de sujidade do solo (como pedras e gravetos), arar, gradear e posteriormente empregar a enxada rotativa, com a finalidade de eliminar os torrões que poderão prejudicar o desenvolvimento de raízes. Em seguida deverá ser realizada a demarcação dos canteiros, as dimensões devem ser de acordo com a necessidade de cada cultura (EMBRAPA, 2012).

Os canteiros sem contenção, do tipo leiras, servem para o plantio definitivo de hortaliças e devem possuir uma largura que facilite a realização de diferentes trabalhos manuais, tais como semeaduras, capinas e colheita. As dimensões recomendadas são de 1,00m de largura, com uma média de 0,10 a 0,20m de altura (EMBRAPA, 2012; EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2007; EMBRAPA, 2005; EMBRAPA, 1989; EMBRATER, 1982; EMBRAPA, 1978; EMBRATER & EMBRAPA, 1977).

Esse tipo de canteiro possibilita um menor investimento na horta em relação ao canteiro com contenção, no entanto, necessita frequentemente de manutenção (reforma das leiras), principalmente após as chuvas, que podem causar a erosão parcial dos canteiros. No preparo das sementeiras apenas a altura é modificada,

visto que pode variar de 0,20 a 0,30m (EMBRAPA, 2012). Há boletins que recomendam que a largura esteja entre 0,80 e 1,00m para a cultura da cenoura (EMBRATER, 1987; EMBRAPA, 2004; EMBRAPA, 1999), já para a cultura da cebola, Costa (2002), indica uma largura entre 0,50 a 0,80m. No que diz respeito a cultura do tabaco é recomendada a largura de 1,00m e 0,15 a 0,25m de altura (EMBRAPA, 1975; EMATER, 1981). O espaçamento entre os canteiros varia entre 0,30 a 0,40m, de modo que permita a passagem de pessoas e ferramentas (EMBRAPA, 2007).

Na agricultura de base familiar, a conformação dos canteiros é realizada com o auxílio de arados de aivecas ou de discos (EMBRAPA, 2007). De acordo com Silva et al. (1999), o emprego do arado de aivecas em condições normais de trabalho, apresenta vantagens em relação ao arado de discos, por ser mais leve, este exige menor esforço de tração em mesmas condições de trabalho que o arado de discos, no entanto, provoca maior atrito com o solo, por este motivo, não é recomendado para o preparo de solos pedregosos, pegajoso e recém desmatado. Melhora a incorporação dos resíduos da colheita, como resultado, melhora o controle das plantas espontâneas. Realiza o tombamento das leivas com mais eficiência, proporcionando maior estabilidade aos agregados do solo, ou seja, aumenta a capacidade que as partículas têm de resistir aos processos de desagregação mecânica.

A estabilidade de agregados no solo é de ampla importância, pois os agregados são componentes da estrutura do solo e, desta maneira, tem grande relevância na manutenção da porosidade e aeração do solo, no crescimento de plantas e da população microbiana, na infiltração de água e principais fatores controladores do processo de erosão (DEXTER, 1988).

Cada cultura deve ser semeada ou transplantada no espaçamento adequado para que possam se desenvolver alcançando o padrão de exigência do mercado consumidor. É necessário observar a distância entre linhas e entre as plantas na linha (EMBRAPA, 2007).

Por meio desta revisão de literatura, verificou-se que o sistema para conformar os canteiros deve permitir a conformação de canteiros com largura variável entre 0,50 e 1,00m e com altura entre 0,10 e 0,30m, desta maneira, o maquinário conseguirá atender as necessidades dos agricultores de base familiar.

3.4. Fertilizantes

Os solos do Brasil em sua maioria apresentam baixa capacidade para suprir os nutrientes necessários para o desenvolvimento de culturas, principalmente em relação ao nutriente fósforo. Consequentemente, a produção de alimentos e matéria-prima agrícola permanece dependente de fertilizantes. Até solos com alta fertilidade natural tendem a perder sua capacidade produtiva, por consequência da extração dos nutrientes pelas plantas, por lixiviação e/ou erosão. A solução para esse problema é a incorporação de nutrientes no solo, ou seja, a fertilização (EMBRAPA, 1995). De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (SBCS, 2004), a recomendação de fertilização objetiva elevar o teor dos nutrientes no solo a níveis considerados adequados as necessidades das culturas.

A lei nº 6.894, define o termo fertilizante como sendo uma substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, capaz de fornecer um ou mais nutrientes as plantas. O decreto nº 4.954, define fertilizante mineral como um produto de natureza basicamente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecendo um ou mais nutrientes a planta.

Considera-se fertilizante orgânico como sendo um produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais (LEI Nº 6.894).

Os benefícios da fertilização orgânica têm sido reconhecidos, ressaltando-se que a incorporação de materiais orgânicos, como esterco animal, torna o solo um substrato mais propício à agricultura (FILGUEIRA, 2012). Embora os fertilizantes orgânicos não sejam indispensáveis para o desenvolvimento de culturas, pois as plantas podem ser cultivadas usando-se apenas fertilizantes minerais, seus efeitos após a decomposição e transformação em húmus, melhoram as características físicas, físico-químicas e biológicas dos solos, aumentando a eficiência dos fertilizantes minerais. Consequentemente, culturas que empregam fertilizantes orgânicos normalmente apresentam plantas com nutrição mais equilibrada e melhor desenvolvimento, do que aquelas tratadas somente com fertilizantes minerais (EMBRAPA, 1995).

Dependendo da quantidade usada, os resíduos orgânicos, além de fornecerem nutrientes ao solo melhoram a estrutura, a aeração, a drenagem, a capacidade de armazenamento de água, a fertilidade do solo, proporcionando aumento da produtividade das culturas. Outra vantagem dos fertilizantes orgânicos é que o seu descarte não degrada o solo, desde que sejam aplicados nos limites previstos na legislação. Entretanto, os fertilizantes orgânicos apresentam baixa concentração de nutrientes, sendo necessário aplicar um volume maior do que os fertilizantes minerais para suprir a mesma quantidade de nutrientes. É importante, por razões de controle sanitário dos alimentos, que estes fertilizantes não tenham contato direto com as partes comestíveis das plantas, principalmente aquelas de consumo in natura (SBCS, 2004).

Há diversas matérias-primas orgânicas que podem ser utilizadas como fertilizante. As principais fontes de fertilizantes orgânicos utilizadas são: esterco de animais, resíduos de culturas e os fertilizantes verdes (CQFS-RS/SC, 2004). Na Tabela 2, são apresentados os teores médios de carbono orgânico, de macronutrientes e de matéria seca de alguns fertilizantes orgânicos.

Tabela 2. Concentrações médias de nutrientes e teor de matéria seca de alguns materiais orgânicos⁽¹⁾.

Material orgânico	C-org.	N ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Matéria seca
	% (m.m ⁻¹)						
Cama de frango (3-4 lotes) ⁽³⁾	30	3,2	3,5	2,5	4	0,8	75
Cama de frango (5-6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de frango (7-8 lotes)	25	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75
Cama de peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeira	30	1,6	4,9	1,9	14,4	0,9	72
Cama sobreposta de suínos	18	1,5	2,6	1,8	3,6	0,8	40
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	17	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Lodo de esgoto	30	3,2	3,7	0,5	3,2	1,2	5
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	10	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
	kg.m ⁻³ %						
Esterco líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2	0,8	3
Esterco líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

⁽¹⁾ Concentração calculada com base em material seco em estufa a 65°C. m/m = relação massa/massa.

⁽²⁾ A fração de N na forma amoniacal (N-NH₃ e N-NH₄⁺) é, em média, de 25% na cama de frangos, 15% na cama de poedeiras, 30% no lodo de esgoto, 25% no esterco líquido de bovinos e 50% no esterco líquido de suínos.

⁽³⁾ Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

Em relação a quantidade de água os fertilizantes sólidos têm grande vantagem em relação aos líquidos, pois a concentração de nutrientes do esterco está diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica. Um aumento na quantidade de água no fertilizante significa um aumento no custo final da fertilização. Quanto maior for a quantidade de água nos dejetos, maiores serão os custos de armazenamento, transporte e aplicação por unidade de nutriente. No geral, as amostras com baixo teor de matéria seca também apresentam pouca concentração de nutrientes (EPAGRI, 2005). Resultados obtidos por Oliveira (2006), demonstram que a fertilização com cama de aviário aumentou os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, massa fresca, massa seca e a produtividade da alface. A cama de aviário que possui densidade de 850kg.m⁻³ segundo Figueroa et al. (2009 e 2012), já o esterco sólido de bovinos possui densidade de 403kg.m⁻³ (EPAMIG, 2011).

O acúmulo de metais pesados em solos agrícolas é um aspecto que preocupa quanto à segurança ambiental (SILVA et al., 2007), pois os mesmos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (SOARES et al., 2005). Na Tabela 3, estão apresentados os teores médios de Cobre, Zinco, Cromo, Cádmio, Chumbo e Níquel, em vários fertilizantes orgânicos.

Tabela 3. Concentrações médias de micronutrientes e de metais pesados de alguns materiais orgânicos⁽¹⁾.

Material orgânico	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	Ni
	mg.kg ⁻¹⁽²⁾					
Cama de frango (5-6 lotes) ⁽³⁾	2	3	-(4)	-	-	-
Esterco de bovinos	2	4	-	-	-	-
Esterco líquido de suínos	16	43	-	-	-	-
Cinza de casca de arroz	8	89	-	-	-	-
Cinza de madeira	44	65	45	1,7	10	29
Composto de lixo urbano	96	490	260	2,0	59	122
Lodo de curtume	23	118	1400	0,1	33	16
Vermicomposto	67	250	-	-	-	-

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

⁽¹⁾ Fonte: Laboratórios de Análises do CEPAF-EPAGRI e do Departamento de Solos-UFRGS.

⁽²⁾ Concentração expressa com base em material seco em estufa a 65°C.

⁽³⁾ Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

⁽⁴⁾ Sem informação.

Estercos, camas de aviário, tortas vegetais e húmus de minhoca gerados e processados naturalmente podem ser comercializados como fertilizantes. Para isso, deve-se consultar o Decreto n.º4.954 de 2004 e a Instrução Normativa n.º15 de 2004, ambos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

3.5. Máquinas agrícolas para encanteirar e fertilizar

Fertilizar consiste em aplicar no solo a quantidade necessária de fertilizante, para que a cultura tenha seu melhor desempenho e produção, para que isto ocorra, a máquina tem que depositar o fertilizante na quantidade exigidas pela cultura e em

local que a semente e/ou planta possa absorver os nutrientes (MACHADO et al., 2005).

No apêndice B, são apresentados registros de várias patentes que foram pesquisadas e estudadas para a elaboração do presente trabalho. São patentes de equipamentos que possuem a função de fertilizar, encanteirar e semear. Estes registros foram encontrados em órgãos responsáveis pela regulamentação e documentação de pedidos de patentes, sendo que os órgãos pesquisados foram EPO, INPI, ORBIT e USPTO, entretanto somente as mais relevantes para a agricultura familiar foram discutidas de forma individual.

Na Figura 1 tem-se o desenho esquemático de uma das primeiras patentes encontradas de máquina desenvolvida com a finalidade de distribuir fertilizante e semear feijões, ervilhas, beterrabas, pepinos e outras hortaliças e plantas de jardim, projetada em Outubro de 1935 por Carrier W. Worthy e Leonard C. Edwin, com patente registrada na instituição *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). O movimento para a realização destas funções é transmitido através de corrente de transmissão movida pela roda tracionadora localizada na parte dianteira da máquina. A fonte de tração é humana, sendo mais apropriada para pequenos canteiros e jardins.

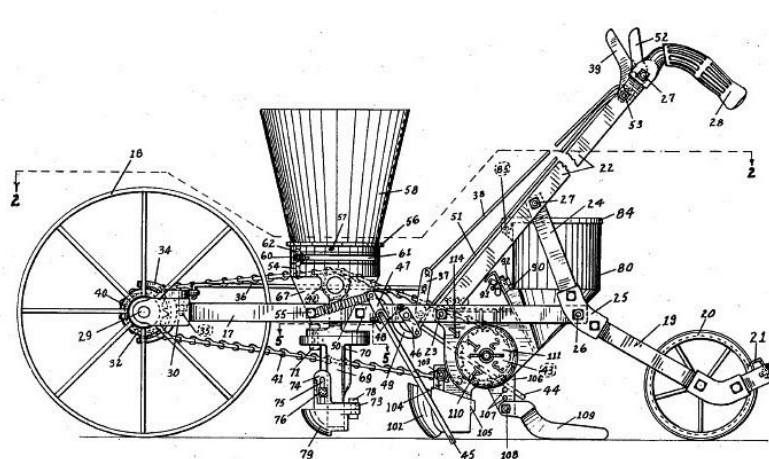


Figura 1. Desenho esquemático de uma sementeira fertilizadora patentada em 1935.
Fonte: WORTHY e EDWIN, 1935.

Na Figura 2, é apresentado o desenho esquemático de um implemento com a função de fertilizar em duas linhas, com patente datada de Janeiro de 1998, sob o

nome do inventor André Stoianovi Filho e registrada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Esta máquina tem a função de fertilização de cana-de-açúcar, visando facilitar e viabilizar a utilização do fertilizante de uma forma homogênea. A máquina consiste de dois reservatórios de fertilizantes com capacidade de 600kg, com quatro discos para corte de palha, rompendo o solo de 0,20 a 0,80m de profundidade, adaptada ao sistema de engate de três pontos do trator, recebendo movimento através de uma engrenagem e corrente sem fim, acoplada ao trator, possibilitando o funcionamento do equipamento.

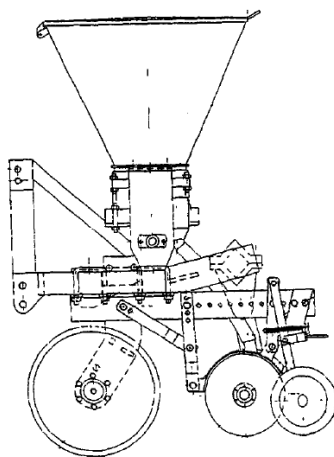


Figura 2. Desenho esquemático de um implemento fertilizador de duas linhas patenteada em 1998.
Fonte: FILHO, 1998.

Em 2008 Luiz Carlos Budny patenteou um arado duplo com subsolador e fertilizador (Figura 3) no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), o qual constitui-se de dois discos ou duas aivecas, na parte traseira, posicionados lateralmente para arar o solo, com um subsolador no centro e dois discos de corte localizados na dianteira, um distribuidor de fertilizante e um marcador que tem a função de sinalizar no solo onde serão depositadas as mudas ou sementes, definindo assim a distância de uma planta a outra, sendo a fonte de tração mecânica.

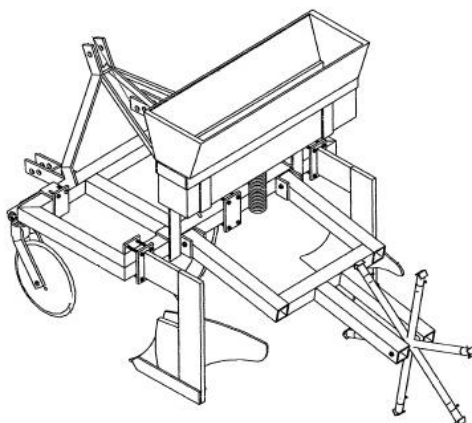


Figura 3. Desenho esquemático de um arado duplo com subsolador e distribuidor de fertilizante.
Fonte: BUDNYI, 2008.

O mecanismo apresentado na Figura 4, vem a ser um distribuidor de fertilizante e sulcador para cana de açúcar, desenvolvido por Eliezer Martins da Silva em 2011, sua finalidade é realizar a fertilização mineral dos canteiros de cana. A máquina é tracionada por trator e tem um reservatório com capacidade para 500kg de fertilizante, o qual é depositado nos sulcos por mangueiras, possui quatro discos, os dois dianteiros têm a função de abrir os sulcos sendo que os traseiros cobrem o fertilizante já depositado.

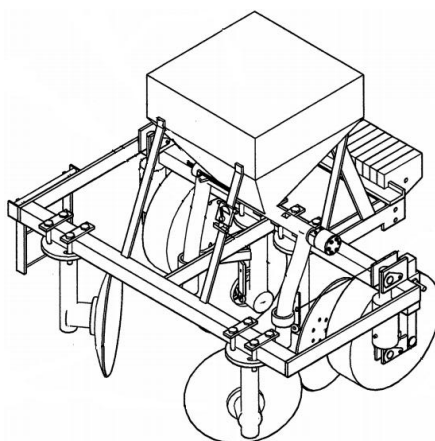


Figura 4. Desenho esquemático de um implemento fertilizador sulcador para cana de açúcar.
Fonte: SILVA, 2011.

Na Figura 5 é apresentado um sistema dosador de fertilizantes mineral helicoidal. Com patente datada de Junho de 2006 no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). O produto tem a finalidade de aplicar fertilizantes granulado ou em pó por gravidade, apresenta um interruptor de alimentação próprio, possibilitando interromper a aplicação em determinadas linhas.

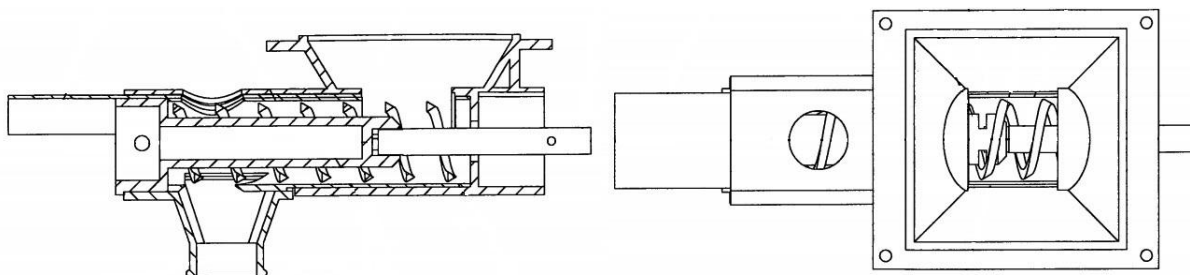


Figura 5. Desenho esquemático de um sistema dosador de fertilizante.
Fonte: COLET, 2006.

No que se refere as máquinas para conformar canteiros a empresa Lavrale, disponibiliza dois modelos no mercado brasileiro, sendo um deles a Enxada Rotativa Encanteiradora (Figura 6), indicada para a execução de canteiros para plantio de hortaliças. Este modelo permite o acoplamento de um reservatório de 120l de fertilizante mineral, apresenta um sistema de dosagem Fertisystem, dependendo do modelo, devido a variação do número de enxadas, profundidade e a largura de trabalho, a potência necessária de acionamento pode variar entre 29 a 55kW.



Figura 6. Enxada Rotativa Super Forte Encanteiradora da marca Lavrale.
Fonte: Lavrale, 2013.

A empresa Minami comercializa um distribuidor de esterco (Figura 7), que somente desempenha a função de fertilizar, desenvolvido para a aplicação de esterco de frango seco ou úmido, cama de aviário, composto de substrato de cogumelo e compostos orgânicos em topos de canteiros já formados. Aplica em faixa contínua apenas na área de aproveitamento efetivo da planta, o sistema de descarga é feito através da movimentação de uma esteira que preenche o fundo da caçamba, possui dois rolos trituradores: um interno para quebra de torrões e outro externo para homogeneizar o fertilizante distribuído e regulagem da vazão é feita

através de uma manivela acessível pelo tratorista que regula a abertura da comporta. Entretanto não supre as necessidades dos agricultores familiares objeto deste estudo, pois a potência requerida é 29,4kW, exigindo um trator de maior potência que o pretendido no desenvolvimento deste trabalho. A variação da largura dos canteiros executados por esta máquina é de 0,90 a 1,10m, desta forma não permite trabalhar com algumas oleráceas e o tabaco produzido pelos agricultores estudados, pois estes necessitam de canteiros com largura de 0,50m.



Figura 7. Distribuidora de esterco para canteiro M-90 B.
Fonte: Minami, 2013.

Há disponível no mercado um encanteirador (Figura 8), dotado de enxadas rotativas, apresenta massa de 409kg, demanda de 29,4kW de potência no motor para utilizar, porém esta máquina também não se adequa as necessidades do público alvo deste estudo, pois a potência requerida é maior que a utilizada por alguns dos agricultores estudados, não possui regulagem de largura para a conformação do canteiro, apresenta largura de trabalho de 1,00m se adequando apenas à algumas oleráceas.



Figura 8. Encanteirador M-753.
Fonte: Minami, 2013.

Para suprir as tarefas de triturar e distribuir fertilizantes orgânicos, surgiram as máquinas esparramadoras de esterco (Figura 9), a vantagem desta máquina é que, durante o funcionamento já é feita a trituração do esterco, não precisando de uma operação prévia de trituração, apresenta massa de 1.100kg e capacidade de carga de 3.000kg. Entretanto, a potência mínima requerida do trator para tracioná-la é 44,13kW, o que torna o seu uso inadequado para alguns agricultores familiares. A largura de distribuição é outro fator negativo na utilização para canteiros, pois está fixada em 1,70m, o que não permitiria seu uso para o tabaco e a maioria da oleráceas.



Figura 9. Esparramador de esterco M-515.
Fonte: Minami, 2014.

Um exemplo de máquina que somente desempenha a função de aplicação de esterco de gado e cama de aviário em pastagens é o distribuidor de composto orgânico vibratório (Figura 10), que possui uma esteira transportadora, com 0,80m de largura, permitindo a liberação gradativa do produto, contudo esta máquina não

se adequa aos agricultores familiares, pois possui massa de 1.250kg necessitando que o trator tenha entre 51 e 62kW de potência no motor para tracioná-lo.



Figura 10. Distribuidor de composto orgânico vibratório DCO/v 5500.
Fonte: Marchesan, 2013.

Na Figura 11, é apresentado um aleirador que possui duas aivecas com a função de conformar o canteiro e distribuir fertilizante orgânico, tracionado por um trator através do engate de três pontos. No entanto, esta máquina apresenta massa de 244kg (vazia) e a capacidade do reservatório de 100kg, é acoplada pelo sistema de engate de três pontos, o que a torna inviável para alguns agricultores familiares, pois estes possuem tratores com capacidade de levante de até 350kg, exigindo vários abastecimentos do reservatório.



Figura 11. Aleirador aiveca 1500 com distribuidor de fertilizante.
Fonte: Budny, 2013.

Na Figura 12, é apresentado o arado de aiveca Ehler, o qual possui as funções de conformar canteiros no cultivo do tabaco e distribuir fertilizante mineral.

Indicado para o plantio direto, capina e descompactação de solo. Apresenta um reservatório com capacidade de 45kg, necessita de 36,77kW de potência no motor. O sistema para fertilização é opcional, o fertilizante é aplicado por gravidade, o reservatório possui uma fechadura para regular a quantidade a ser liberada, a qual é acionada por meio de um mecanismo de roldana e corda.



Figura 12. Arado encanteirador com aiveca Ehlert.
Fonte: Ehlert, 2015.

Um exemplo de máquina que desempenha somente a função de conformar canteiros, pode ser observado na Figura 13. Esta apresenta dois discos laterais para realizar a regulagem da largura dos canteiros, um sistema de nivelamento do canteiro. O acoplamento ao trator é realizado pelo sistema de engate de três pontos e a transmissão de energia é realizada pela tomada de potência do trator.



Figura 13. Máquina para fazer canteiros – Mixer 120.
Fonte: Sathya maquinarias, 2015.

O fertilizador para canteiro apresentado na Figura 14, tem a finalidade de aplicar fertilizante mineral em duas linhas, na cobertura do solo, com vazões pequenas. O reservatório tem capacidade de 525l, o implemento possui massa de 124kg. Acoplável ao sistema de engate de três pontos e acionado pela tomada de potência do trator, a aplicação do fertilizante é acionada por cabos à distância, permite interromper a distribuição sem desligar a tomada de potência.



Figura 14. Fertilizador para canteiro.
Fonte: Minami, 2015.

O distribuidor de fertilizante orgânico sólido Easy Spread 1212 apresentado na Figura 15, tem a finalidade de aplicar cama de aviário, restos vegetais e esterco animais. Possui as seguintes características: 726kg de massa, 3,3m³ de capacidade máxima de carga no reservatório, comprimento 4,42m e largura 1,83m. Apresenta altura de carregamento de 1,13m facilitando o abastecimento.



Figura 15. Distribuidor de fertilizante orgânico sólido.
Fonte: KUHN, 2015.

Um exemplo de máquina capaz de distribuir calcário, fertilizantes químicos ou orgânicos e sementes de pastagens é a distribuidora de fertilizantes Líder TTD (Figura 16). Apresenta massa 1.584kg, reservatório com capacidade de 3,4m³, necessita de um trator com 47,81kW de potência no motor. O sistema de acionamento é efetuado através da TDP do trator, que movimenta o sistema de dosagem e o sistema de acionamento do discos de lanço do implemento, permitindo várias regulagens de dosagem dos fertilizantes.



Figura 16. Distribuidor de fertilizantes mineral e orgânico.
Fonte: JUMIL, 2015.

No que se refere a distribuidor de fertilizante mineral em diversas granulometrias, existe no mercado o dosador FertiSystem (Figura 17), o qual também é acoplável às semeadoras para os cultivos de soja, milho, arroz, trigo, algodão e outros. O fertilizante é acionado pelo impulsionador (sem-fim) e conduzido até uma câmara de represamento, até que o mesmo transborde em quantidades volumétricas uniformes e homogêneas, do regulador para o bocal de descarga e deste até o solo. Quanto a sua manutenção, permite realizar a troca do sem-fim de forma manual, através de engates rápidos, sem o uso de ferramentas.

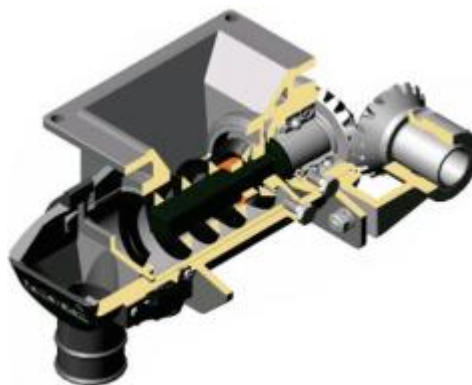


Figura 17. Dosador FertiSystem.
Fonte: AGROMAC, 2003.

3.6. Metodologias de projeto de máquinas agrícolas

O Modelo de Fases é uma metodologia utilizada para o projeto de produtos, utilizados por Forcellini (2003), Pahl et al. (2005) e Rozenfeld, et al. (2006) e Back et al. (2008). A mesma divide-se em fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Ao término de cada fase obtêm-se, como resultados, as especificações do projeto, a concepção do produto, o leiaute definitivo e a documentação do produto. De acordo com Rozenfeld, et al. (2006), nas fases iniciais do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) são definidas como as principais soluções construtivas e especificações dos produtos projetados. Forcellini (2003), afirma que com apenas os projetos informacional e conceitual concluídos, tem-se 80% do custo do produto comprometido. Portanto, as decisões tomadas na fase de projeto do produto implicam no êxito ou fracasso do produto final.

Na Figura 18 é apresentada a sequência de fases da metodologia utilizada. Esta metodologia vem sendo testada e utilizada por vários projetistas, tendo se mostrando muito eficiente no desenvolvimento de sistemas mecanizados voltados às necessidades de propriedades rurais (REIS, 2003; TEIXEIRA, 2008; OLDONI, 2012; STEFANELLO, 2014 e SPAGNOLO, 2014).

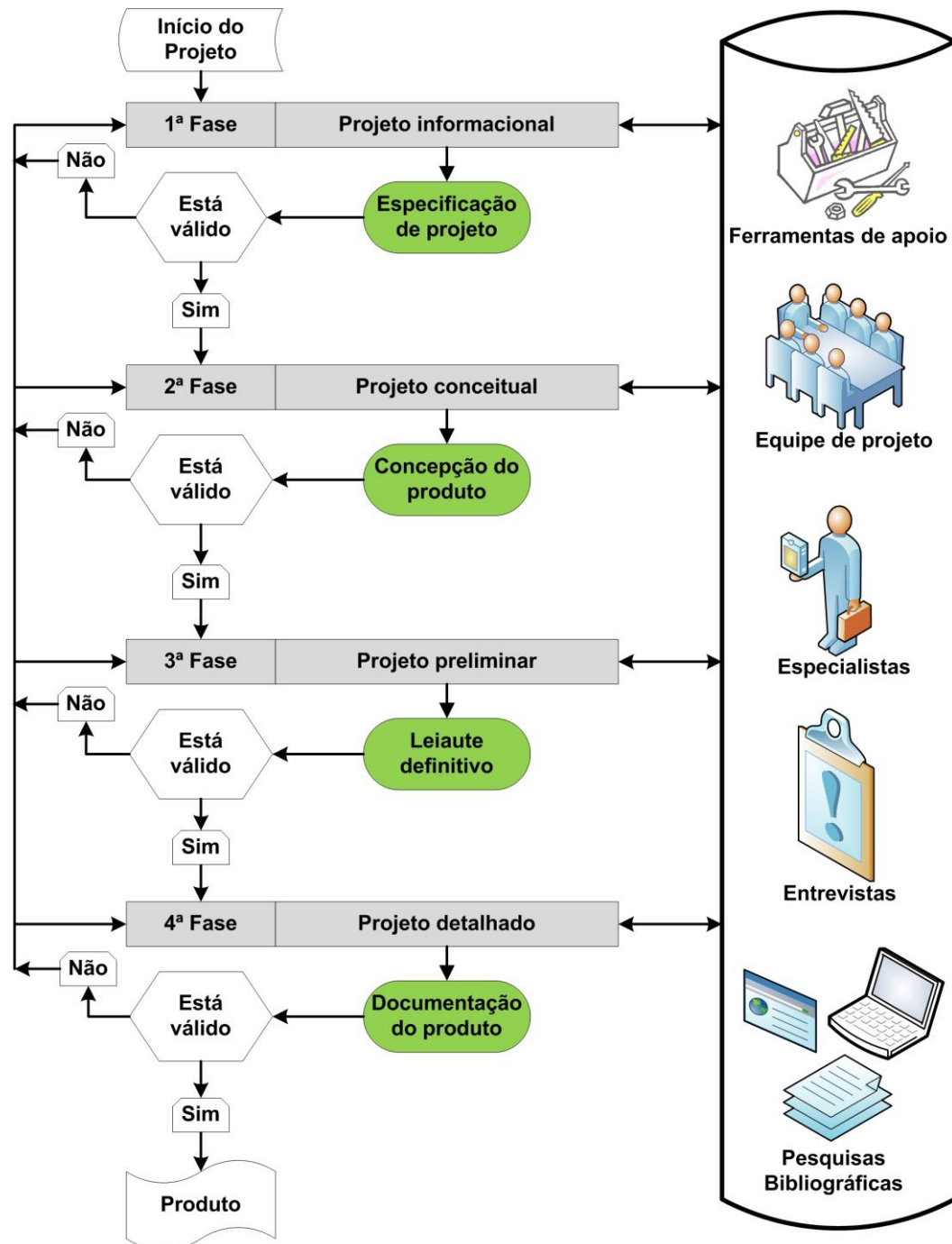


Figura 18. Modelo do processo de projeto.
Fonte: Adaptado de Forcellini, 2003.

3.6.1. Fase do projeto Informacional

Dentro da metodologia do Modelo de Fases, a fase de projeto informacional prevê inicialmente a criação de uma equipe de projeto multidisciplinar, pois de acordo com Rozenfeld et al. (2006) e Forcellini (2003), a experiência da equipe de projeto tem forte influência sobre o projeto. Esta equipe de projeto tem como

finalidade auxiliar a tomada das decisões que se apresentarem durante o andamento das atividades.

Conforme Pahl et al. (2005), a etapa inicial do projeto informacional constitui-se do levantamento das informações sobre o problema que originou a necessidade de um novo produto. A obtenção destes dados realiza-se por meio de pesquisa bibliográfica e análise de máquinas e produtos com funções similares ao tema do estudo, estas informações também podem ser complementadas por entrevistas realizadas junto aos clientes do produto, proporcionando maior conhecimento das necessidades dos clientes. As etapas do projeto informacional são apresentadas no fluxograma da Figura 19.

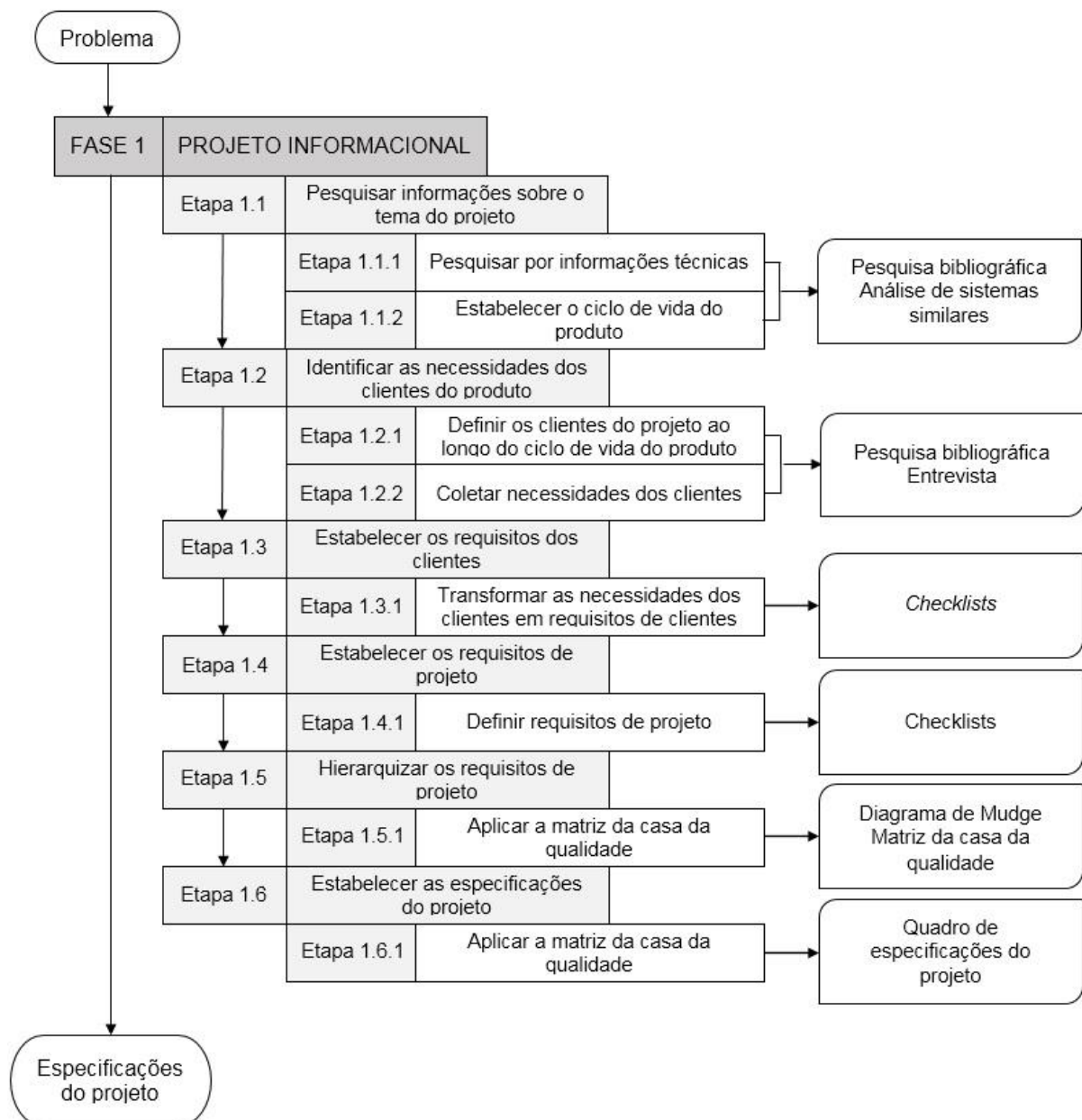


Figura 19. Fases do projeto informacional,
Fonte: Adaptado de Reis, 2003.

A etapa inicial do projeto informacional visa a pesquisa por informações sobre o tema do projeto, sendo dividida em duas tarefas, a primeira que seria pesquisar informações técnicas e a segunda estabelecer o ciclo de vida do produto. Segundo Back et al. (2008), projetos de inovação como este, devem apresentar as informações dos usuários que atuaram em todas as fases de desenvolvimento. De acordo com Pahl et al. (2005), para a tarefa de pesquisar informações técnicas, faz-se coletas de informações no mercado por máquinas com funções similares, em

bibliografias sobre o tema e em patentes estudadas, as mesmas são apresentadas em sua totalidade no Apêndice B.

Após a definição do problema, o próximo passo vem a ser o estabelecimento do ciclo de vida do produto, a Figura 20 indica o modelo em espiral proposto por Rozenfeld et al. (2006), que tem o objetivo de identificar os estágios pelos quais o produto passa, desde a sua identificação como necessidade até a sua desativação total. Segundo Forcellini (2003), os clientes podem ser classificados como: externos, intermediários ou internos. Os clientes externos são pessoas ou organizações que irão consumir o produto. As necessidades desses clientes devem ser tratados com a prioridade para que o resultado do projeto tenha maior chances de se tornar um produto de sucesso. Os clientes intermediários correspondem àqueles responsáveis pela distribuição, vendas e marketing do produto, o atendimento das necessidades dos clientes intermediários é determinante para que estes possam vender para os clientes externos. Por clientes internos entende-se como sendo os fabricantes e pessoal envolvido no projeto e na produção dos produtos.

É importante ressaltar que cada produto possui seu próprio ciclo de vida, e que, com as informações coletadas na tarefa de pesquisar informações técnicas, define-se o ciclo de vida do produto. Além disto, o ciclo de vida do produto depende de vários fatores, como por exemplo, tipo de produto a ser projetado, tipo de projeto a ser executado, escala de produção, características de funcionamento, características de uso e manuseio, serviços de manutenção e filosofia de desativação (ROZENFELD et al., 2006).

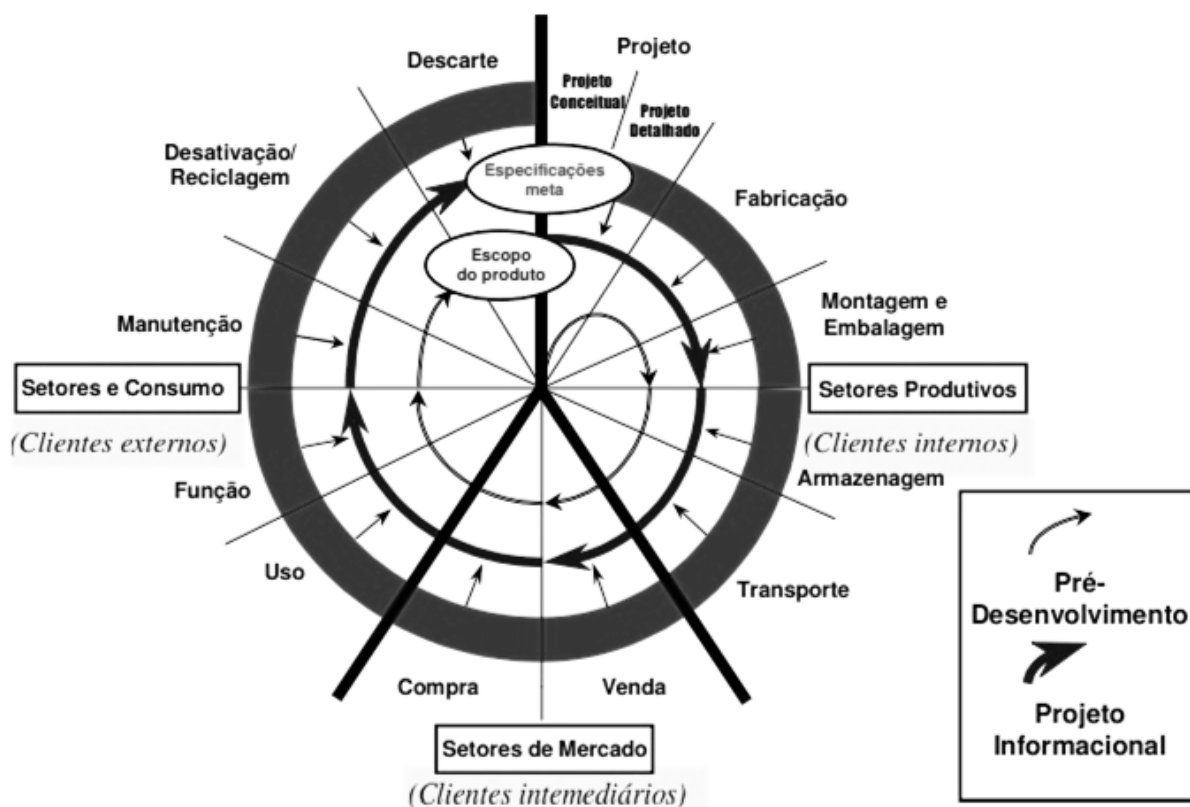


Figura 20. Modelo do ciclo de vida em espiral.
Fonte: Rozenfeld, 2006.

A segunda etapa do projeto informacional é a identificação das necessidades dos clientes do produto, a qual se divide em duas tarefas, primeiramente definir os 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. Posteriormente, na segunda etapa, coleta-se as necessidades dos clientes, que segundo Reis (2003), pode ser realizada com auxílio da bibliografia, análise de sistemas similares e entrevista aos clientes.

A terceira etapa estabelecer os requisitos dos clientes, visa transformar as necessidades dos clientes, que são as entrevistas e dados publicados de uso comum, em requisitos dos clientes, esta possui a finalidade de traduzir as necessidades dos clientes em linguagem de projeto, ou seja, em requisitos dos clientes, os quais podem ser relacionados com confiabilidade, ciclo de vida, fatores humanos, recursos, manufatura, etc.... (ROZENFELD et al., 2006).

Para a conversão das necessidades dos clientes em requisito dos clientes, deve-se descrever cada uma das necessidades com uma frase curta composta

pelos verbos ser, ter e estar, seguidas de um ou mais substantivos. No entanto, se esta frase for composta por apenas um verbo qualquer e mais um substantivo, provavelmente este requisito é uma função que o produto deve desempenhar (FONSECA, 2000).

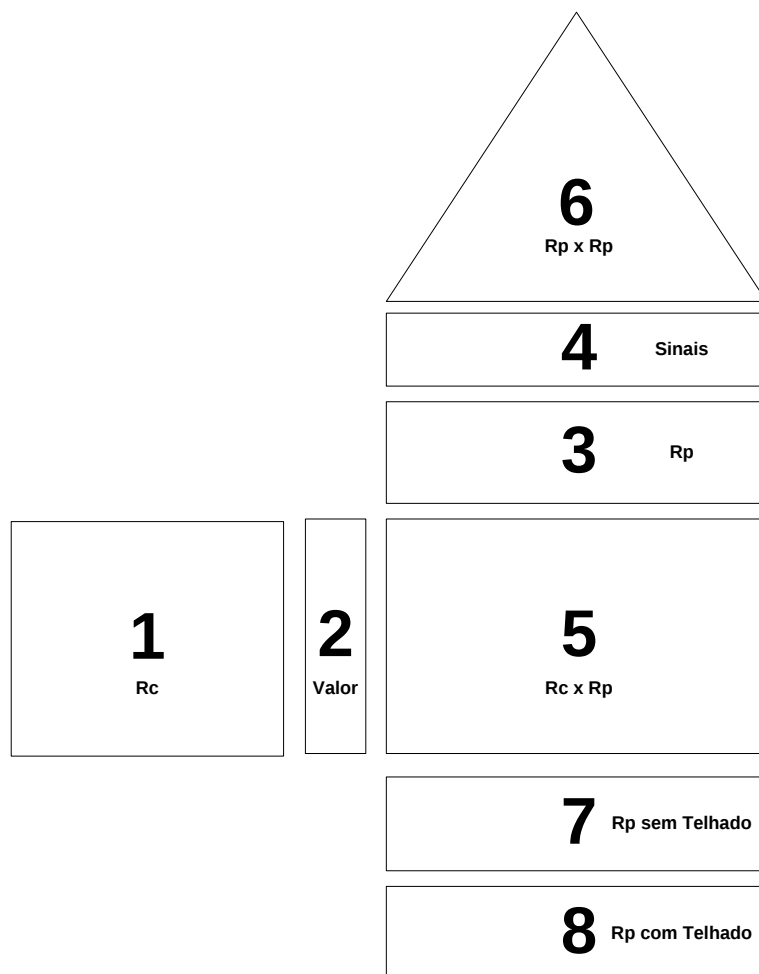
É importante nesta tarefa, que a equipe de projeto consiga descobrir o que realmente os clientes esperam do produto, ou seja, as necessidades que não são mencionadas pelos clientes, caso estes requisitos não estiverem implementados no produto final, os clientes intermediários e os externos ficarão insatisfeitos, o principal objetivo de determinar as necessidades dos clientes quanto ao produto, é descobrir o que realmente agrada e surpreende favoravelmente os clientes, pois geram benefícios não esperados pelos clientes, o que vem a confirmar a existência de necessidades que o cliente não conhece, ou não expressou na entrevista (ROZENFELD et al., 2006).

A quarta etapa do projeto informacional é estabelecer os requisitos do projeto. Nesta são definidos os requisitos do projeto, com a finalidade de converter os requisitos dos clientes em expressões mensuráveis, pois conforme Rozenfeld et al. (2006), geralmente as necessidades são informações que tendem a expressar os desejos dos clientes, normalmente de uma forma quantitativa, esta é a primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado. O mesmo autor afirma, que para a obtenção desses requisitos pode-se utilizar técnicas como, *brainstorming*, *checklist* e informações de projetos anteriores.

Fonseca (2000) propõe a classificação dos atributos em gerais e específicos, conforme é apresentado na Figura 21.

qualidade ou primeira matriz do QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que permite relacionar os requisitos dos usuários (clientes) ponderados com a aplicação da ferramenta diagrama de Mudge com os de projeto, hierarquizando-os, assim, transformam-se em requisitos de qualidade, ou seja, requisitos que visam qualificar o projeto. Para cada uma dessas características é atribuído um valor meta, a forma de sua avaliação e condições indesejáveis (FONSECA, 2000; REIS, 2003; BACK, et al., 2008).

A forma de relacionar os requisitos de usuários (clientes) versus requisitos de projeto (campo 5) pode ser compreendida através da Figura 22 que contém 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 22. Esquema de construção da matriz da casa de qualidade.

Fonte: Oldoni, 2012.

Na sexta etapa do projeto informacional são estabelecidas as especificações do projeto fazendo-se ao mesmo tempo a aplicação do quadro de especificações de projeto, que consiste em associar requisitos obtidos pela hierarquia final da casa da qualidade às respectivas unidades físicas ou econômicas, bem como, o parâmetro alvo que se pretende atingir e forma de avaliação deste requisito. Outro fator que a ser considerado na elaboração do quadro de especificações de projeto são os

aspectos indesejados que podem acontecer para que a meta estipulada ao requisito do projeto seja alcançada (PAHL et al., 2005).

No quadro de especificações do projeto, os requisitos do projeto classificados em ordem de importância, devem ser associados a três informações (FONSECA, 2000):

- a) o parâmetro alvo a ser atingido pelo requisito no projeto, expresso quantitativamente;
- b) a forma de avaliação do parâmetro alvo, estabelecido a fim de verificar o seu cumprimento;
- c) os aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

3.6.2. Fase do projeto Conceitual

No projeto conceitual verifica-se o escopo do problema (análise, especificações e identificação de restrições). Neste são estabelecidas as estruturas funcionais viáveis para o atendimento dos requisitos de projeto, realizando-se pesquisas por princípios de solução e seleção das combinações mais promissoras, a fim de se escolher a mais adequada para o atendimento das necessidades dos agricultores em relação a máquina a ser projetada, cuja combinação deve permitir a realização das tarefas propostas.

Segundo Back et al. (2008), com as decisões tomadas nos projetos informacional e no conceitual, começa-se a definir o leiaute do produto, sendo assim, Forcellini (2003), considera o projeto conceitual uma das fases mais importantes no desenvolvimento de um projeto, pois as decisões tomadas nesta fase afetam diretamente as fases posteriores.

Pahl et al. (2005), propuseram dividir-se o projeto conceitual em um conjunto de etapas, constituídas de tarefas que visam garantir a obtenção da concepção que melhor se adeque as necessidades dos clientes. Estas etapas e suas tarefas são ilustradas na Figura 23.

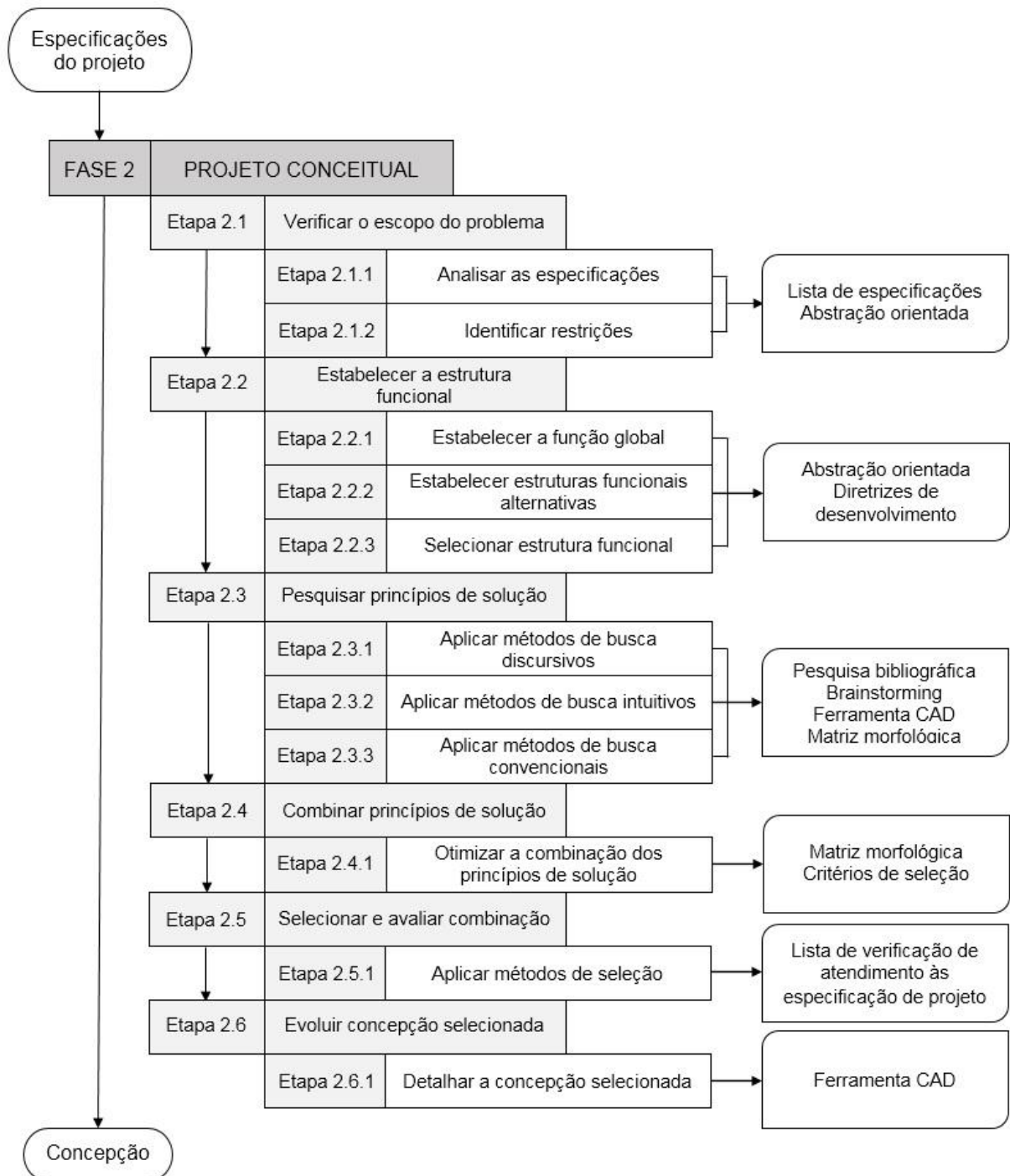


Figura 23. Fases do projeto conceitual.
Fonte: Adaptado de REIS, 2003.

A primeira etapa do projeto conceitual é verificar o escopo do problema, estando dividida em duas tarefas; analisar as especificações e identificar restrições. Ao finalizar o projeto informacional, obtém-se as especificações do projeto, de posse das mesmas inicia-se a tarefa de analisar as especificações, onde se deve diminuir

a tolerância das metas especificadas, recalculando parâmetros atribuídos para cada requisito de projeto.

A segunda tarefa visa a identificação das restrições. É nesta etapa que o produto é descrito de uma forma abstrata, independente de princípios físicos. Assim, evita-se que experiências e preconceitos formem uma barreira contra novas soluções, ou, em outras palavras, que o foco seja mantido na essência do problema e não na solução imediata (ROZENFELD et al., 2006). Na abstração, dispensa-se do individual e do casual e busca-se conhecer o geral e o principal (PAHL et al., 2005).

A segunda etapa do projeto conceitual visa estabelecer a estrutura funcional. Na qual se realiza a formulação do problema 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 esta encontram-se associadas três tarefas, sendo a primeira estabelecer a 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 (ROZENFELD et al., 2006).

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 a utilização de um diagrama de bloco, expressar as relações entre as entradas e as saídas do sistema independente de uma solução (PAHL et al., 2005).

Após a determinação da função global, esta deve ser desdobrada em várias estruturas de funções do produto chamadas de funções parciais, as quais apresentam maior grau de detalhamento com relação à função global, até que uma seja selecionada.

A segunda tarefa é estabelecer estruturas funcionais alternativas. De acordo com Back et al. (2008) as seguintes diretrizes devem ser seguidas para elaboração desta tarefa:

1. Decompor a função global em uma estrutura com subfunções, ou funções parciais, identificadas nas especificações de projeto ou nas interfaces. Limitar a uma frase composta por um verbo e um substantivo e escritas em blocos que representam as funções.

2. Se uma função parcial não permitir a identificação de um princípio de solução da função, esta deve ser decomposta até o nível de funções elementares.

3. As entradas e saídas de cada bloco devem ser identificadas. Neste estágio deve-se indicar cada seta de união das funções o tipo de energia, material ou sinal.

4. Deve-se expor qual é o fluxo principal (energia, material, sinal ou tempo) e manter as funções relacionadas a este.

5. Deve-se verificar em cada nível de desdobramento se existem princípios de soluções já utilizados em outros sistemas que podem ser adaptados ou empregados para uma dada função parcial.

6. Depois de obter diversas estruturas funcionais alternativas, deve-se comparar cada uma delas 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 desta, por meio do estabelecimento de estruturas funcionais alternativas. As seguintes recomendações são sugeridas 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) e 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.

A terceira tarefa é selecionar estrutura funcional. A concepção obtida é uma descrição aproximada das tecnologias, princípios de funcionamento e formas de um produto, geralmente expressa por meio de um esquema ou modelo tridimensional (ROZENFELD et al., 2006).

Pahl et al. (2005) recomendam que somente permaneça para o desenvolvimento de soluções as estruturas funcionais que:

1. Sejam compatíveis com a tarefa global e/ou entre si e satisfaçam as necessidades da lista de requisitos;

2. Possibilitem pressentir uma possibilidade de realização com relação ao nível de trabalho, tamanho, arranjo necessário, além de outros itens e permitam antecipar um custo aceitável.

A terceira etapa do projeto conceitual é pesquisar por princípios de solução, neste ponto inicia-se a passagem do abstrato ao concreto, ou seja, da função à forma. A cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida na etapa

anterior podem ser atribuídos um ou mais princípios de solução (ROZENFELD et al., 2006).

Para desenvolver princípios de solução para as funções pode-se fazer uso de diversos métodos, divididos, por questões didáticas, em convencionais, intuitivos e discursivos (ROZENFELD et al., 2006). Os principais métodos são listados na Figura 24.

Classificação	Métodos
Convencionais	Pesquisa bibliográfica; análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; analogias; medições e testes em modelos.
Intuitivos	<i>Brainstorming</i> ; analogia direta.
Discursivos	Estudo sistemático de sistemas técnicos; estudo sistemático com o uso de esquemas de classificação; método da matriz morfológica.

Figura 24. Quadro de métodos utilizados na busca por princípios de solução.

Fonte: Adaptado de REIS, 2003.

A quarta etapa do projeto conceitual é combinar princípios de solução, nesta etapa a tarefa vem a ser otimizar a combinação dos princípios de solução. Após a geração dos princípios de solução estes devem ser combinados. Desta forma, pode-se gerar um grande número de ajustes, entretanto, existem restrições em razão a compatibilidade física e geométrica entre os princípios de solução e o próprio compartilhamento de funções, com essa técnica, o número de combinações é reduzido, pois as células com princípios de solução pouco adequados não são consideradas (ROZENFELD et al., 2006).

A quinta etapa do projeto conceitual é selecionar e avaliar a concepção gerada, a tarefa a ela associada é a de aplicar métodos de seleção. A combinação dos princípios de solução gera diferentes soluções promissoras, as quais necessitam ser avaliadas para que seja selecionada a opção mais adequada e minimizar o risco de eliminar uma solução promissora (REIS, 2003). A fim de minimizar o risco de eliminar uma solução próspera, pois nesta etapa as informações técnicas ainda são limitadas abstratas. Portanto, devem-se aplicar métodos ou procedimentos de seleção sistemáticos, que se adaptem à pequena quantidade de informações disponíveis e que auxiliem na decisão quanto à seleção da melhor

concepção, tais como, valoração, comparação e tomada de decisão (ROZENFELD et al., 2006).

A matriz de avaliação é um método bastante eficiente para comparação de conceitos de acordo com Forcellini (2003), a qual permite comparar cada uma das concepções, relacionando o atendimento aos principais requisitos de clientes. A critério da equipe de projeto se toma uma das concepções como referência, e esta deve ser comparada com demais concepções quanto ao atendimento dos requisitos de clientes, atribuindo-se valores. O somatório da pontuação deve ser multiplicado pelos valores de referência encontrados no campo 2 da Figura 22, a concepção que obtiver maior pontuação ao final da matriz de avaliação será a selecionada para posterior evolução.

A sexta etapa do projeto conceitual é evoluir concepção selecionada, detalhando-se a mesma. Nesta atividade busca-se melhorar o nível de detalhamento da concepção escolhida para possibilitar a continuidade do projeto (REIS, 2003).

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada pela equipe de projeto encontra-se fundamentada no Modelo de Fases, empregado com êxito no projeto de máquinas agrícolas pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina (NeDIP - UFSC), sendo que foram realizadas as duas primeiras fases que correspondem ao projeto informacional e o projeto conceitual. Sendo que houve adaptações a metodologia de acordo com as necessidades que surgiram durante seu desenvolvimento.

Para a execução das fases de projeto montou-se uma equipe composta por docentes e discentes do NIMEq – UFPel, seus membros foram selecionados por estarem habituados com esta metodologia e possuírem experiência na área de máquinas agrícolas, tecnologia mecânica, engenharia, agronomia além da vivência com a agricultura familiar, todas características de extrema importância para as discussões.

4.1. Projeto Informacional

Nesta primeira etapa definiu-se as necessidades dos clientes do produto, através de entrevistas, as quais buscaram a obtenção de informações sobre os problemas e necessidades dos clientes em relação a encanteirar e fertilizar o solo, no sentido de balizar o conhecimento sobre as necessidades da máquina para a execução das tarefas, possibilitando posteriormente a elaboração dos requisitos de projeto da mesma.

Inicialmente fez-se uma revisão bibliográfica, onde se buscou informações sobre formas de fertilizar e encanteirar oleráceas e tabaco, analisando-se os processos e os equipamentos envolvidos. Desta forma identificou-se que existe deficiência de maquinário, destinados a agricultores de base familiar, para realizar as duas funções em conjunto, sendo que também foi constatado que estes agricultores realizam a fertilização manualmente.

Para o desenvolvimento de um produto voltado a agricultores familiares, deve-se identificar todas as fases envolvidas no ciclo de vida do produto.

Identificando-se os processos abrangidos nas mesmas, possibilitando assim a determinação dos clientes do produto (FONSECA, 2000).

A identificação das necessidades dos clientes do projeto foram divididos em internos, intermediários e externos e inseridos dentro das fases do ciclo de vida a que competem, conforme utilizado por Oldoni (2012).

Com a identificação dos clientes ao longo das fases do ciclo de vida do produto, verificou-se a necessidade de coletar informações junto aos clientes externos, sobre o sistema de cultivo e maquinário envolvido nas tarefas. Para identificação das necessidades dos clientes externos foram realizadas entrevistas (Apêndice A) junto aos agricultores de base familiar. O número da amostra representativa da população a entrevistar foi estimado através da equação 1, Gil (2008), a qual é utilizada na área da pesquisa social, em grupos que apresentam características similares.

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N-1) + \sigma^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

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

q = porcentagem complementar (100-p);

N = tamanho da população;

e² = erro máximo permitido;

σ² = nível de confiança escolhido, expresso em número de desvios-padrão.

Após a identificação das necessidades dos clientes, foi realizado o processo de transformação dessas necessidades, que são as entrevistas e dados publicados de uso comum, em requisitos dos clientes, esta possui a finalidade de traduzir as necessidades dos clientes em linguagem de projeto, que é uma linguagem mais compacta e adequada ao entendimento geral da equipe de projeto. (FONSECA, 2000).

A fim de estabelecer os requisitos do projeto, os requisitos dos clientes foram confrontados com a classificação abrangente dos atributos do produto com a

finalidade de converter os requisitos dos clientes em expressões mensuráveis (FONSECA, 2000).

Com o intuito de hierarquizar os requisitos do projeto, utilizou-se a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade), empregando-se para isso o software WinQFD, desenvolvido por pesquisadores do NeDIP/UFSC, sendo que para a utilização do QFD, se fez necessário inicialmente a valoração dos requisitos dos clientes pela aplicação da ferramenta diagrama de Mudge.

Após a aplicação do QFD, obtiveram-se duas listas de hierarquização dos requisitos de projeto, uma sem relacionar os requisitos do projeto, ou seja, uma hierarquização sem considerar o telhado e outra hierarquização considerando telhado, sendo que a equipe de projeto foi responsável por decidir qual hierarquização deverá ser adotada. Para obtenção das especificações de projeto, aplicou-se o quadro de especificações de projeto, que consiste em atribuir grandezas físicas e econômicas aos requisitos de projeto, fez-se necessário a definição do valor meta, que vem a ser um valor alvo que pode estar contido no problema de projeto ou definido pela equipe de projeto, com relação a sua forma de avaliação e aspectos indesejados que podem acontecer para que a meta estipulada ao requisito do projeto seja alcançada, quando da implementação do requisito no projeto.

4.2. Projeto Conceitual

Inicialmente buscou-se identificar o escopo do problema, seguindo as recomendações de Pahl et al. (2005), omitindo-se as preferências pessoais e requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais, desta forma o problema foi generalizado e formulado sem a inclusão de soluções.

Após a identificação do escopo do problema foi estabelecida a estrutura funcional. Inicialmente determinou-se a função global do sistema técnico sob uma forma condensada e abstrata. A função global foi formada baseando-se no fluxo de material, energia e sinal com relação ao meio onde a máquina irá realizar suas operações. Devido à complexidade da função global, realizou-se o desdobramento desta em quatro funções parciais em forma de diagrama de blocos, para facilitar o

entendimento da equipe, conforme proposto por Back et al. (2008). De acordo com a modelo de fases, após a geração das funções parciais, seria necessária a seleção da alternativa mais adequada. No entanto, a equipe de projeto optou por criar uma concepção para cada estrutura funcional gerada, esta adaptação foi utilizada por Spagnolo (2014).

A pesquisa por princípios de solução foi realizada utilizando-se os métodos de: pesquisa bibliográfica, da análise de patentes de máquinas existentes no mercado, *brainstorming* e método da matriz morfológica. As pesquisas bibliográficas e por patentes foram realizadas durante todo o período de desenvolvimento do projeto, para a realização do *brainstorming*, a equipe de projeto reuniu-se para apresentar suas ideias, sendo que as soluções mais promissoras apresentadas por cada um dos participantes, foram anotadas, desenhadas e adicionadas na matriz morfológica, a qual apresenta uma solução em cada uma de suas linhas, diferentes princípios de solução para uma função ou subfunção. Os princípios de solução foram combinados a fim de, gerar concepções que atendessem as especificações e restrições do projeto.

Para a seleção da concepção mais promissora, a equipe de projeto utilizou a técnica de julgamento da viabilidade que emprega experiência da equipe de projeto e o método da Matriz de decisão ou Método de *Pugh*, apresentado por Rozenfeld et al. (2006), inicialmente, define-se uma concepção como referência para o seu preenchimento, atribuindo o valor zero para cada requisito de cliente analisado. As demais concepções foram 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 ao atendimento dos requisitos de clientes serão posteriormente multiplicados pela valoração dos requisitos dos clientes, desta maneira a concepção mais promissora do maquinário será aquela que proporciona mais respostas positivas, obtendo maior pontuação que o restante.

Na última etapa foi empregou-se a adaptação utilizada por Spagnolo (2014), ou seja, a concepção selecionada foi aprimorada, acrescentados os princípios de solução considerados promissores das concepções descartadas na etapa anterior e outros princípios de máquinas encontradas em patentes e no mercado, levando-se em consideração as observações realizadas pelos membros da equipe. Ao final tem-se a concepção definitiva do produto com representação geométrica dos mecanismos e informações que tornam possível sua fabricação

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

5.1. Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Nesta fase etapa obteve-se as informações técnicas, por meio de análises de sistemas e produtos similares em bibliografias e patentes. E estabeleceu-se o ciclo de vida do produto, o qual, compreende as fases de projeto, produção, comercialização, uso e a retirada do produto.

5.2. Identificar as necessidades dos clientes do produto

Nesta etapa foram definidos os clientes do projeto e distribuídos ao longo do ciclo de vida do produto conforme a Figura 25, posteriormente, coletou-se as necessidades destes clientes.

Fases do ciclo de vida	Clientes		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto (Dimensionamento, cálculo 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)			Agricultores familiares
Retirada (Descarte, reciclagem, reutilização)			Agricultores, oficinas, revendas, desmanches

Figura 25. Quadro de identificação dos clientes ao longo das fases do ciclo de vida do produto.

Os clientes externos foram representados por agricultores familiares, produtores de oleráceas e tabaco, com propriedades localizadas na região de Bom Jesus no município de São Lourenço do Sul no Rio Grande do Sul. Esta região possui 56 produtores de tabaco ($N=56$), sendo que, a porcentagem com a qual o fenômeno se verifica foi estimado ($p=90\%$), considerou-se, portanto, a porcentagem complementar ($q=10\%$). Para um intervalo de confiança de 95%, ou seja, dois desvios padrões ($\sigma^2=4$) e erro de 10% ($e^2=100$), obteve-se a necessidade de amostragem mínima de 23 produtores para a realização das entrevistas, conforme equação 1 a seguir.

$$n = \frac{4 \times 90 \times 10 \times 56}{100 \times (56 - 1) + 4 \times 90 \times 10} = 22,15 \quad (2)$$

A primeira análise realizada diz respeito ao tamanho da unidade familiar, em hectares. De acordo com a lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, para que os agricultores se enquadrem como numa unidade familiar, um dos requisitos é que a propriedade tenha até 04 módulos fiscais, que no caso desta região seria uma área de no máximo 64ha, visto que o módulo fiscal neste local é de 16ha. Verificou-se por

meio das entrevistas que todos os agricultores enquadraram-se na categoria de unidade familiar, sendo que 39,13%, possuem áreas entre 20 e 30ha (Figura 26). Estes resultados encontrados através das entrevistas, corroboram com os dados obtidos por Cruz (2006) e Silva (2009), os quais relatam que agricultores de base familiar são detentores de pequenas propriedades.

Com relação à área da propriedade que é efetivamente utilizada para a fumicultura (Figura 27), esta se apresenta em torno de 2 a 5ha (82,61% dos entrevistados), ou seja, estes agricultores utilizam aproximadamente 14% da área total de suas propriedades para a produção da fumicultura. Nas visitas aos agricultores, pôde-se observar que a área destinada para a produção de oleráceas é cerca de 0,5ha, no entanto, os produtores não sabiam informar o tamanho exato da área, pois a produção de oleráceas não é sua principal fonte de renda, sendo destinadas ao consumo próprio e o restante é vendido ou destinado para a alimentação dos animais. Observando as áreas cultivadas e os implementos utilizados para a produção, constatou-se que os agricultores familiares entrevistados não necessitam de tratores com grande potência. Consequentemente o equipamento projetado para estes produtores deve ser compatível com tratores de baixa potência, no caso deste estudo inferior a 25kW de potência no motor.

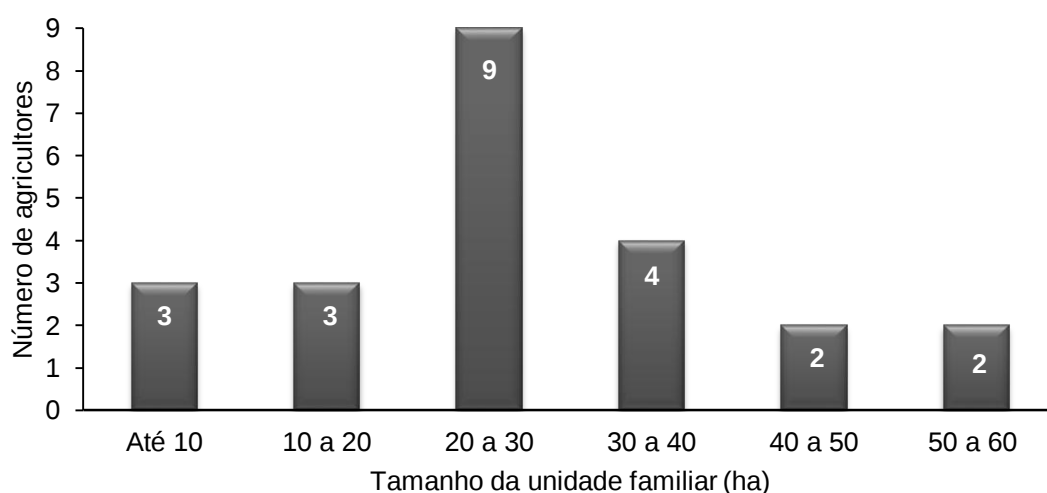


Figura 26. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, em ha.

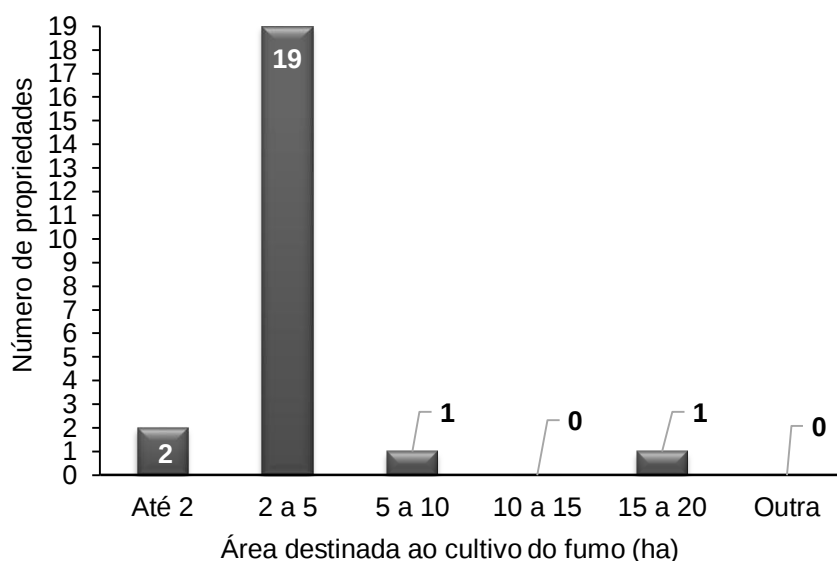


Figura 27. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a área utilizada para fumicultura, em ha.

As oleráceas cultivadas nas propriedades são: alface, batata, beterraba, cenoura, morango, repolho e tomate, estando distribuídas conforme a Figura 28. Analisando este item, verifica-se que a máquina a ser projetada deverá ser capaz de trabalhar em todas estas culturas, dado ao fato das mesmas serem semeadas ou plantadas em canteiros, desta forma, o equipamento a ser desenvolvido deve necessariamente possuir dosagem variável de fertilizante e regulação de largura e altura de canteiros para atender as diferentes culturas.

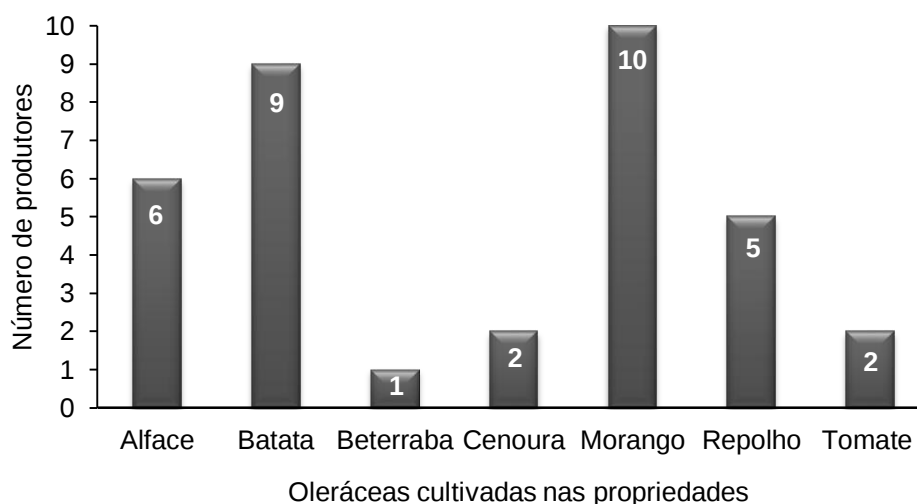


Figura 28. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com as oleráceas cultivadas nas propriedades.

A altura dos canteiros utilizados pelos produtores de tabaco, na maioria das propriedades pesquisadas, é de 0,3m (Figura 29). Já para as oleráceas, esta altura encontra-se estabelecida entre 0,1 e 0,2m (Figura 30). Portanto nas especificações do projeto a máquina deve conformar canteiros dentro dos parâmetros recomendados por, ANTONELI (2014), EMBRAPA (2012), EMBRAPA (2009), EMBRAPA (2007) EMBRAPA (2005), EMBRAPA (1989), EMBRATER (1982), EMBRAPA (1978) e EMBRATER & EMBRAPA (1977), ou seja, entre 0,1 a 0,3m de altura, bem como depositar fertilizante dentro destas variações de profundidade.

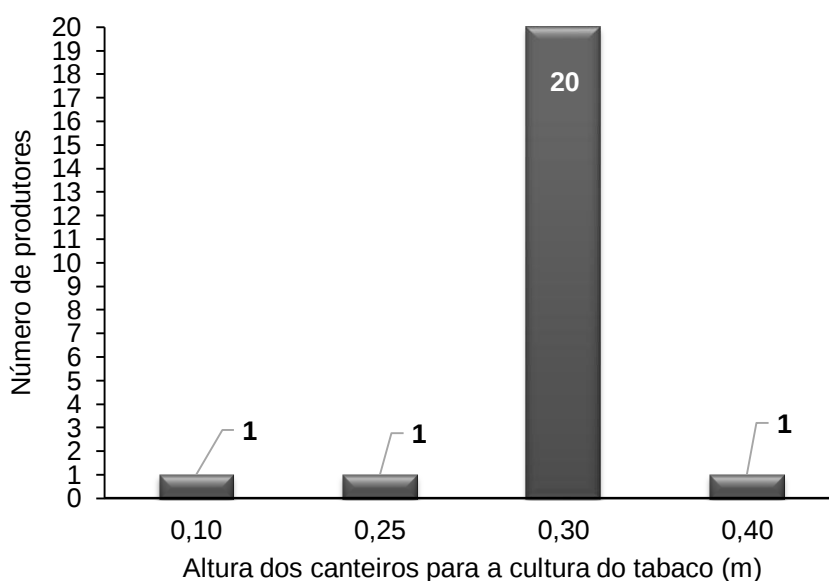


Figura 29. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a altura dos canteiros para a cultura do tabaco.

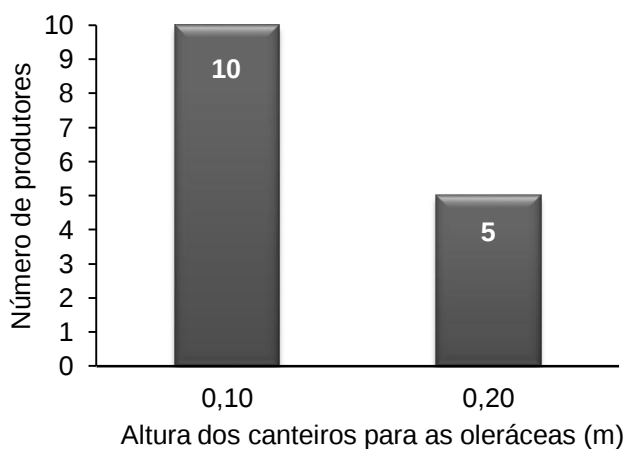


Figura 30. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a altura dos canteiros para oleráceas.

Conforme os dados obtidos a largura dos canteiros utilizados para a cultura do tabaco, verificou-se que 20 produtores, utilizam canteiros com largura de 0,5m, já para o cultivo de oleráceas os canteiros apresentam variação de largura entre 0,2 e 0,3m, com uma concentração um pouco maior para canteiros confeccionados com 0,3m de largura (Figuras 31 e 32). Portanto, a máquina deverá ser capaz de conformar canteiros com variação de largura dentro dos parâmetros recomendados por, ANTONELI (2014), EMBRAPA (2012), EMBRAPA (2009), EMBRAPA (2007) EMBRAPA (2005), EMBRAPA (1989), EMBRATER (1982), EMBRAPA (1978) e EMBRATER & EMBRAPA (1977) e os observados nas entrevistas, ou seja, entre 0,2 e 1,10m.

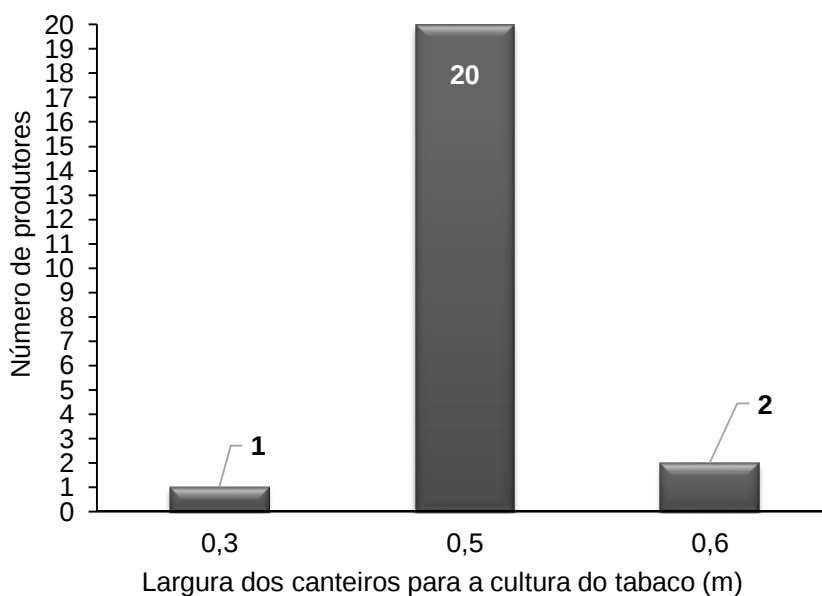


Figura 31. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a largura dos canteiros para a cultura do tabaco.

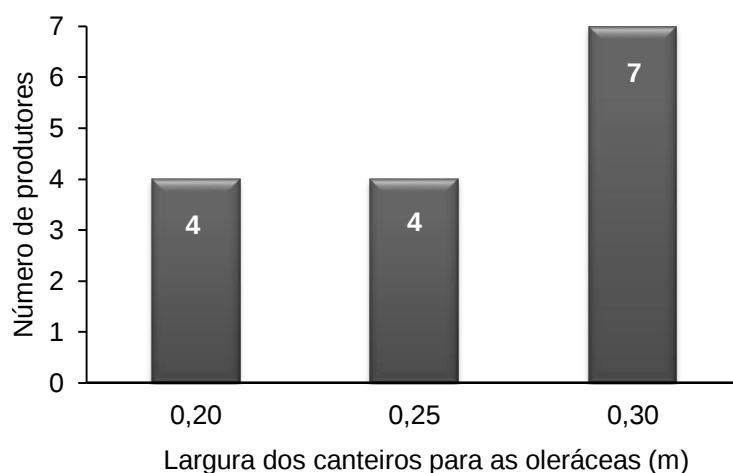


Figura 32. Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com a largura dos canteiros para oleráceas.

Quanto à forma que os agricultores aplicam o fertilizante no solo verificou-se que a maioria dos produtores, 82,61%, o distribui na superfície do solo, ou seja, realiza a fertilização a lanço, com auxílio de pás ou com as mãos, sendo poucos os que fazem a sua incorporação, no entanto, de acordo com a ANDA (2000), a incorporação do fertilizante no solo tem que ser considerada, pois em condições de limitação hídrica, a faixa mais importante de absorção de nutrientes pode estar entre 0,15 e 0,20m. Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (SBCS, 2004), a incorporação é recomendada quando os fertilizantes são destinados à correção do solo. Devido a estas afirmações, o implemento deverá possibilitar a incorporação de fertilizante no solo.

Analisou-se também a forma de tração utilizada nas atividades agrícolas dentro destas propriedades, onde observou-se que em 100% das mesmas é utilizada a tração mecânica, por meio de tratores de quatro rodas, que variam entre 36,77 e 62,52kW de potência no motor (Figura 33). A potência na TDP dos tratores utilizados por estes agricultores encontra-se concentrada entre 35 a 48kW, entretanto existe agricultores de base familiar que possuem tratores com potência na TDP inferior a 35kW. Analisando estes dados, constatou-se que os tratores dos produtores entrevistados possuem pequena capacidade de levante do sistema de engate de três pontos. Verificou-se que todos os tratores dos agricultores entrevistados se encaixam nas categorias 1 N, 1, 2 N e 2 de engate traseiro de três pontos, segundo Norma da ABNT NBR ISO 730:2011.

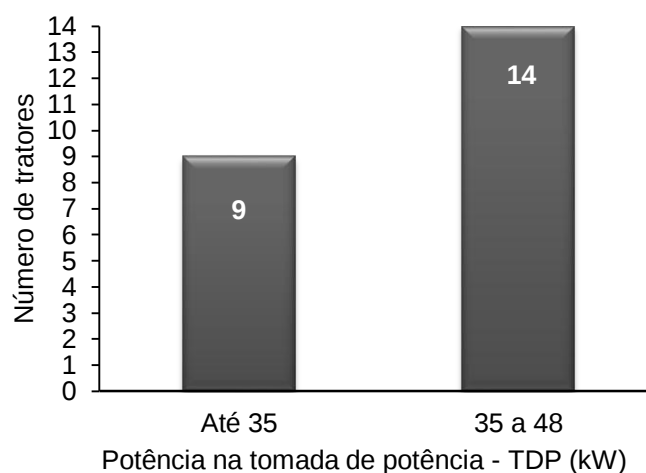


Figura 33 - Potência dos tratores utilizados pelos agricultores entrevistados.

Foi avaliado a disponibilidade de investimento dos agricultores em uma máquina que executasse as operações de conformar canteiros e distribuir fertilizante. Verificou-se que 65,22% dos agricultores estariam dispostos a pagar entre R\$1.000,00 e R\$2.000,00 por uma máquina que executasse estas funções, como pode ser observado na Figura 34. Esta é uma informação importante para o projeto, visto que o valor de revenda da mesma deverá situar-se na faixa máxima de R\$2.000,00.

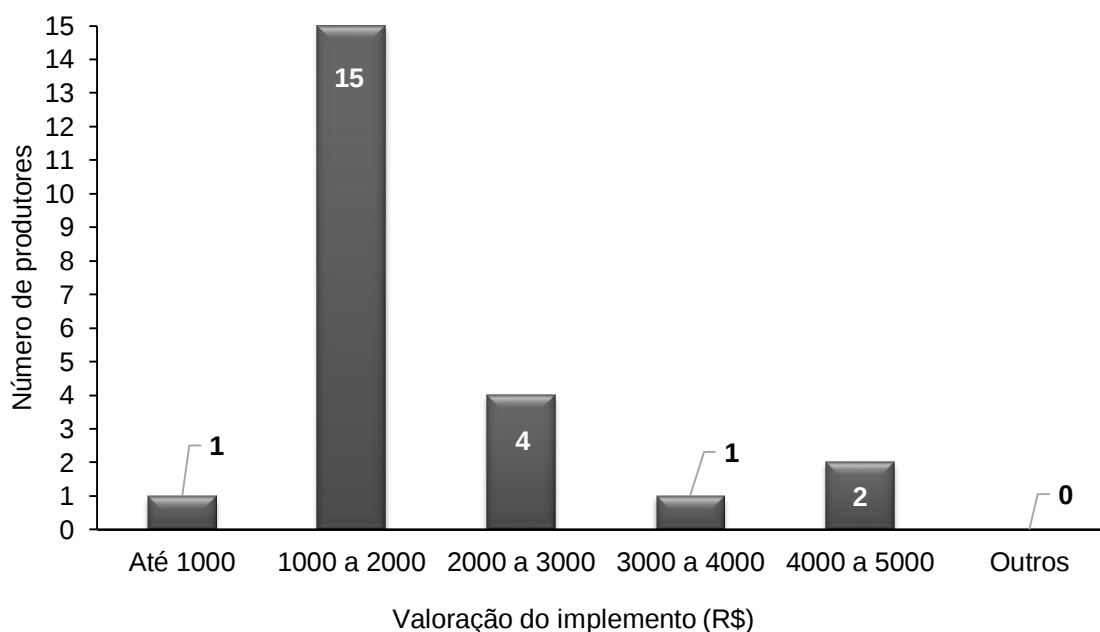


Figura 34. Valor em Reais (R\$) que os agricultores estão dispostos a pagar por uma máquina que realize as funções de encanteirar e fertilizar.

Quanto as necessidades dos clientes, propôs-se aos entrevistados a escolha de três necessidades que eles consideravam de maior importância. Foram apresentadas aos agricultores as seguintes opções; baixo custo, fácil de manobrar, fácil manutenção, segurança, facilidade em abastecer o reservatório, ergonômica, durabilidade, baixa potência de acionamento e deposição uniforme de fertilizante. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 35.

Também oportunizou-se aos agricultores acrescentar necessidades que considerassem importantes e que não estivessem listados, conforme o apêndice A, no entanto, não houve acréscimo de necessidades pelos entrevistados. Os resultados, permitiram verificar que as necessidades mais importantes para os agricultores são o **baixo custo**, esta escolha é explicada pela falta de recursos dos agricultores familiares daquela região, e a **deposição uniforme de fertilizante**, esta necessidade é uma das funções da máquina, por esta razão, explica-se a inclinação dos entrevistados a escolhê-la.

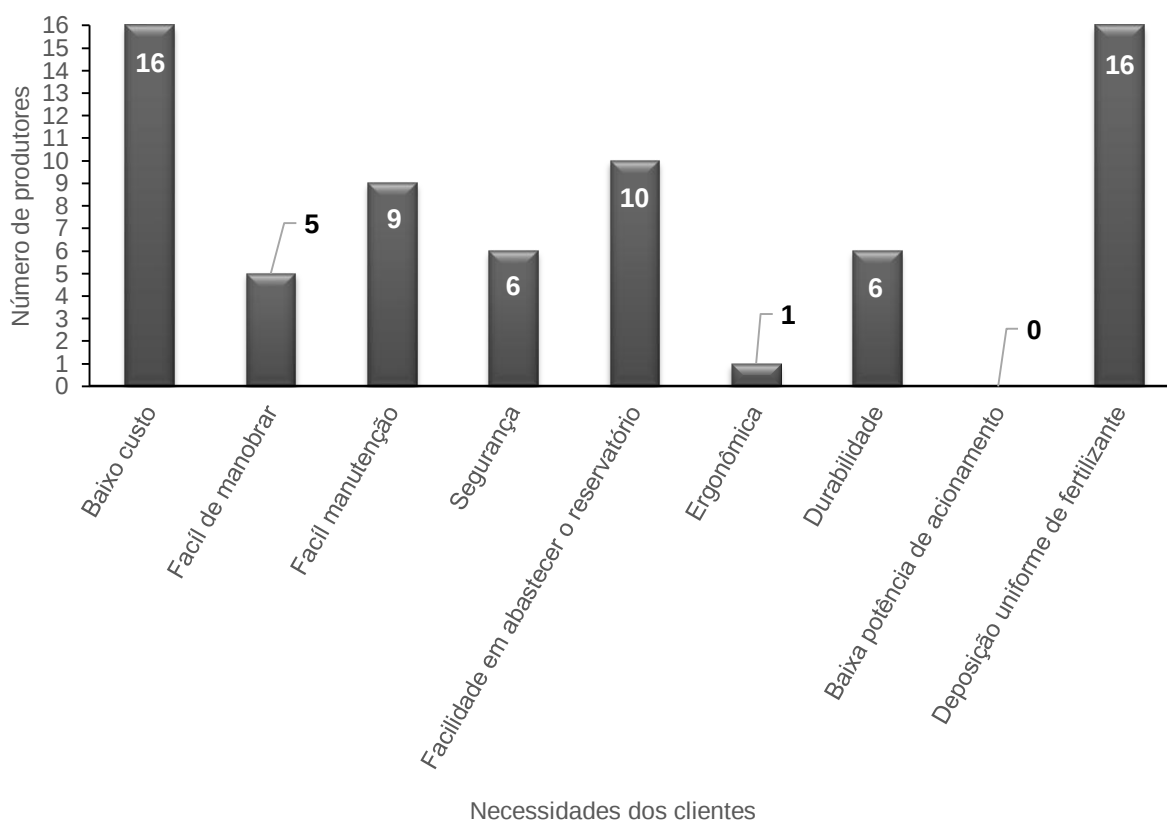


Figura 35. Necessidades dos clientes externos.

Analisando os resultados das entrevistas e informações providas de sistemas similares, foi possível descrever as necessidades dos agricultores familiares (clientes externos), e concluir que uma das necessidades dos agricultores é uma máquina que realize as funções de depositar fertilizante e conformar canteiros.

5.3. Estabelecer os requisitos dos clientes

Após identificar as necessidades dos clientes, iniciou-se a sua transformação em requisitos dos clientes, por meio da conversão das necessidades descritas em uma linguagem informal em linguagem de engenharia, mais compacta e apropriada ao entendimento da equipe de projeto. De posse dos requisitos dos clientes, estes 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 variável
		2. Ter baixa potência de acionamento
		3. Ser fácil de montar
		4. Incorporar fertilizante
		5. Ter profundidade variável de deposição do fertilizante
Comercialização		6. Ter baixo custo
Uso	Operação	7. Depositar uniformemente fertilizante
		8. Conformar canteiro
		9. Ter baixa massa
		10. Ter fácil abastecimento do reservatório
		11. Ter dosagem variável
	Regulagem	12. Ser fácil de regular
	Manutenção	13. Ter manutenção fácil
		14. Ter durabilidade
		15. Ter pouca manutenção

Figura 36. Quadro de requisitos de clientes do projeto classificados por fases do ciclo de vida do produto.

Para definir os requisitos de projeto, cada um dos requisitos de cliente foi vinculado a atributos a fim de se obter o seu melhor esclarecimento, dificultando desta forma que mais de um requisito venha a desempenhar a mesma função. Os atributos são listados a seguir:

1- **ter largura variável:** o equipamento deverá ser adequado a operação com diferentes culturas que possuem características específicas, necessitando de canteiros com diferentes larguras.

2- **ter baixa potência de acionamento:** a máquina deve ter capacidade para ser tracionada por tratores de até 25kW de potência no motor.

3- **ser fácil de montar:** deve possuir elementos ou sistemas pequenos, de fácil acoplamento, apresentar baixo peso e posição para montagem ergonômica, necessitando poucas e simples ferramentas para montagem e deve permitir a sua fixação em sistemas de engate de três pontos das categorias 1N, 1, 2N e 2 (ABNT NBR ISO 730:2011).

4- **incorporar fertilizante:** incorporar fertilizante é o requisito condicionante da máquina, fazendo parte da principal função que esta deve desempenhar.

5- **ter profundidade variável de deposição do fertilizante:** variação na profundidade de deposição do fertilizante é outro requisito importante, pois este equipamento vai trabalhar com diversas culturas as quais possuem comprimento de raízes diferentes.

6- **ter baixo custo:** a máquina deve apresentar valor de mercado compatível a situação econômica atual dos produtores de base familiar, apresentando boa relação de custo x benefício.

7- **depositar uniformemente fertilizante:** depositar uniformemente fertilizante é um requisito condicionante da máquina, fazendo parte da principal função que a mesma deve desempenhar, de acordo com a carência da cultura que será plantada ou semeada.

8- **conformar canteiro:** este é outro requisito condicionante da máquina, também faz parte da principal função que a máquina deve desempenhar.

9- **ter baixa massa:** a resultante das forças verticais da máquina deve estar localizada o mais próximo do ponto de engate, quando a máquina estiver com sua capacidade máxima de carregamento.

10- **ter fácil abastecimento do reservatório:** para a execução de abastecimento do reservatório com fertilizante deve ser evitado que ocorra elevado esforço do operador.

11- **ter dosagem variável:** o equipamento deve permitir que se faça a variação na dosagem do fertilizante, pois cada cultura apresenta necessidade específica de macronutrientes.

12- **ser fácil de regular:** a máquina deve possuir acesso facilitado aos pontos de regulação, ter necessidade de poucas ferramentas para executar a tarefa e estas também devem ser comuns e de fácil aquisição.

13- **ter manutenção fácil:** o equipamento tem que permitir facilidade na limpeza, pontos de lubrificação fáceis de encontrar e de acessar não devendo necessitar de mão-de-obra especializada para a sua manutenção.

14- **ter durabilidade:** a durabilidade é importante já que o equipamento deverá ser utilizado por várias safras, resultando na amortização progressiva do investimento inicial.

15- **ter pouca manutenção:** apresentar o intervalo de manutenção no mínimo, o equivalente a uma safra, com peças projetadas para resistir ao desgaste e esforços que serão submetidas, permitindo assim a redução do seu custo de reposição.

Alguns dos requisitos de clientes como **ter processo de fabricação simples** (relacionado principalmente ao uso de processos de fabricação já consolidados e fáceis de encontrar no mercado e à redução do número total de componentes) e **ter peças padronizadas** (busca o maior número de peças e que podem ser facilmente encontrados no mercado e que possuem ainda uma gama de fabricantes para que haja vários locais onde se possa adquiri-los por um preço competitivo) não foram incluídos, pois são relacionados aos requisitos **ter pouca manutenção** e **ter baixo custo**.

O item **ser segura** deve atender as normas vigentes de segurança e as boas práticas de manutenção e fabricação. Este não foi introduzido como requisito visto a não existência de níveis de segurança que possam ser admitidos, sendo esta uma necessidade a qual deve estar sempre sendo melhorada.

5.4. Estabelecer os requisitos de projeto

Depois de caracterizar os requisitos dos clientes, estes foram comparados com uma classificação abrangente dos atributos do produto proposta por Fonseca (2000), conforme Figura 37. 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	Deposição uniforme de fertilizante	
			Dosagem de fertilizante variável Nivelamento da superfície	
		Econômico	Custo de fabricação Custo de operação Custo de manutenção Vida útil	
		Ergonômico	Tempo de reabastecimento	
		Confiabilidade, Estético, Legal, Patentes, Da normalização, Do impacto ambiental, Da modularidade, Segurança		
Atributos específicos	Atributos do ciclo de vida	Mantenabilidade	Tempo de manutenção	
			Intervalo entre manutenções	
	Embalabilidade, Armazenabilidade, Reciclabilidade, Comercialidade, Da função, Descartabilidade, Usabilidade, Montabilidade, Fabricabilidade, Transportabilidade			
	Atributos materiais	Geométricos	Dimensões	Variação da largura de trabalho Variação da profundidade de trabalho
			Forma, Textura, Fixações, Acabamento, Ajustes	
Configuração			Distância longitudinal do engate ao Centro de gravidade	
Peso		Massa total		
Cor, Material				
Atributos energéticos	Atributos energéticos	Cinemática Força	Potência de acionamento	
		Tipo de energia, Fluxo		
	Atributos de controle	Controle	Tempo de regulagem	
Estabilidade, Sinais				

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

5.5. Hierarquizar os requisitos de projeto

Para hierarquizar os requisitos de projeto, primeiramente foi realizada a valoração dos requisitos dos clientes, por meio da ferramenta diagrama de Mudge, conforme é apresentado na

Figura 38. Cada célula foi preenchida com um número e uma letra, o número representa qual dos requisitos de clientes, em comparação, é mais importante. Já a letra representa o quanto o requisito escolhido é mais importante que o outro, sendo atribuídos valores de 1 para A, 3 para B e 5 para C. A partir do somatório de pontos de cada requisito, nas linhas e colunas, foi determinada a porcentagem da pontuação de cada requisito em relação ao total de pontos.

Verifica-se que o requisito **ser fácil de montar** obteve o valor zero (

Figura 38), mesmo assim foi mantido por apresentar importância ao projeto, como está vinculado com o requisito **ter manutenção fácil**, pois quando houver manutenções periódicas há possibilidade de ocorrer desmontagens de partes da máquina. Por este motivo quando confrontados estes requisitos, a equipe de projeto identificou maior importância no requisito **ter manutenção fácil**.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	%
1	2B	1C	4B	1A	1A	7B	8B	9B	10A	11B	1B	1C	1C	1B	23	7,21
	2	2C	4B	5A	2A	7B	2B	9A	10A	11B	2C	2C	2C	2B	27	8,46
		3	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12B	13B	14B	15C	0	0
			4	4B	4B	7A	8A	9A	4A	11A	4C	4C	4C	4C	38	11,91
				5	5A	7A	8B	9B	10B	11B	5A	5A	5B	5A	13	4,08
					6	7B	8C	9A	10A	11A	6A	6A	6B	6B	13	4,08
						7	8A	7A	7B	7A	7C	7C	7C	7C	39	12,23
							8	8A	8B	8A	8C	8C	8C	8C	46	14,42
								9	9B	11A	9C	9C	9C	9C	37	11,60
									10	11B	10B	10B	10C	10B	25	7,84
										11	11C	11C	11C	11B	38	11,91
											12	12A	12A	12A	6	1,88
												13	13A	15A	4	1,25
													14	15A	3	0,94
														15	7	2,19
TOTAL															319	100

Requisitos de Clientes:

1. Ter largura variável
2. Ter baixa potência de acionamento
3. Ser fácil de montar
4. Incorporar fertilizante
5. Ter profundidade variável de deposição do fertilizante
6. Ter baixo custo
7. Depositar uniformemente fertilizante
8. Conformar canteiro
9. Ter baixa massa
10. Ter fácil abastecimento do reservatório
11. Ter dosagem variável
12. Ser fácil de regular
13. Ter manutenção fácil
14. Ter durabilidade
15. Ter pouca manutenção

Perguntas 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?

Significado das letras:

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

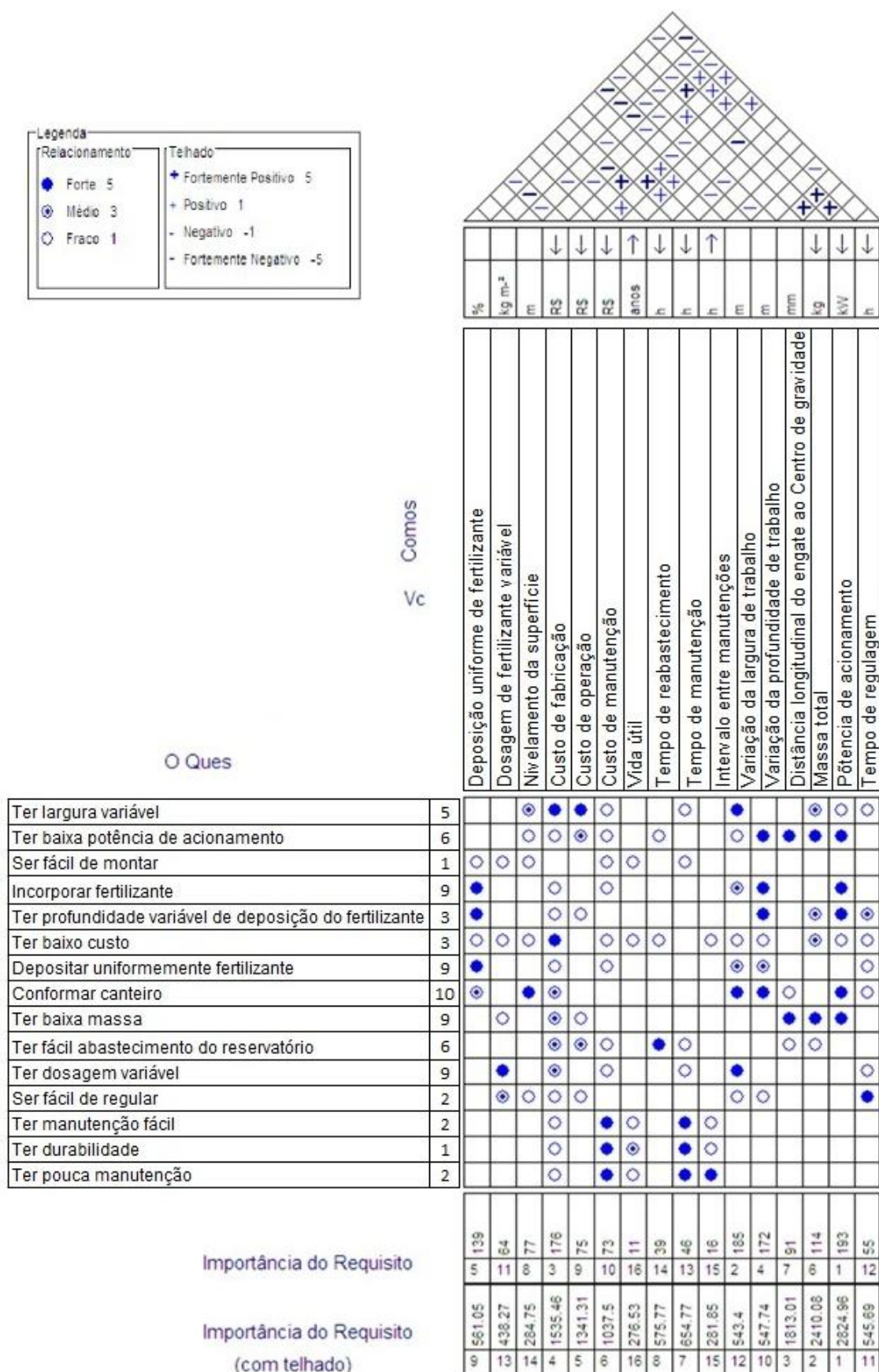
Figura 38. Diagrama de Mudge empregado na valoração.

A hierarquização dos valores de importância em dez classes é apresentada na Tabela 4, esta foi obtida por meio da inserção dos dados em um histograma com amplitude variando de zero a 14,42, cada classe com intervalo de variação de 1,44, sendo que a primeira classe apresentou um intervalo de zero a 1,44 e a última de 12,79 a 14,42. O requisito de cliente mais importante, após aplicação da ferramenta diagrama de Mudge, foi **conformar canteiros** (14,42%), sendo que o requisito de cliente menos importante foi **ser fácil de montar** (0%), este ao ser mantido com os demais, para a classificação através do histograma de frequência, permaneceu na classe 1, da mesma forma que os demais valores não nulos desta classe.

Tabela 4. Hierarquização dos requisitos de clientes.

Requisitos de clientes	Classe	Hierarquização (%)
Conformar canteiro	10	14,42
Depositar uniformemente fertilizante	9	12,23
Incorporar fertilizante	9	11,91
Ter dosagem variável	9	11,91
Ter baixa massa	9	11,60
Ter baixa potência de acionamento	6	8,46
Ter fácil abastecimento do reservatório	6	7,84
Ter largura variável	5	7,21
Ter baixo custo	3	4,08
Ter profundidade variável de deposição do fertilizante	3	4,08
Ter pouca manutenção	2	2,19
Ser fácil de regular	2	1,88
Ter manutenção fácil	2	1,25
Ter durabilidade	1	0,94
Ser fácil de montar	1	0

Na Figura 39 tem-se a matriz da casa da qualidade (QFD), com os requisitos de clientes com os valores das classes obtidos. Também são apresentados os demais dados de entrada que foram necessários para a aquisição das hierarquizações com e sem telhado, encontrados na parte inferior da mesma.



Os requisitos de projeto classificados com a aplicação do QFD, foram divididos em três partes, conforme proposto por Fonseca (2000), em: terço superior (requisitos mais importantes), terço médio (requisitos importantes) e terço inferior (requisitos menos importantes), como se observa nas Figuras 40, 41 e 42.

De acordo com Oldoni (2012), é possível verificar a variação da ordem de importância dos requisitos através do método proposto por Fonseca (2000), analisando cada um daqueles que sofreram alteração da ordem de importância, tanto dentro do mesmo terço, quanto com relação a mudança para outro terço.

Deste modo, foi realizada a análise de cada um dos requisitos que sofreram variação na hierarquização sem telhado e hierarquização com telhado e, optou-se por adotar a lista de hierarquização dos requisitos do projeto obtida sem considerar o telhado do QFD.

Esta escolha foi realizada após a avaliação de alguns requisitos, como por exemplo: **variação da largura de trabalho** - classificado como 2º na hierarquização sem telhado e 12º na hierarquização com telhado; **variação da profundidade de trabalho** - classificado como 4º na hierarquização sem telhado e 10º na hierarquização com telhado e **deposição uniforme de fertilizante** classificado como 5º na hierarquização sem telhado e 9º na hierarquização com telhado (Figura 40). Estes três requisitos são essências para o objetivo principal da máquina, pois permitirão a mesma trabalhar com diferentes culturas. Observou-se que estes requisitos ficariam classificados junto a requisitos com menor importância se considerada a lista de hierarquização do QFD com telhado. Portanto optou-se por hierarquizar os requisitos do projeto sem considerar o telhado do QFD.

Hierarquização QFD sem telhado	Requisito de projeto	Hierarquização QFD com telhado
1º	Potência de acionamento	1º
2º	Variação da largura de trabalho	12º
3º	Custo de fabricação	4º
4º	Variação da profundidade de trabalho	10º
5º	Deposição uniforme de fertilizante	9º

Figura 40. Quadro do 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
6º	Massa total	2º
7º	Distância longitudinal do engate ao Centro de gravidade	3º
8º	Nivelamento da superfície	14º
9º	Custo de operação	5º
10º	Custo de manutenção	6º

Figura 41. Quadro do 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
11º	Dosagem de fertilizante variável	13º
12º	Tempo de regulagem	11º
13º	Tempo de manutenção	7º
14º	Tempo de reabastecimento	8º
15º	Intervalo entre manutenções	15º
16º	Vida útil	16º

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

Analisando somente os resultados do terço superior, (Figura 40) tem-se a hierarquização do requisito **potência de acionamento**, apresentando o 1º lugar em importância, levando-se em conta a análise com e sem telhado, o que vem a ser bastante coerente, pois a máquina está sendo projetada para agricultores de base familiar e através das entrevistas constatou-se que os tratores utilizados são de baixa potência.

Na hierarquização o requisito de projeto **custo de fabricação** obteve o 3º lugar em importância sem o telhado, sendo o requisito de cliente externo mais almejado nas entrevistas, juntamente com a **deposição uniforme de fertilizante**, esta análise permite identificar, que as necessidades dos entrevistados foram consideradas pela equipe de projeto para hierarquizar os requisitos, pois estas necessidades localizam-se no terço superior da hierarquização, juntamente com outros requisitos fundamentais para o funcionamento da máquina.

Os requisitos de projeto: **massa total** e **distância longitudinal do engate ao Centro de gravidade**, na hierarquização sem o telhado ficaram localizados no terço médio, em 6º e 7º lugares respectivamente na escala de importância (Figura 41). Estes requisitos influenciam diretamente um ao outro, pois quanto maior a

aproximação do centro de gravidade ao sistema de engate do trator maior será capacidade de carga da máquina.

Na Figura 42, encontram-se os requisitos menos importantes (terço inferior), neste local tem-se o requisito de projeto **dosagem de fertilizante variável**, o qual tem a finalidade de suprir a necessidade de fertilizante para diferentes culturas, pois cada espécime tem sua necessidade específica de nutrientes.

5.6. Estabelecer as especificações do projeto

As especificações do projeto são apresentadas de acordo com o grau de importância obtido através da aplicação da Matriz QFD (Figura 39), sem o uso do telhado, em terço superior (Figura 43), médio (Figura 44) e inferior (Figura 45).

Os valores meta foram calculados e estabelecidos para cada requisito de projeto baseados nas informações obtidas por meio das entrevistas e pela experiência em dimensionamento e planejamento da equipe de projeto. O valor meta para o requisito **dosagem de fertilizante variável** foi calculado com auxílio das recomendações agronômicas de fertilizante para as culturas produzidas pelos entrevistados. A forma de avaliação para o requisito **custo de operação** é calcular o número de homens/hora para realizar as tarefas, segundo os agricultores atualmente são utilizadas duas a três pessoas para a fertilizar e conformar os canteiros.

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1º	Potência de acionamento	$\leq 25\text{kW}$	Determinação em laboratório e teste de campo	Diminuição das dimensões das peças, transferência do centro de gravidade, aumento do custo de fabricação
2º	Largura de trabalho variável	De 0,2 a 1,10m	Ensaio de campo	Aumento da potência requerida para tracionar
3º	Custo de fabricação	$\leq \text{R\$ } 1.000,00$	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
4º	Profundidade de trabalho variável	De 0,1 a 0,3m	Ensaio de campo	Aumento da potência requerida para tracionar
5º	Deposição uniformemente de fertilizante	$\leq 10 \%$	Ensaio em laboratório	Aperfeiçoamento no sistema de condução de fertilizante

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

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
6º	Massa total	250kg	Determinação em laboratório	Substituição de materiais pesados, aumento do custo de fabricação
7º	Aproximação do centro de gravidade	$\leq 610\text{mm}$ dos engates inferiores	Em laboratório	Maior tempo de projeto
8º	Nivelamento da superfície	$\leq 0,10\text{m}$	Ensaio de campo	Aumento de componentes e do custo de fabricação
9º	Número de pessoas envolvidas na atividade	1 pessoa	Ensaio de campo	Ineficiência na aplicação do fertilizante
10º	Custo de manutenção	$\leq \text{R\$ } 80,00 \text{ ano}^{-1}$	Em laboratório	Usar ferramentas e materiais de baixa qualidade na manutenção, danificação da máquina

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

Nº	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
11º	Dosagem de fertilizante variável	De 0,15 a 0,56 kg.m ⁻²	Ensaio em laboratório	Aumento de regulagens e número de componentes, acarretando um acréscimo do custo de fabricação
12º	Tempo de regulagem	≤ 0,5h	Cronometragem em laboratório	Aumento do número e/ou intervalo de regulagens
13º	Tempo de manutenção	≤ 2h	Cronometragem em laboratório	Aumento do número de manutenções ou redução do intervalo entre manutenções, comprometimento da qualidade do serviço
14º	Tempo de reabastecimento	5 minutos	Teste de campo	Abastecimento parcial
15º	Intervalo de manutenção	200h	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
16º	Vida útil	≥ 10 anos	Adoção de técnicas e práticas para alcance da meta	Usos de materiais com processo de fabricação convencionais

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

5.7. Verificar o escopo do problema

Na primeira etapa do projeto conceitual verificou-se o escopo do problema analisando-se as especificações e identificando-se as restrições do projeto, no sentido de escolher a concepção mais adequada para a realização das tarefas propostas (Figura 46).

1ª Tarefa: Omitir preferências pessoais.

Na aplicação do QFD foram eliminadas as preferências pessoais.

2ª Tarefa: Omitir requisito sem relação direta com a função e com as restrições essenciais.

Nesta tarefa foram analisados a lista de hierarquização dos requisitos do projeto que não possuíam vínculo com a função do produto. Portanto foram omitidos aqueles referentes a: custo de fabricação, massa total, aproximação do centro de gravidade, custo de operação, custo de manutenção, tempo de regulagem, tempo de manutenção, intervalo de manutenção e vida útil. Desta forma restaram os seguintes requisitos para serem trabalhados na terceira etapa:

- Potência de acionamento.
- Largura de trabalho variável.
- Profundidade de trabalho variável.
- Deposição uniforme de fertilizante.
- Nivelamento da superfície.
- Dosagem de fertilizante variável.

3ª Tarefa: Transformar informações (requisitos) quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial.

4ª Passo: Generalizar os requisitos do passo anterior.

Ser capaz de conformar canteiro.

Dosar e depositar uniformemente fertilizante e encanteirar com baixa potência de acionamento.

Adequada a diversas culturas.

5ª Passo: Formular o problema sem inclusão de solução.

Ser capaz de dosar e depositar uniformemente fertilizante em canteiro conformado adequado a diversas culturas.

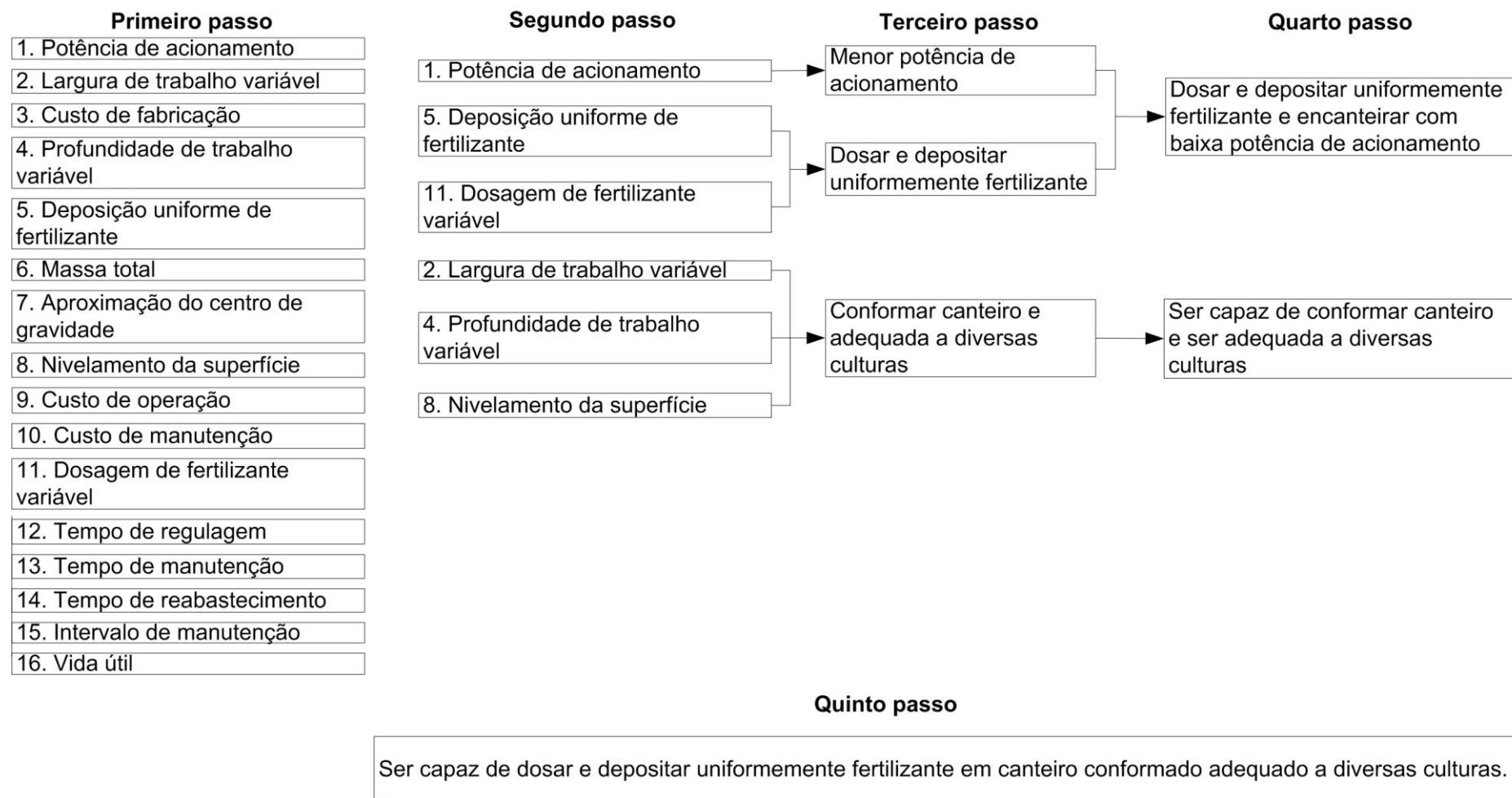


Figura 46. Esquema montado para verificação do escopo do problema com cinco passos, baseado em Pahl et al. (2005).

5.8. Estabelecer a estrutura funcional

Na etapa estabelecer a estrutura funcional, foi determinada a função global do produto que é dosar e depositar uniformemente fertilizante em canteiro conformado adequado a diversas culturas. O verbo dosar é entendido como regular a saída de fertilizante de acordo com a necessidade da cultura a ser cultivada, o termo depositar uniformemente diz respeito a lançar o fertilizante de maneira regular em toda a área do canteiro, a expressão canteiro conformado refere-se a encanteirar. Na Figura 47, tem-se as entradas e saídas do sistema técnico em termos de energia, material e sinal.

Representações	Entrada	Saída	Símbolo
Material	Fertilizante e solo	Fertilizante e solo	---→
Energia	Energia cinética e potencial	Energia e fluxo de massa	→
Sinal	Regulagens	Monitoração do fluxo de fertilizante e conformação do canteiro	- · - · - →
Fronteira do sistema periférico			- · - · -

Figura 47. Quadro de entradas e saídas do sistema técnico em termos de energia, material e sinal.

Para representar a função global foram indicadas entradas e saídas de energia, material e sinal em relação a fronteira do sistema. Na Figura 48, tem-se o diagrama de blocos representativo da função global do sistema técnico em projeto. Observa-se na formulação da função global que fora da fronteira do sistema há três fatores que interagem com a função global, o usuário, que vem a ser o operador da máquina, a fonte de potência, o que demonstra que a máquina necessita de energia externa para realizar a função global e o fator ambiente, definido pelo meio que interage com a máquina.

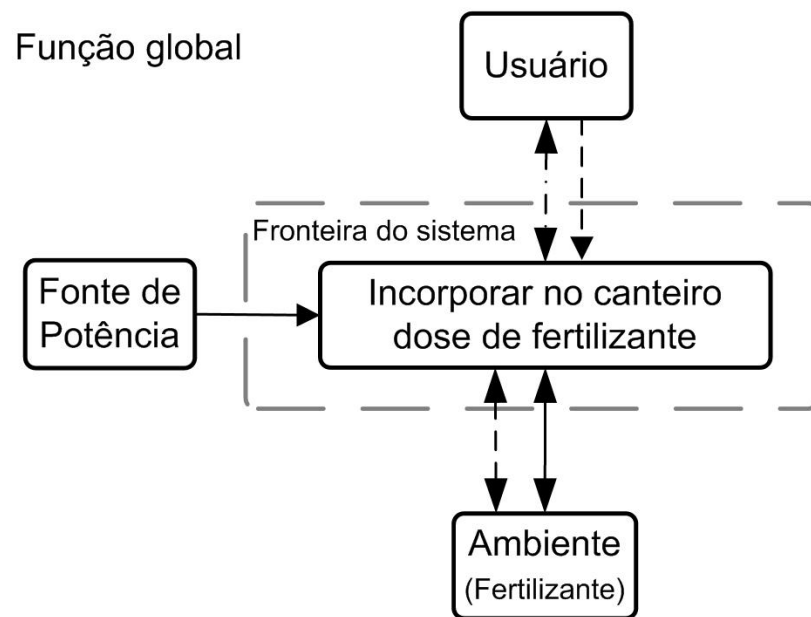


Figura 48. Formulação da função global do sistema técnico.

Com o estabelecimento da função global ficou esclarecido o problema de projeto, que serviu como referência para as decomposições funcionais da Figura 49. A partir da função global foi possível a identificação de quatro funções parciais FP1 (Função Parcial 1), FP2 (Função Parcial 2), FP3 (Função Parcial 3) e FP4 (Função Parcial 4) que são comuns às operações de dosar, depositar uniformemente fertilizante e conformar canteiros. As quatro funções parciais refletem a função global da máquina, no entanto, com algumas funções elementares específicas para cada função parcial. A descrição de cada uma das funções parciais bem como as entradas e saídas de cada bloco em termos de material, energia e sinal estão descritas na Figura 49.

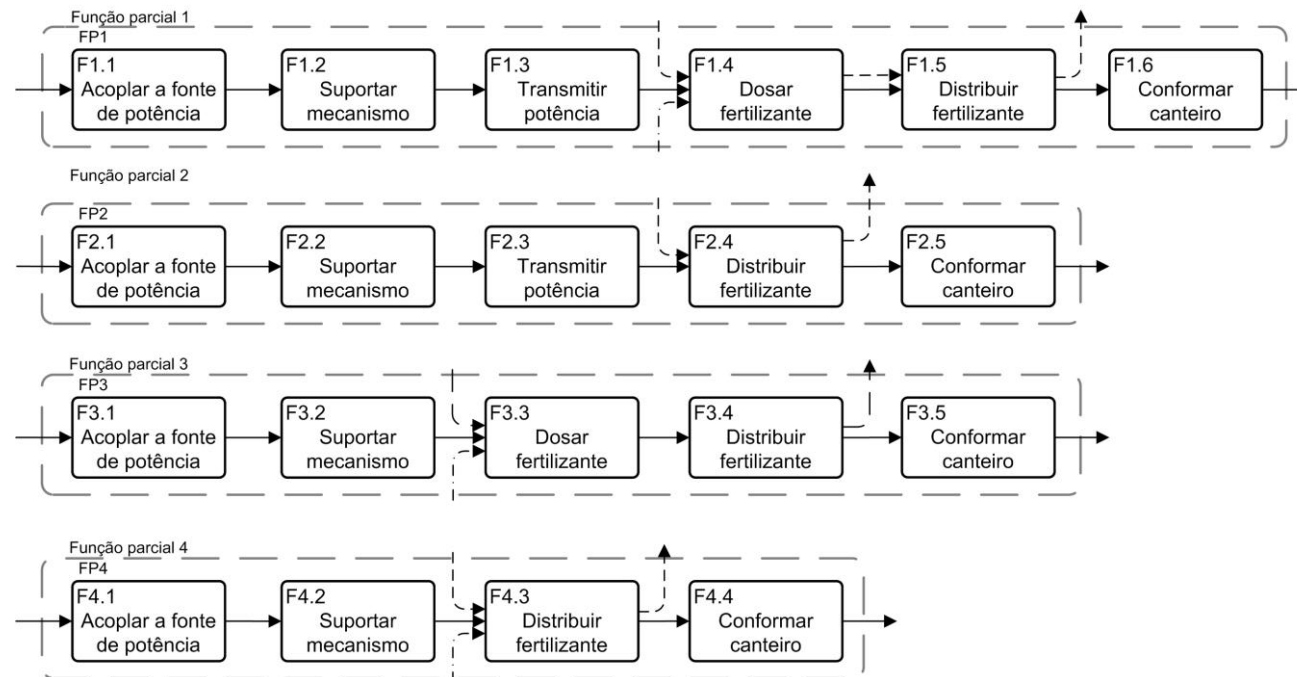


Figura 49. Diagramas de blocos representando as funções parciais derivadas da função global.

Quando as setas dos diagramas apontam em direção ao bloco (função), significa que há entrada de material, sinal ou energia, que será processado ou utilizado para desempenhar a função. Quando apontarem para fora do bloco (função) significa que há a resposta ou o resultado do processo.

A descrição de cada uma das funções elementares, entradas e saídas de material, sinal e energia envolvidos em cada uma das funções, estão descritas na Figura 50, as notações referem-se a FP4, contudo, estão representadas todas as funções elementares das demais funções parciais.

Notação		Função elementar	Detalhamento da função elementar	Materiais de entrada e saída	Energias de entrada e saída	Sinais de entrada e saída
F4.1	F4.1.1	Selecionar engate	Através da barra de tração ou sistema de engate de três pontos			Selecionar o engate do maquinário de acordo com a necessidade e tipo de trator
	F4.1.2	Engatar a fonte de tração	Elemento de ligação entre a fonte de tração e a máquina		Energia mecânica para acoplar a fonte de tração e cinética para deslocar a máquina.	
F4.2	F4.2.1	Sustentar mecanismos	Estrutura que suportará todos os mecanismos e o fertilizante			
	F4.2.2	Acionar mecanismos	Elemento de acoplamento do sistema de acionamento da máquina à fonte de potência		Potencial para conexão dos mecanismos de acionamento	
F4.3	F4.3.1	Armazenar fertilizante	Reservatório destinado ao armazenamento do fertilizante adaptado sobre o chassi	Fertilizante		
	F4.3.2	Transferir energia	Mecanismo de transferência de potência entre partes móveis		Energia cinética para transmitir movimento entre os mecanismos	Regulagem da relação de transmissão entre o elemento motor e o movido
	F4.3.3	Regular desagregador	Sistema utilizado para a regulagem do desagregador de fertilizante		Energia cinética para transmitir movimento para o desagregador	Regulagem da velocidade angular do sistema desagregador
	F4.3.4	Desagregar fertilizante	Mecanismo localizado no interior do reservatório e responsável por desagregar o fertilizante	Fertilizante		
	F4.3.5	Regular dosagem	Mecanismo de regulagem da dosagem do			Regulagem do mecanismo

			fertilizante			dosador de fertilizante
	F4.3.6	Dosar fertilizante	Sistema responsável	Fertilizante		
	F4.3.7	Regular aplicação	Sistema utilizado para regular a distribuição de fertilizante			Regulagem do mecanismo de aplicação
F4.4	F4.4.1	Regular profundidade	Sistema responsável pela regulagem da profundidade do canteiro			Regulagem da altura dos canteiros
	F4.4.2	Regular largura	Refere-se ao sistema responsável pela regulagem da largura do canteiro			Regulagem da largura dos canteiros
	F4.4.3	Confeccionar canteiro	Sistema responsável pela formação dos canteiros	Solo e fertilizante		
	F4.4.4	Nivelar canteiro	Mecanismo responsável por nivelar a superfície do canteiro	Solo e fertilizante		

Figura 50. Quadro de descrição das funções parciais e elementares e definição das entradas e das saídas do diagrama de blocos da estrutura escolhida.

Após a identificação das funções parciais: FP1, FP2, FP3 e FP4, foram obtidas as estruturas funcionais A, B, C e D. A estrutura funcional “A” possibilita abertura de sulco para incorporar o fertilizante ao solo, permitindo transmitir potência por meio da máquina, visto que está contará com roda motora (Figura 51). A estrutura funcional “B” difere-se da “A” por permitir à seleção do engate à fonte de tração e regulagem do vão livre horizontal, mas não possibilita abertura de sulco no solo (Figura 52). A estrutura funcional “C” permite abertura de sulco para misturar o fertilizante ao solo e para a transmissão de potência requerendo acoplamento ao trator, pois não possui roda motora (Figura 53). A estrutura funcional “D” difere-se da “B” por possibilitar o nivelamento do canteiro (Figura 54).

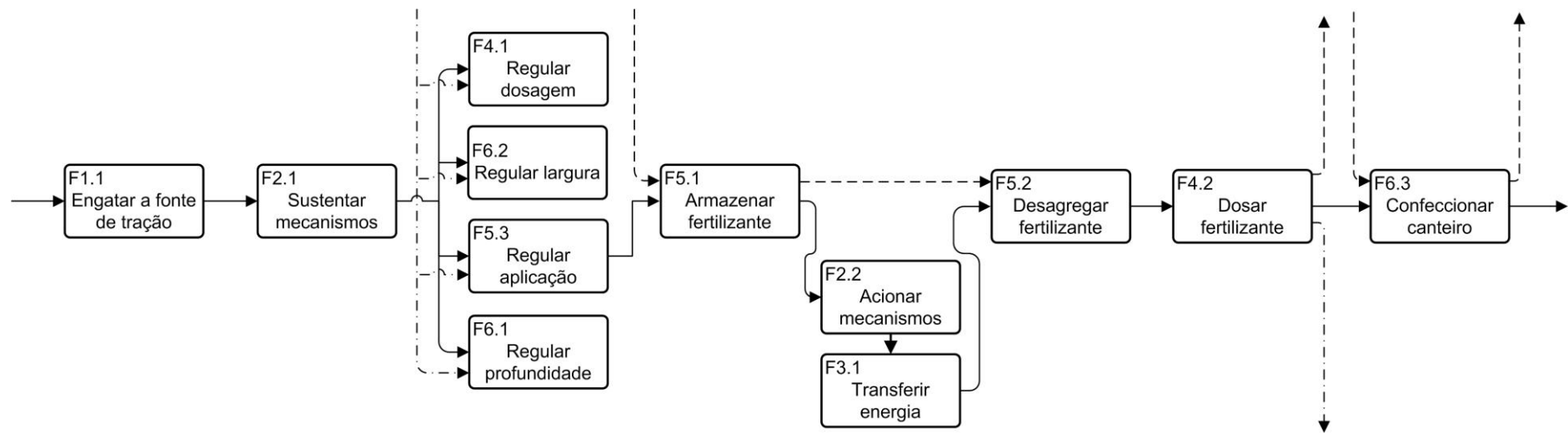


Figura 51. Diagrama de blocos da estrutura funcional A.

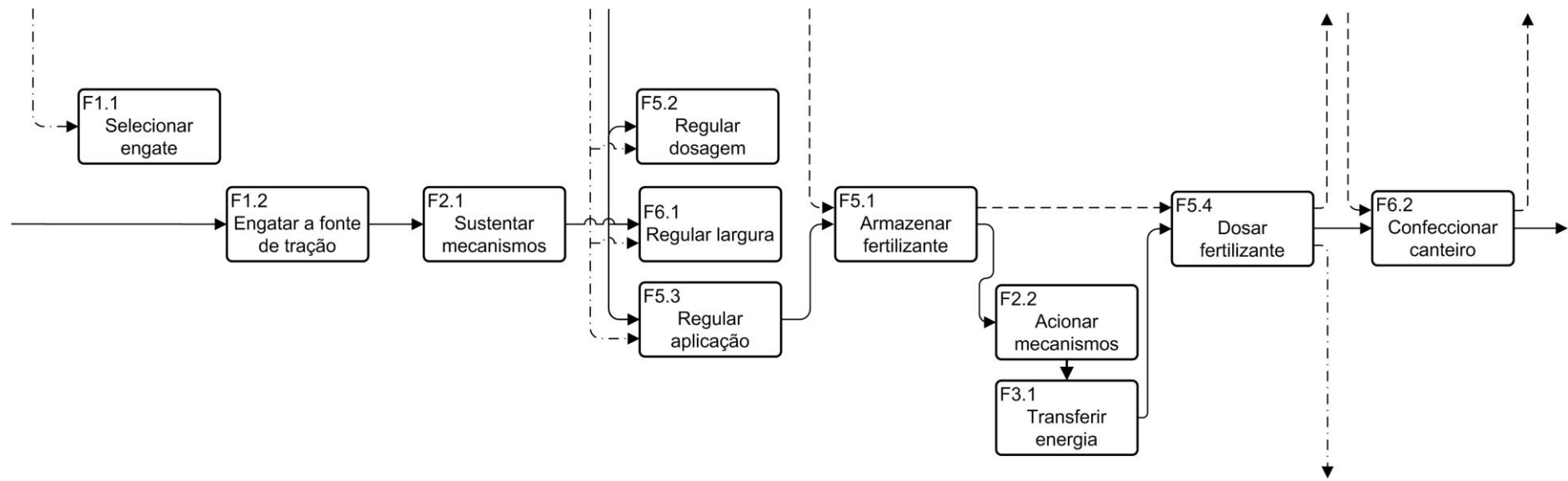


Figura 52. Diagrama de blocos da estrutura funcional B.

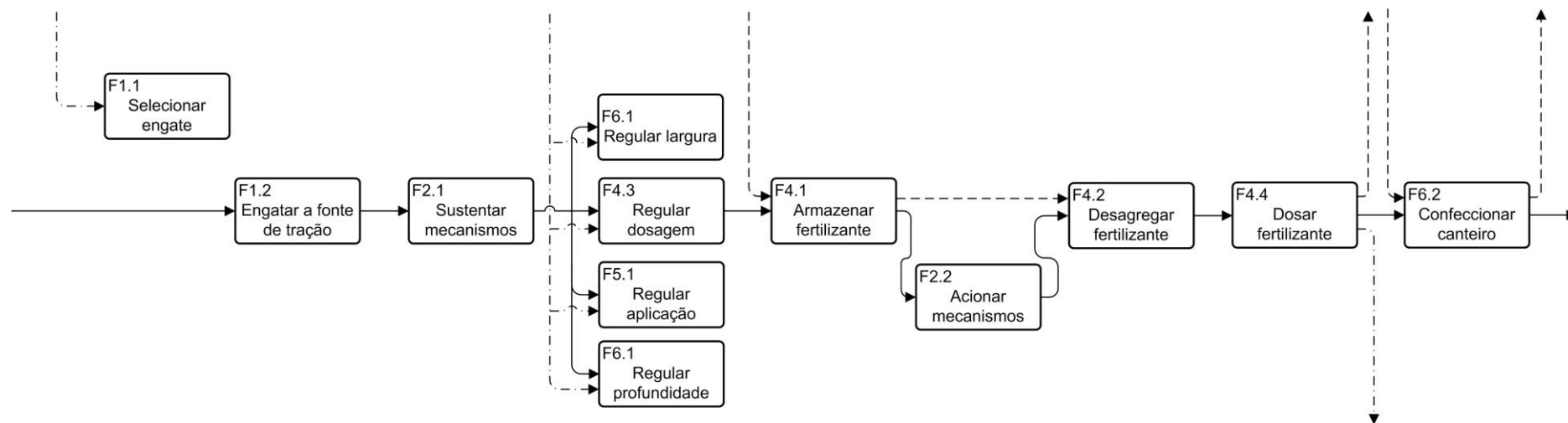


Figura 53. Diagrama de blocos da estrutura funcional C.

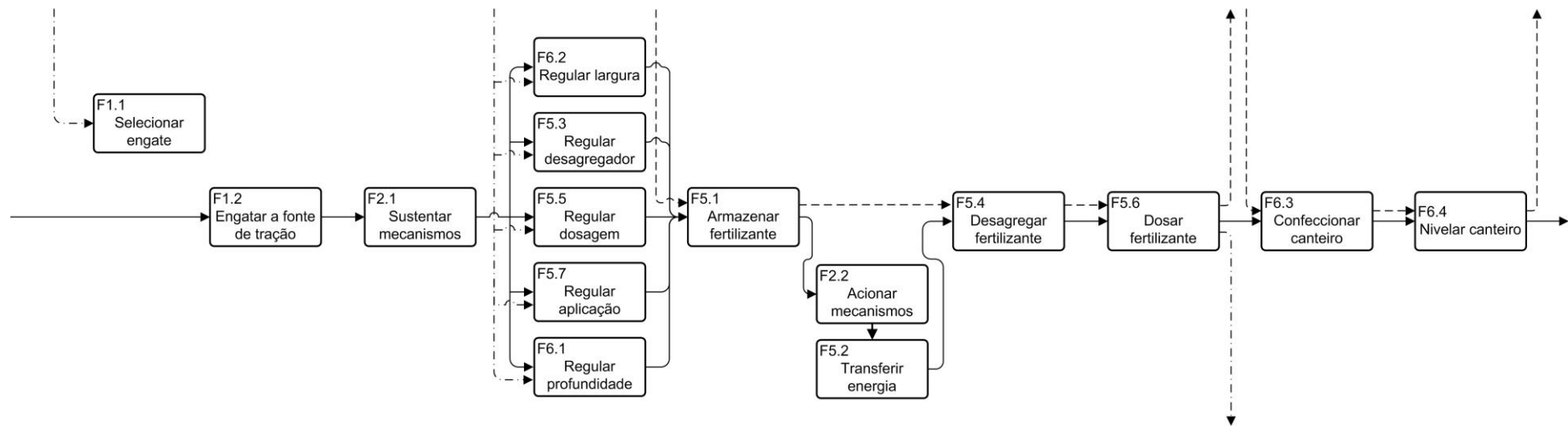


Figura 54. Diagrama de blocos da estrutura funcional D.

Analisando-se as funções parciais, observa-se maior adequação à função global do encanteirador e depositador de fertilizantes pela FP4, visto que esta permite regular a largura e profundidade do canteiro a ser confeccionado, possibilitando ainda a regulagem do desagregador, da dosagem e da aplicação do fertilizante. Possibilita a seleção do tipo de engate para a fonte de tração. A transmissão de potência para acionamento dos mecanismos dosadores é realizada pela própria máquina, já que possui roda motora, além disto, também permite o nivelamento do canteiro. Para melhor entendimento fica estabelecido que a função **distribuir fertilizante** engloba as funções **transmitir potência** e **dosar fertilizante**, uma vez que para realizar a distribuição de fertilizantes há a necessidade de transmissão de energia e nesta etapa o fertilizante encontra-se com a dosagem recomendada para a cultura a ser implantada. Na Figura 55 estão apresentadas as descrições das estruturas funcionais resultantes das funções parciais.

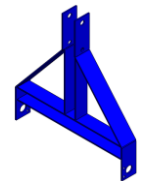
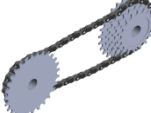
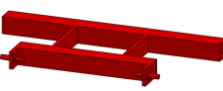
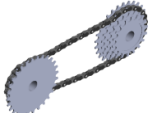
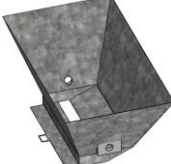
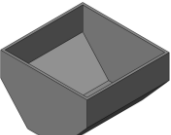
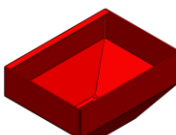
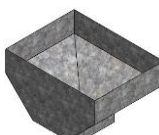
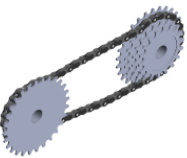
Estrutura funcional	Descrição	Visualização
A	Possibilita abertura de sulco para incorporar o fertilizante ao solo, permite transmitir potência do equipamento, pois possui roda motora.	Figura 51
B	Permite transmitir potência do equipamento, pois possui roda motora. Proporciona a seleção do engate a fonte de tração.	Figura 52
C	Possibilita a seleção do engate à fonte de potência, permite abertura de sulco para misturar o fertilizante ao solo.	Figura 53
D	Proporciona selecionar o tipo de engate a fonte de potência, permite transmitir potência do implemento, pois possui roda motora, possibilita regular o desagregador e nivelar o canteiro.	Figura 54

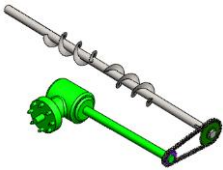
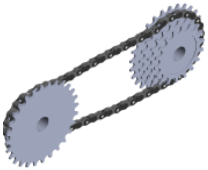
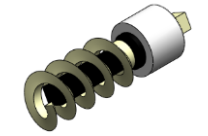
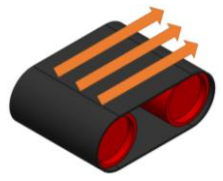
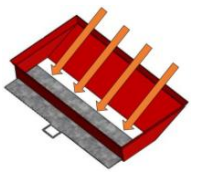
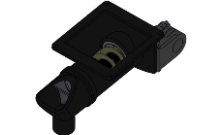
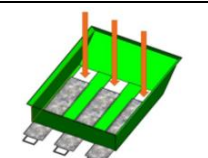
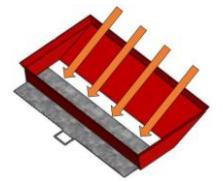
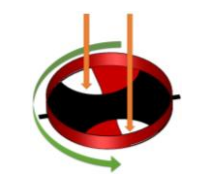
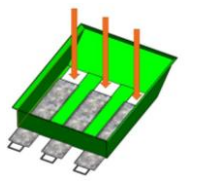
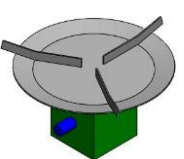
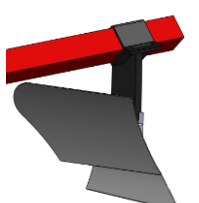
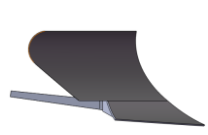
Figura 55. Quadro de descrição das estruturas funcionais.

5.9. Pesquisar por princípios de solução

Os princípios de solução originados da pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos existentes e do *brainstorming* foram desenhados utilizando-se a ferramenta CAD, servindo de apoio para a elaboração da matriz morfológica (Figura 56). Cada linha representa uma função elementar da estrutura funcional selecionada. Já as colunas apresentam os princípios de solução correspondentes a

cada uma das linhas, cada integrante criou no mínimo um princípio de solução para cada função elementar, ainda assim, existem funções que apresentam reduzido número de princípios de solução, resultante de ideias comuns entre membros da equipe. Alguns princípios de solução possuem mais de uma função.

Função Parcial	Função elementar	Descrição da função	Princípio de solução			
F4.1	F4.1.1	Selecionar engate				
						
	F4.1.2	Engatar a fonte de tração				
F4.2	F4.2.1	Sustentar mecanismos				
	F4.2.2	Acionar mecanismos				
F4.3	F4.3.1	Armazenar fertilizante				
	F4.3.2	Transmitir potência				

	F4.3.3	Regular desagregador				
	F4.3.4	Desagregar fertilizante				
	F4.3.5	Regular dosagem				
	F4.3.6	Dosar fertilizante				
	F4.3.7	Regular aplicação				
F4.4	F4.4.1	Regular profundidade				
	F4.4.2	Regular largura				
	F4.4.3	Confeccionar canteiro				

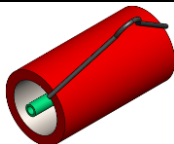
	F4.4.4	Nivelar canteiro				
--	--------	------------------	---	--	---	---

Figura 56. Matriz morfológica

5.10. Combinar princípios de solução

Por meio da combinação dos princípios de solução visto na matriz morfológica foi possível a elaboração de quatro concepções. A concepção 1 (Figura 57) originou-se da estrutura funcional “A”, a qual possibilita abertura de sulco, com a finalidade de melhorar a incorporação do fertilizante ao solo. A geração e transmissão de potência deriva do equipamento, com auxílio da roda motora e sistema de transmissão, permitindo regular a distância entre discos.

Através de um software CAD, foi realizado o dimensionamento da máquina que deverá conformar canteiros com largura máxima de 0,80m, entretanto de acordo com o Anexo A, esta concepção não conseguiria trabalhar com algumas culturas utilizadas pelos agricultores entrevistados, como por exemplo o tomate que necessita de espaçamento de 1,00m entre linhas. A massa do maquinário foi calculada como sendo de 392,90kg, possuindo reservatório com capacidade volumétrica de 0,26m³. De acordo com os dados apresentados por Figueroa et al. (2009 e 2012) com este volume o reservatório possuirá capacidade para 221kg de cama de aviário e segundo EPAMIG (2011) para 112kg de esterco sólido de bovinos.

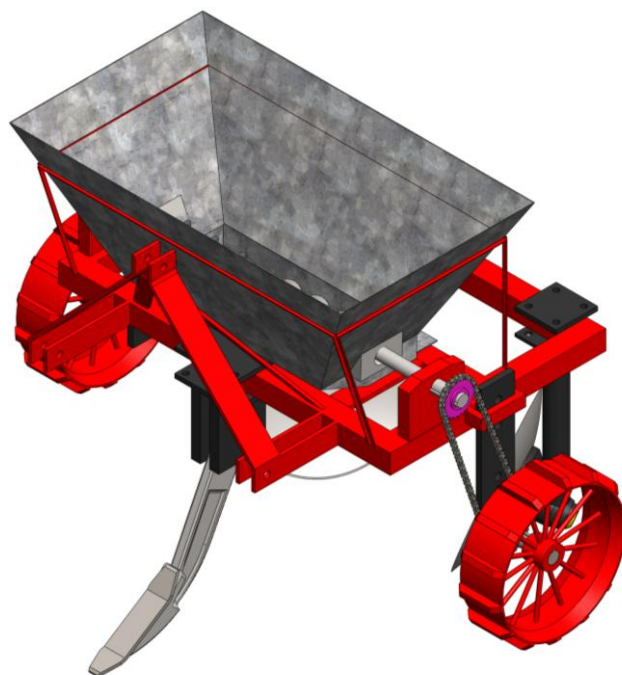


Figura 57. Concepção 1 do encanteirador e depositor de fertilizantes originada da estrutura funcional A.

A estrutura funcional “B” originou a concepção 2 (Figura 58), para a qual calculou-se uma massa de 280,41kg e um reservatório com capacidade volumétrica de 0,72m³. Conforme Figueroa et al. (2009 e 2012), o reservatório desta concepção possuirá capacidade para 612kg de cama de aviário e de acordo com EPAMIG (2011) 310kg de esterco sólido de bovinos.

A concepção apresenta sistema de engate para tratores de categorias 1 e 2 com relação ao sistema de engate de três pontos, também permiti a regulagem do vão livre horizontal. Através da regulagem da distância entre discos torna-se possível a conformação de canteiros com largura de até 1,00m, que possibilitam trabalhar com todas culturas produzidas pelos agricultores entrevistados de acordo com o Anexo A.

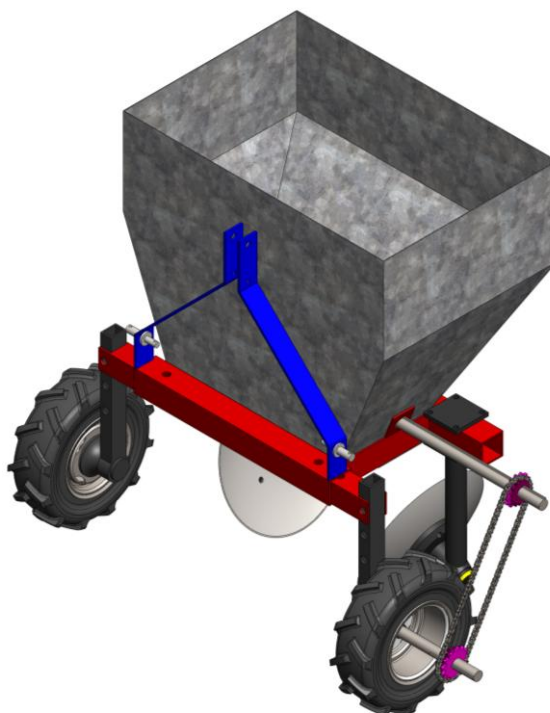


Figura 58. Concepção 2 do encanteirador e depositor de fertilizantes originada da estrutura funcional B.

A concepção 3 (Figura 59), é originada da estrutura funcional “C”, a qual apresenta sistema de engate para tratores de categorias 1 e 2 quanto ao sistema de engate de três pontos, sua massa foi calculada como sendo de 370,64kg, contando com um reservatório com capacidade volumétrica de 0,25m³, de acordo com Figueroa et al. (2009 e 2012) este volume possibilita utilizar-se para 213kg de cama de aviário e segundo EPAMIG (2011) 108kg de esterco sólido de bovinos.

Por não possuir rodas, há necessidade de acoplamento ao eixo de tomada de potência do trator para transmitir movimento ao dosador e ao desagregador de fertilizantes. Há também possibilidade de variar-se a distância entre discos, permitindo conformar canteiros com largura máxima de 1,00m, consequentemente adequando-se as culturas produzidas pelos agricultores entrevistados, de acordo com o Anexo A.

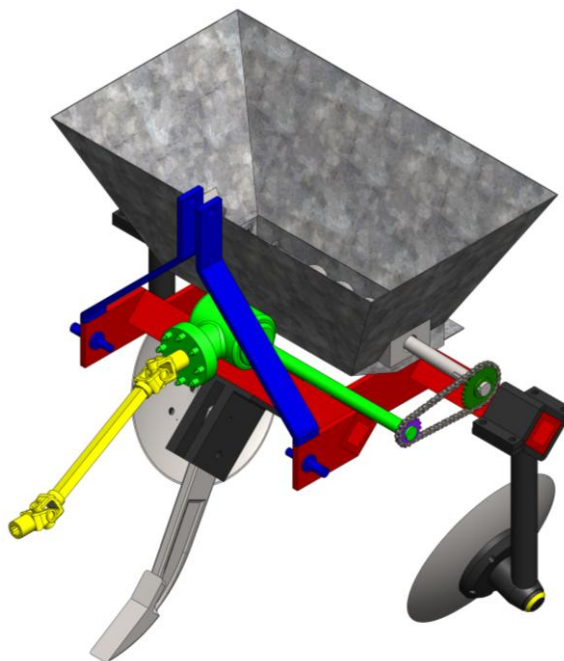


Figura 59. Concepção 3 do encanteirador e depositor de fertilizantes originada da estrutura funcional C.

A concepção 4 (

Figura 60), é oriunda da estrutura funcional “D”. Na parte frontal encontra-se o sistema de engate ao trator, o qual é acoplado a barra de tração do trator. O sistema de discos possui regulagem que possibilita conformar canteiros com largura de até 1,10m, desta forma pode-se trabalhar com as culturas produzidas pelos agricultores entrevistados segundo o Anexo A.

A concepção 4 possui massa calculada de 252,26kg e um reservatório com capacidade volumétrica de 0,74m³, o qual possui capacidade para 629kg de cama de aviário segundo Figueroa et al. (2009 e 2012) e 318kg de esterco sólido de bovinos de acordo com EPAMIG (2011). A corrente na parte traseira é responsável pelo nivelamento do canteiro, esta concepção necessita de um sistema hidráulico auxiliar, para a regulagem da altura de canteiros, pois não apresenta sistema de engate de três pontos.

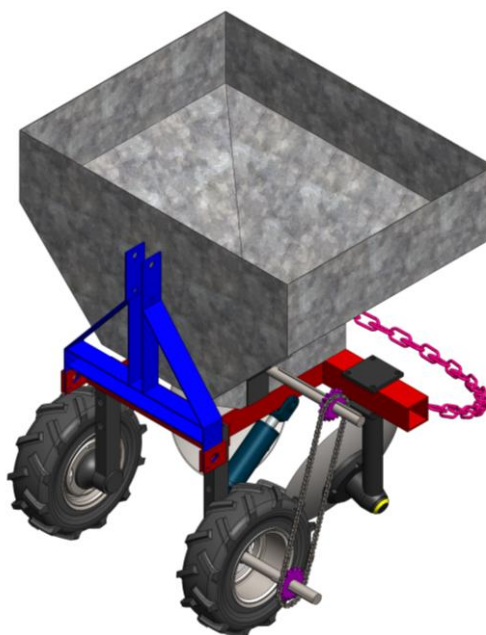


Figura 60. Concepção 4 do encanteirador e depositador de fertilizantes originada da estrutura funcional D.

5.11. Selecionar e avaliar concepção

Os resultados oriundos da aplicação da matriz de decisão ou Método de Pugh são apresentados na Tabela 5. A aplicação desta matriz para a escolha da seleção da concepção mais promissora para posterior evolução é recomendado por Rozenfeld et al. (2006). Utilizou-se como critérios de avaliação os requisitos de cliente. Por considerar-se que as especificações-metas apresentaram um nível elevado de abstração, a concepção 1 foi definida como referência para o preenchimento da referida matriz.

As demais concepções foram pontuadas, de acordo com o grau de importância estabelecidos pela equipe de projeto, chegando-se aos seguintes resultados: a concepção 2 obteve 40 pontos, a concepção 3 recebeu 5 pontos e a concepção 4 atingiu 25 pontos. Relacionando-se as concepções quanto à adequação aos requisitos de clientes (critérios técnicos) e tomando-se como base os resultados da matriz de avaliação, a concepção 2 foi a que apresentou melhor pontuação, tendo sido a escolhida para posterior evolução.

Os requisitos de cliente **ter largura variável** e **conformar canteiro**, nas concepções 2, 3 e 4 obtiveram 1 ponto, visto possuírem largura superior a concepção de referência, possibilitando a conformação de canteiros mais largos. Já

com relação ao requisito de cliente **ter baixa potência de acionamento**, a concepção 2 obteve 1 ponto, já que possui massa menor que a concepção de referência, sendo que a concepção 3 obteve nota zero, por possuir haste para mobilização do solo e sistema de acionamento pela TDP, fazendo com que a máquina, desta forma, apresente maior massa. A concepção 4, obteve 2 pontos, porque permite o engate pela barra de tração, exigindo menor potência do trator para executar a operação.

Nos requisitos de cliente **ser fácil de montar e ter baixo custo**, as concepções 3 e 4 atingiram -1 ponto, pois apresentam caixa de transmissão e cilindro hidráulico respectivamente, elementos que dificultam a montagem do equipamento e elevando seu custo de fabricação. Já a concepção 2 recebeu 2 pontos no requisito de cliente **ter baixo custo**, pois apresenta componentes de simples fabricação. O requisito de cliente **ter baixa massa**, tem relação ao número de componentes e a massa que possuem, por ser aquela de menor massa a concepção 4 obteve 2 pontos.

As concepções 2 e 4 ganharam -1 ponto, no requisito de cliente **ter fácil abastecimento do reservatório**, pois a entrada de fertilizante no reservatório é muito alta, dificultando o abastecimento, já a concepção 3 o local de abastecimento encontra-se a 1,30m de altura e nas concepções 2 e 4 é a 1,50m de altura. No requisito de cliente **ter dosagem variável**, as concepções 2 e 4 receberam 1 ponto, uma vez que possuem 3 saídas para a aplicação de fertilizante. Atribuiu-se 1 ponto a concepção 3 no requisito de cliente **ser fácil de regular**, pois não possui roda e assim a regulagem de altura fica por conta do trator.

Nos requisitos de cliente **ter manutenção fácil e ter pouca manutenção**, a concepção 2 obteve 1 ponto visto que apresenta menor número de componentes. Nos requisitos de cliente **incorporar fertilizante, ter profundidade variável de deposição do fertilizante, depositar uniformemente fertilizante e ter durabilidade** as concepções 2, 3 e 4 não apresentam diferenças expressivas da concepção de referência, consequentemente ficando com nota zero nestes requisitos.

Tabela 5. Matriz de decisão das concepções.

Critério técnicos (Requisitos de clientes)	Classe do requisito de cliente	Concepção de referência	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Ter largura variável	5	0	1	1	1
Ter baixa potência de acionamento	6	0	1	0	2
Ser fácil de montar	1	0	0	-1	-1
Incorporar fertilizante	9	0	0	0	0
Ter profundidade variável de deposição do fertilizante	3	0	0	0	0
Ter baixo custo	3	0	2	-1	-1
Depositar uniformemente fertilizante	9	0	0	0	0
Conformar canteiro	10	0	1	1	1
Ter baixa massa	9	0	1	0	2
Ter fácil abastecimento do reservatório	6	0	-1	0	-1
Ter dosagem variável	9	0	1	0	1
Ser fácil de regular	2	0	0	1	0
Ter manutenção fácil	2	0	1	0	1
Ter durabilidade	1	0	0	0	0
Ter baixa manutenção	2	0	1	0	0

5.12. Evoluir concepção selecionada

A equipe de projeto, analisando os resultados da Matriz de decisão, verificou que alguns princípios de solução, presentes nas concepções 1, 3 e 4, foram os mais promissores e que melhor se adéquam a concepção escolhida. Desta forma foram sugeridas modificações na concepção escolhida, a fim de desenvolver aquela considerada ideal pelos membros da equipe.

As principais alterações sugeridas foram:

- 1- Inclusão de uma corrente na parte traseira do maquinário para o nivelamento do canteiro;
- 2- Trocar o reservatório de fertilizante, por um mais baixo, desta maneira, facilitando o abastecimento;
- 3- Trocar o chassi por um que permita sustentar o novo reservatório e conformar canteiros com largura de até 1,10m, possibilitando trabalhar com as culturas produzidas pelos agricultores entrevistados, segundo o Anexo A;
- 4- Redimensionar os eixos de transmissão e a inclusão de mancais nas extremidades destes;
- 5- Retirar a regulagem do vão livre horizontal, pois não interfere na conformação do canteiro, com isto se consegue reduzir a massa da máquina;
- 6- Colocar um suporte para aumentar o volume do reservatório;

Na Figura 61 podem ser observadas as alterações propostas pela equipe de projeto com a otimização e evolução da concepção 2 selecionada, a qual apresenta massa calculada de 317,49kg e um reservatório com capacidade volumétrica de 0,74m³, o qual possui capacidade para 629kg de cama de aviário segundo Figueroa et al. (2009 e 2012) e 318kg de esterco sólido de bovinos de acordo com EPAMIG (2011).

A evolução da concepção proporcionará a ampliação do reservatório, caso o produtor tenha um trator apropriado, permitindo maior capacidade de abastecimento e conseqüentemente menos paradas para o reabastecimento do reservatório. A máquina permitirá a redução o número de homens/hora para realizar as tarefas, pois com o número cada vez menor de pessoas que ficam na propriedade familiar reduzir o número de pessoas trabalhando e/ou fazer que o rendimento aumente em determinadas tarefas se faz necessário.

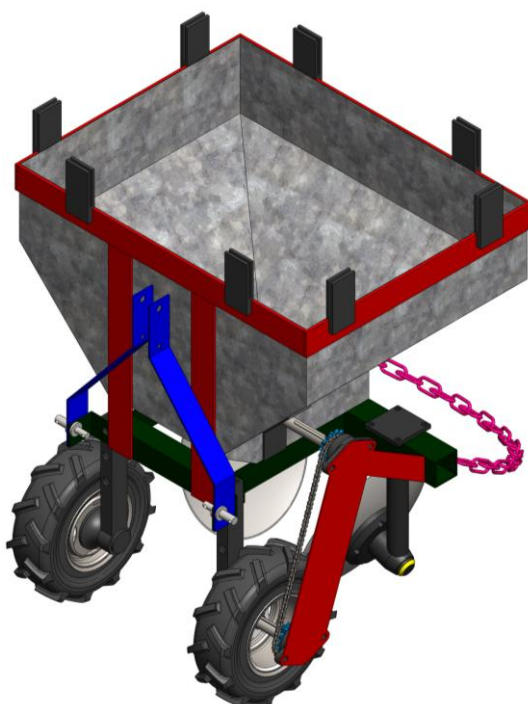


Figura 61. Concepção final evoluída do Encanteirador e depositor de fertilizantes para tratores de baixa potência estabelecido através da combinação dos princípios de solução mais promissores.

6. CONCLUSÃO

Por meio do presente trabalho foi possível gerar a concepção de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar, segundo as recomendações agronômicas, fertilizante no estado sólido, com necessidade de acionamento inferior a 25kW de potência no motor, atendendo às necessidades dos agricultores familiares, principalmente no que se refere a redução do tempo e esforço na execução destas tarefas, contribuindo-se para maior agilidade e qualidade na execução destas tarefas.

Na concepção aprimorada, a conformação dos canteiros é realizada por meio de discos, o qual, ocasiona menor demanda energética que as aivecas, já que os solos da região são pedregosos. Através do estudo pressupõem-se que esta concepção apresenta configuração simples de ser construída, com baixo custo de fabricação e montagem e, também algumas peculiaridades em relação as máquinas existentes no mercado como, baixo custo, facilidade em abastecer o reservatório e deposição uniforme de fertilizante, os quais, foram as necessidades mais valoradas pelos agricultores entrevistados.

REFERÊNCIAS

- AGROMAC. **Informativo técnico**. 2003. Disponível em: <<http://www.agromac.com.br/arq/201506221548231666173680.pdf>>. Acesso em 25 set. 2015.
- ANDA. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas**. São Paulo, SP, 2000. 72 p. (ANDA, Boletim Técnico, 4).
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Perda de Solo em Cultivo de Tabaco Sob Diferentes Formas de Cultivo na Região Sudeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, p. 455-469, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 730:2011, **Tratores agrícolas de rodas - Engate traseiro de três pontos - Categorias 1 N, 1, 2 N, 2, 3 N, 3, 4 N e 4**. Rio de Janeiro, 2011.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 601p.
- BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**, Brasília, 2004.
- BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretiva, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**, Brasília, 1980.
- BRASIL. Lei nº 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.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 15 de 22 de dezembro de 2004. Aprova as Definições e Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004.
- BUDNY. Setor agrícola. Disponível em: <<http://www.budny.com.br>>. Acesso em 16 ago. 2013.
- BUDNY, L. C. **Arado duplo com subsolador e adubador**. PI0803206-8 A2. Julho, 2008. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=774971&SearchParameter=PI0803206-8%20A2>>
- CARDOSO, A. D. et al. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, dez. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000400009>>. Acesso em 18 ago. 2014.

COLET, A. **Sistema dosador de fertilizante**. MU 8601195-2 U. Junho, 2006.

Disponível

em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=710261&SearchParameter=MU%208601195-2%20U>>. Acesso em 28 set. 2015.

CORREA, C. V. et al. Produção de beterraba em função do espaçamento.

Horticultura Brasileira, Vitória da Conquista, v. 32, n. 1, mar. 2014. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100019>>. Acesso em 18 ago. 2014.

COSTA, N. D, **A cultura da cebola**. Brasília, DF, 2002. 107 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Coleção Plantar, 45).

CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. de O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVERENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Sete Lagoas, MG, 2006. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 81).

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and tillage research**, v. 11, n. 3, p. 199-238, 1988. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167198788900025>>. Acesso em 21 set. 2015.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. 212 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

EHLERT. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.ehlert.com.br>>. Acesso em 25 set. 2015.

EMATER. **Sistema de produção para a cultura do fumo**. Maceió, AL, 1981. 27 p. (EMATER-AL. Sistemas de Produção. Boletim, 286).

EMBRAPA. **A cultura da cenoura hortalíças**. Brasília, DF, 1999. 77 p. (EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia. Coleção Plantar, 43).

EMBRAPA. **Calagem e adubação**. Brasília, DF, 1995. 59 p. (EMBRAPA – Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Coleção Saber, 1).

EMBRAPA. **Como implantar e conduzir uma horta de pequeno porte**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 24 p.

EMBRAPA. **Composto orgânico**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1995. 12p. (EMBRAPA-CNPMF. Circular Técnica, 23).

EMBRAPA. **Hortas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF, 2009. 237 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

EMBRAPA. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortalíças**. Brasília, DF, 2008. 12 p. (Embrapa Hortalíças. Circular Técnica, 46).

EMBRAPA. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura da Cenoura**. Brasília, DF, 2004. 61 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Qualidade e Segurança dos Alimentos).

EMBRAPA. **Produção de cenouras na região de Manaus, Amazonas**. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1989. 15 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Circular Técnica, 15).

EMBRAPA. **Projeto horta solidária: cultivo de hortaliças**. Jaguariúna, SP, 2005. 17 p. (EMBRAPA Meio Ambiente. Encarte: Hortaliças: importância nutricional e cultivo).

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Brasília, DF, 2007. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 47).

EMBRAPA. **Sistemas de Produção para a cultura do Fumo**. Arapiraca, AL, 1975. 24p. (EMBRAPA. Circular, 75).

EMBRAPA. **Sistemas de Produção para Tomate**. Miguel Pereira, RJ, 1978. 33 p. (Boletim, 143).

EMBRATER & EMBRAPA. **Sistema de Produção para Alface; Distrito Federal**. Brasília, DF, 1977. 16 p. (Sistemas de Produção. Boletim. 75).

EMBRATER. **Sistemas de produção para a cultura da cenoura**. Lavras, MG, 1987. 26p. (EMATER-MG. Sistemas de Produção. Boletim, 154).

EMBRATER. **Sistema de produção para pimentão – Bahia**. Jaguaquara, BA, 1982. 40 p. (EMTER-BA. Série: Sistema de Produção. Boletim, 371).

EPAGRI. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Chapecó, SC, 2005. 11 p (EPAGRI/CEPAF).

EPAMIG. **Adubação nitrogenada da bananeira ‘prata-anã’ com diferentes fontes**. Belo Horizonte, MG, 2011. 6p. (EPAMIG-MG. Circular Técnica, 137).

FAO - The State of Food and Agriculture. **Innovation in family farming**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>>. Acesso em 24 nov. 2014.

FAOSTAT - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Relatório dos 20 países com maior produção de alimentos de commodities agrícolas**. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 31 mar. 2014.

FIGUEROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHOLTER, S. **Efeito do esterco de ave poedeira no rendimento de grãos de trigo**. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante. Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/015.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2015.

FIGUEROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHOLTER, S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient**. Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 714-720, July 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000700003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 29 abr. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000700003>.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. - Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 421 p.

FILHO. A. S. Implemento adubador duas linhas. MU 7800003-3 U. Janeiro, 1998. Disponível em:

<<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedi>

do=323875&SearchParameter=MU%207800003-3%20U>. Acesso em: 21 dez. 2013.

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, F. A. **Projeto conceitual**. Apostila. Nedip, UFSC, Florianópolis, 2003.

GALETI, P. A. **Mecanização Agrícola: Preparo do Solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 207 p.

HEEMANN, F. **O cultivo do fumo e condições de saúde e segurança dos trabalhadores rurais**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/22063>>. Acesso em: 13 set. 2015.

JUNIOR, J. A. L. et al. **Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo**. Rev. bras. eng. agríc. Ambiente. Campina Grande, v. 16, n. 5, maio 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000500007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 23 jul. 2014.

KAISE, D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

LAVRALE. **Implementos - Enxadas Rotativas**. Disponível em: <<http://www.lavrale.com.br>>. Acesso em 22 set. 2013.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. B.; ALONÇO, A. S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2.ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2005. 253p.

MARCHESAN. Distribuidor de calcário e adubo. Disponível em: <<http://www.marchesan.com.br>>. Acesso em 26 ago. 2013.

MEDEIROS, D. C. et al. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v.25 n.3 Brasília jul./set. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000300021>>. Acesso em 17 ago. 2014.

MINAMI. **Máquinas agrícolas para hortaliças**. Disponível em: <<http://www.minami.ind.br>>. Acesso em 15 jun. 2013.

MINAMI. **Máquinas agrícolas para pecuária**. Disponível em: <<http://www.minami.ind.br>>. Acesso em 26 jan. 2014.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, A. V. Dos; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T. **Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas**. Eng. Agríc, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 161-170, fev. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000100017&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 09 jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000100017>.

OLDONI, A. **Colhedora-beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: Projeto informacional e conceitual**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

OLIVEIRA, N. G. de. et al. Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n. 1, Mar. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000100023>>. Acesso em 14 jan. 2014.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHOUSEN, 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.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo** - São Paulo, SP. Saraiva, 2006.

SATHYA MAQUINÁRIAS. **Preparação do solo**. Disponível em: <<http://www.sathyamaquinarias.com>>. Acesso em 25 set. 2015.

SILVA, E. M. Implemento adubador sulcador para cana de açúcar. PI 1105051-9 A2. Novembro, 2011. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=887773&SearchParameter=PI%201105051-9%20A2>>. Acesso em 01 mar. 2013.

SILVA, J. G. da; MOREIRA, J. A. A. **Preparo do solo**. In: Noris Regina Vieira; Alberto Baeta dos santos; Evaldo Pacheco Sant'ana. (Org.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, p. 308-326.

SILVA, S. P.; Eloy, A. F. **Impactos econômicos do PRONAF em territórios rurais: um estudo para o Médio Jequitinhonha - MG**. Revista Econômica do Nordeste, v. 40, p. 481-498, 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

SOUZA CRUZ. Plantio-Fases da plantação de fumo. Porto Alegre, RS. 2011. Disponível em:

<http://www.souzacruz.com.br/group/sites/SOU_7UVF24.nsf/vwPagesWebLive/DO7V9KLC?opendocument&SKN=1>. Acesso em: 15 set. 2015.

SPAGNOLO, R. T. **Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor**. 2014. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

SPECHT, A. et al. Ocorrência de *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) em fumo (*Nicotiana tabacum* L.) no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 35, n. 5, pp. 705-706. Out. 2006. ISSN 1519-566X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000500020>>. Acesso em 30 mar. 2014.

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. Dos; MACHADO, R. L.T.; MORAIS, C. S. **Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana**. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1583-1588, set. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-

84782014000901583&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 24 jun. 2015.
<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130020>.

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.

TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T; REIS, A. V. Dos; OLDONI, A. **Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.1, p.162-171, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v29n1/a16v29n1.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2015. doi: 10.1590/S0100-69162009000100016.

Worthy, C. W.; Edwin, L. C. **Combination seeder and fertilizer**. 2.090.525. Agosto, 1937. Disponível em: <<http://www.uspto.gov>>. Acesso em: 23 dez. 2013.

ZARATE, N. A. H. et al. Cobertura do solo com cama-de-frango, com e sem amontoa, na produção de beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. spe, dez. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000700002>>. Acesso em 18 ago. 2014.

Apêndices

Apêndice A - Formulário aplicado aos agricultores familiares.



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



Entrevista

Nº

01 - Qual o tamanho de sua propriedade e quantos hectares são destinados para o plantio de tabaco?

02 - Qual a produção média de tabaco por hectare?

03 - Além do tabaco, quais culturas que são produzidas na propriedade que são cultivadas em canteiro?

1ª	4ª
2ª	5ª
3ª	6ª

04 - Qual o tipo de implemento agrícola o senhor(a) utilizado para adubar e encanteirar?

05- Qual a altura dos canteiros?

Fumo:

Outros:

06 - Qual a largura do canteiro?

Fumo:

Outros:

07 - Qual o tipo de adubo o senhor(a) usa para o tabaco? Se usar adubo natural (cama de aviário, esterco bovino e etc...), onde compra? Valor? Usa algum tipo de tratamento antes de aplica-lo no solo?

08 - Qual a quantidade de adubo o senhor(a) usa por hectare ou metro quadrado?

09 – O adubo é distribuído ou incorporado no canteiro?

10 - Qual a fonte de tração?

☐	Animal	Espécie: _____	Quantos: _____		
☐	Trator 4x4	potência: _____	marca: _____	modelo: _____	
☐	Trator 4x2	potência: _____	marca: _____	modelo: _____	
☐	Trator de 2 rodas	potência: _____	marca: _____	modelo: _____	

11 – Se o senhor(a) fosse comprar um implemento para encanteirar e adubar, o que influenciaria sua escolha: Escolha três itens:

() Baixo custo. () Fácil de manobrar. () Fácil manutenção. () Segurança.
() Facilidade em abastecer o reservatório. () Ergonômica. () Durabilidade.
() Baixa potência de acionamento. () deposição uniformemente de fertilizante.
Outra:

12 -Qual valor o senhor(a) estaria disposto a pagar por este tipo de máquina?

Nome do proprietário: _____

Localização da propriedade: _____

Obrigado por sua colaboração!

Apêndice B - Registros de patentes encontrados.

Ano	Autor(es)	Título	Nº da patente
1935	Carrier W. Worthy e Leonard C. Edwin	Combination seeder and fertilizer	2.090.525
1983	Luiz Marchesan	Aperfeiçoamentos in seasoning deliverers solidos for you scheme of plantation	BR8301401
1993	Nelson Stieven	Distribuidor de adubo orgânico sólido com tração animal	MU 7301810-4 U
1998	André Stoianovi Filho	Implemento adubador duas linhas	MU 7800003-3 U
2003	Luiz Borges e Alberto Borges	Aperfeiçoamento em cultivador, subsolador, adubador para soqueira de cana-de-açúcar	MU 8302950-8 U
2003	Ronildo Donizete Feroldi	Aperfeiçoamento em dispositivo cultivador para tratores de pequeno porte	PI 0307128-6 A
2004	Renato Corsini e Luiz Fernando da Silva	Adubador Longitudinal	MU 8401705-8 U
2005	Luisi João Pereto Colet	Dosador de adubo	MU 8501481-8 U
2006	Alcivone Colet	Dosador de adubo	MU 8601195-2 U
2007	Kim Wan Soo	Two lines manure distributor which is possible for the multiple works in which the portability of the agricultural machine is remarkably improved	KR20080098866
2007	Pedro Martini	Dosador de adubo para cana e outros implementos agrícola	MU 8702193-5 U2
2008	Decheng Pan, Zhanpeng Wu, Hongbo Yu, Guolin Yan, Hong Fu, Hongyue Chen, Huixin Wang, Puxiang Shi, Baozhi Zhai e Yusheng Wang	Drought-resisting sowing machine for pea nut	CN201222859U
2008	Hou Yukun	Double-plow cultivator-fertilizer	CN201234457U
2008	Kang Hyung Mo, kwon Byong Cheol e Ko Jun Bin	Organic fertilizer spreader	KR20090099738
2008	Luiz Carlos Budny	Arado duplo com subsolador e adubador	PI0803206-8 A2
2008	Xuejun Yang, Lijing Liu, Zhangrong Li e Diansheng Liu	Fertilizer feeder	CN201256541U
2009	Guerrieri Gonzaga Edoardo	Agricultural machine	IT2009MN0015
2009	Lianfei Liu	Multifunctional mountainous region precise seeder	CN201388374U
2009	Lianfei Liu	Precision seeder for four-row mountainous land	CN201355914U
2010	Shien Liu	Ridging and fertilizing machine	CN201805684U
2010	Xinyun Song e Zhiming Ding	Integrated agricultural machine for rotary tillage, ditching and fertilizing	CN201690746U
2011	----	Combined instrument for the deep working of the soil	RU-109633
2011	Alexandre Antônio Felizari	Dosador de adubo de precisão	MU 9101034-9 U2

2011	Antônio Pettirossi	A dual-purpose agricultural machine	IT2011AN0006U
2011	Bingbao Yao	Precision seeder for mountainous region	CN201947635U
2011	Eliezer Martins Da Silva	Implemento adubador sulcador para cana de açúcar	PI 1105051-9 A2
2011	Feng Jiao, Jinhua Wu e Ruichang Zhai	Ridging, fertilizing and seeding machine for potatoes	CN202222130U
2012	Haifu Guo e Hongjun Du	Stubble stalk returning multi-process combined tilling and sowing machine	CN202406481U
2012	Liu Baoyu	Post-positioned drag type fertilizer distributor	CN202941135U
2012	Wang Qingxuan	Multifunctional miniature agricultural machine	CN202857252U
2012	Yali Zhou, Xiangxin Liu, Lei He, Yan Zhao, Xianghui Yan, Shengjun Li e Zhaoming Zhang	Active anti-blockage type zero-tillage precision seed planter	CN102550149
2012	Yulong Zhu, Qiushi Li e Yiyu Zhu	Ditching fertilizer applicator capable of adjusting depth	CN102523806
2012	Yuxiang Cheng	Adjustable plowing and fertilizing machine	CN202406482U

Anexos

Anexo A - Informações gerais sobre o cultivo de hortaliças.

Espécie	Tipo de Plantio	Espaçamento (linha x planta) (m)	Início da Colheita (dias)	Produtividade normal em 10m ²
Acelga	Muda/Canteiro	0,40 x 0,30	60 - 70	15 – 20kg
Alface	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 - 90	160pés
Alface verão	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 - 80	160pés
Alho	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	150 - 180	4 – 6kg
Almeirão	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 - 90	160pés
Batata	Direto/Sulco	0,90 x 0,30	110 - 120	20 – 30kg
Batata-baroa	Direto/Leira	0,80 x 0,30	240 - 360	10 – 20kg
Batata-doce	Direto/Leira	0,90 x 0,30	120 - 150	10 – 15kg
Berinjela	Direto/Muda	1,20 x 1,00	90 - 100	80kg
Beterraba	Direto/Canteiro	0,20 x 0,10	60 - 80	30 – 40kg
Brócolos	Muda/Covas	0,90 x 0,50	90 - 100	10 – 30kg
Cebola	Muda/Canteiro	0,40 x 0,10	100 - 120	10 – 20kg
Cebolinha	Muda/Canteiro	0,25 x 0,15	70 - 90	6kg
Cenoura	Direto/Canteiro	0,20 x 0,05	90 - 110	20 – 30kg
Chicória	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	80 - 90	160pés
Couve	Muda/Covas	0,90 x 0,50	70 - 90	16molhos
Coentro	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	50 - 70	6kg
Couve-flor	Muda/Covas	0,90 x 0,50	100 - 110	10 – 12kg
Ervilha torta	Direto/Covas	0,90 x 0,40	70 - 90	9 – 10kg
Ervilha grão	Direto/Sulco raso	0,25 x 0,07	100 - 110	2 – 3kg
Espinafre	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	60 - 70	40 – 50molhos
Feijão vagem	Direto/Cova	1,00 x 0,50	60 - 80	20 – 25kg
Inhame	Direto/Sulco	0,90 x 0,20	170 - 210	10 – 15kg
Morango	Muda	0,30 x 0,20	70 - 80	30 – 40kg
Mostarda	Muda	0,40 x 0,40	60 - 70	62pés
Pepino	Direto/Muda	1,00 x 0,50	70 - 80	40 – 50kg
Pimentão	Muda	1,00 x 0,50	100 - 110	30 – 40kg
Quiabo	Direto/Muda	1,00 x 0,40	90 - 100	15 – 22kg
Rabanete	Direto	0,25 x 0,05	30 - 35	15 – 30kg
Repolho	Muda	0,80 x 0,40	85 - 95	30 – 60kg
Repolho verão	Muda	0,80 x 0,40	85 - 90	30 – 60kg
Salsa	Direto/Muda	0,25 x 0,10	65 - 70	6kg
Tomate	Muda	1,00 x 0,50	90 - 100	50 – 100kg

Fonte: Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. EMBRAPA, 2007.