

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



Dissertação

**Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla
saída para milho e feijão**

LEONARDO ROCHEFORT VIANNA

Pelotas, 2013

Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para milho e feijão

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (linha de pesquisa: Avaliação, otimização e desenvolvimento de tecnologias em mecanização agrícola).

Orientador: Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis
Co-Orientador: Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado

Pelotas, 2013

Catálogo na fonte
Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

V614dVianna, Leonardo Rochefort

Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para milho e feijão / Leonardo Rochefort Vianna; orientador Ângelo Vieira dos Reis. - Pelotas, 2013.

77 f. :il

Dissertação (Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola familiar). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1. Dosador de precisão 2. Mecanização 3. Agricultura familiar I. Reis, Ângelo Vieira dos (orientador)
II. Título

CDD 633

Banca examinadora

.....

Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis

.....

Prof. Dr. Amauri Cruz do Espírito Santo

.....

Prof. Dr. Mauro Fernando Ferreira

Agradecimentos

Agradeço inicialmente ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPG-SPAF) pela possibilidade de engajar-me em pesquisas voltadas às necessidades de trabalhadores tão importantes à agricultura nacional.

A ajuda profissional inestimável dos professores Doutores Ângelo Vieira dos Reis, Roberto Lilles Tavares Machado, Antônio Lilles Tavares Machado, Mauro Fernando Ferreira e Fabrício Ardaís Medeiros, além de paciência, amizade e disponibilidade para comigo neste período de convivência no Departamento de Engenharia Rural da FAEM/ UFPel sob suas orientações.

Agradeço aos colegas professores da Coordenadoria do Curso Técnico em Mecânica do Instituto Federal Sul Rio-Grandense, *campus* Pelotas, pelo seu apoio nos momentos mais difíceis desta jornada.

A minha família pela compreensão e apoio irrestritos, fundamentais neste período.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu Muito obrigado a todos!

Resumo

VIANNA, L. R. **Projeto de dosador de sementes com dupla saída para milho e feijão**. 2013. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A agricultura familiar representa uma parte significativa da produção agrícola nacional, conseqüentemente, uma importante componente do produto interno bruto brasileiro. A importância da mecanização das operações agrícolas para o desenvolvimento da agricultura familiar é clara. O aperfeiçoamento e adequação do uso dos implementos utilizados nas unidades familiares de produção é condição fundamental para o desenvolvimento da agricultura familiar. Com a intenção de fornecer uma alternativa técnica e economicamente adequada aos pequenos agricultores, foi desenvolvido o projeto e construção de protótipo de um dosador de sementes do tipo disco horizontal com duas saídas de sementes para as culturas de milho e feijão, que, posteriormente, será parte de uma semeadora de pequeno porte que atenda as necessidades da agricultura familiar. Este dispositivo deverá ser compatível com os recursos financeiros e os demais equipamentos disponíveis neste tipo de propriedade agrícola, bem como utilizar processos de fabricação usuais, adequados a realidade dos fabricantes que se dedicam a equipamentos voltados à agricultura familiar. A metodologia utilizada no projeto da concepção do dosador foi desenvolvida pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, que se baseia em um modelo consensual que divide o processo de projeto em quatro fases principais: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Neste trabalho são abordadas as fases de projeto informacional, projeto conceitual e projeto preliminar, além do estudo de princípios de solução aplicáveis ao desenvolvimento do produto. Foram obtidos requisitos de projeto que evoluíram para uma concepção, que foi empregada para desenvolver o projeto do dosador. O protótipo foi finalizado e testado quanto à regularidade de dosagem das saídas. Os resultados alcançados foram satisfatórios, atingindo significativamente as metas previamente estabelecidas. Os processos de fabricação mecânica envolvidos no desenvolvimento do protótipo são considerados usuais no ramo metalmeccânico. Foram incorporados ao protótipo componentes disponibilizados no mercado de peças de reposição para dosadores de sementes de disco horizontal, reduzindo custos de desenvolvimento de novos componentes. O protótipo teve desempenho similar ao ensaio realizado em dosador comercial semelhante, indicando a viabilidade de sua utilização no projeto de uma semeadora de precisão para pequenos agricultores.

Palavras-chave: Dosador de precisão, mecanização, agricultura familiar.

Abstract

VIANNA, L.R. **Design of a disc plate meter with double seed outlets for corn and bean.** 2013. 79p. Master's Thesis (Master Science). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Family farming is a significant part of national agricultural production, thus, an important component of the Brazilian gross domestic product. The importance of mechanization of agricultural operations for the development of family farming is clear. The improvement and adaptation of the use of the implements used in family production units is a prerequisite for the development of family farming. With the intention of providing an alternative technically and economically appropriate to small farmers, has been designed and built a prototype of a disc plate seed meter with two seed outlets for corn and beans, which will later be part of a small planter that meets the needs of family farming. This device should be compatible with the financial resources and other equipment available in this type of farm, as well as using the usual manufacturing processes, suited to the realities of manufacturers who are dedicated to equipment designed for family farming. The methodology used in the design of the meter conception was developed by the Department of Mechanical Engineering, Federal University of Santa Catarina, which is based on a consensus model that divides the design process into four main phases: informational design, conceptual design, embodiment design and detailed design. This study discusses the phases of informational design, conceptual design and embodiment design, besides the study of solution principles applicable to product development. Design requirements were obtained that have evolved to a conception, which was used to develop the design of the meter. The prototype was completed and tested for uniform metering of outputs. The results were satisfactory, reaching significant goals previously established. The mechanical fabrication processes involved in the development of the prototype are considered customary in metalworking industry. The prototype incorporated components available on the market of spare parts for disc plate meters, reducing development costs of new components. The prototype has similar performance testing of analogous commercial metering, indicating the feasibility of its use in the design of a planter for small farmers.

Keywords: Metering accuracy, mechanization, family farming.

Lista de Figuras

Figura 1	Classificação dos dosadores.....	24
Figura 2	Vista explodida de dosador marca SEMEATO.....	25
Figura 3	Desenho esquemático de cadeia cinemática de uma semeadora típica	25
Figura 4	Modelo de processo de projeto proposto	28
Figura 5	Etapas do projeto informacional.....	29
Figura 6	Etapas do projeto conceitual	30
Figura 7	Etapas do projeto preliminar.....	31
Figura 8	Relação entre tolerância e rugosidade superficial.....	34
Figura 9	Representação do princípio do torneamento	36
Figura 10	Representação da operação de fresamento, onde (a) fresamento tangencial e (b) fresamento de topo.....	36
Figura 11	Terminologia de brocas helicoidais	37
Figura 12	Torno mecânico universal, IFSul – Mecânica.....	44
Figura 13	Fresadora SUNLIKE.....	44
Figura 14	Dosadores das marcas Imasa modelo Multi semeador, KF modelo5030, Vence Tudo modelo SA9400 e Semeato modelo PH3.....	45
Figura 15	Conjunto de dinamômetros	46
Figura 16	Posicionamento para medição da força de acionamento.....	46
Figura 17	Ponto de aplicação da força de acionamento	47
Figura 18	Dosador de dupla saída montado na bancada de testes.....	49
Figura 19	Disco com orifícios oblongos (esquerda) e anel espaçador com duas aberturas (direita)	50
Figura 20	Matriz da casa da qualidade do dosador de precisão para sementes de milho e feijão com dupla saída.....	54
Figura 21	Estrutura funcional global do sistema de dosador de sementes	57
Figura 22	Funções parciais do dosador de sementes.....	58
Figura 23	Funções parciais do dosador de sementes com dupla saída.....	59
Figura 24	Matriz morfológica para dosador de sementes com dupla saída	60
Figura 25	Concepção do dosador de sementes com dupla saída.....	61
Figura 26	Vista lateral do corpo inferior com saída de sementes inclinada	62
Figura 27	Modelo em madeira.....	63

Figura 28	Moldação manual em caixa de areia.....	63
Figura 29	Caixa de areia com molde.....	63
Figura 30	Destorroamento manual.....	63
Figura 31	Rebarbação manual.....	63
Figura 32	Corpo superior torneado.....	64
Figura 33	Corpo intermediário torneado.....	64
Figura 34	Corpo inferior torneado e com demais partes já montadas (rolamento do eixo, saídas inclinadas e fechos laterais).....	64
Figura 35	Saída de sementes do corpo intermediário.....	65
Figura 36	Saída de sementes do corpo intermediário.....	65
Figura 37	Furação.....	65
Figura 38	Furação.....	65
Figura 39	Protótipo do dosador de sementes de disco horizontal com dupla saída.....	66
Figura 40	Eixo flexível diâmetro 3,17mm (1/8") (esquerda) e eixo flexível diâmetro 6mm (direita).....	69
Figura 41	Conjunto de engrenagens cônicas (esquerda) e eixo cardã (direita).....	69

Lista de Tabelas

Tabela 1	Qualidades de trabalho, grupos de qualidade	32
Tabela 2	Classes de tolerâncias IT em função de processos de fabricação convencionais.....	33
Tabela 3	Parâmetros dimensionais das sementes de feijão	49
Tabela 4	Torque médio nos dosadores com e sem a presença do defletor e análise estatística	67
Tabela 5	Torque calculado nos dosadores com a presença de sementes de feijão e defletor	67
Tabela 6	Número médio de sementes dosadas em três rotações do disco	70
Tabela 7	Médias da porcentagem de enchimento de células em cada rotação	70
Tabela 8	Resultado do ensaio de montagem/desmontagem	71

Lista de Quadros

Quadro 1	Síntese dos requisitos de clientes separados por fases do ciclo de vida do produto	52
Quadro 2	Especificações de projeto para dosador de precisão para sementes de milho e feijão com dupla saída	56
Quadro 3	Entradas e saídas do sistema técnico dosador de sementes	58
Quadro 4	Detalhamento das funções parciais	59

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DER	Departamento de Engenharia Rural
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAEM	Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Hectare	Unidade de área que corresponde a 10.000,0 m ² , [ha];
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
IFSul	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

Sumário

1	Introdução.....	14
1.1	Considerações gerais	14
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
2	Revisão bibliográfica	17
2.1	A agricultura familiar.....	17
2.1.1	A importância	17
2.1.2	A mecanização	18
2.2	Semeadura de precisão	20
2.2.1	Considerações Gerais.....	20
2.2.2	Semeadoras de precisão	20
2.2.3	Dosadores de sementes	23
2.2.4	Arranjos produtivos das culturas de milho e feijão	26
2.3	Aspectos da utilização da metodologia de projeto com abordagem sistemática.....	27
2.4	Tecnologia mecânica aplicada ao projeto.....	32
2.4.1	Qualidade versus custos de fabricação	32
2.4.2	Processos de fabricação utilizados na construção do protótipo	34
3	Material e métodos.....	38
3.1	Metodologia de projeto aplicada ao desenvolvimento do produto	38
3.1.1	Projeto informacional.....	38
3.1.2	Projeto conceitual	41
3.1.3	Projeto preliminar.....	42
3.2	Construção do protótipo	42
3.3	Ensaio de torque de acionamento de dosadores	45
3.4	Testes de funcionamento do dosador.....	48
3.4.1	Testes do eixo flexível	48
3.4.2	Teste funcional do dosador.....	48

3.4.3 Teste de montagem e desmontagem.....	51
4 Resultados e discussão.....	52
4.1 Especificações de projeto	52
4.2 Determinação da função global do dosador	57
4.3 Pesquisa por princípios de solução	60
4.4 Concepção proposta para solução do problema	60
4.5 Construção do protótipo	62
4.6 Ensaio de torque de acionamento de dosadores	66
4.7 Testes de funcionamento	68
4.7.1 Testes do eixo flexível	68
4.7.2 Teste de dosagem	69
4.7.3 Teste de montagem e desmontagem.....	71
5Conclusões	72
6 Sugestões para trabalhos futuros	73
Referências Bibliográficas	74

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

A agricultura familiar representa uma parte significativa da produção agrícola nacional, conseqüentemente, uma importante componente do produto interno bruto brasileiro. Segundo Guilhoto et al. (2007), a geração de renda das cadeias produtivas da agricultura de base familiar representou 10% PIB nacional entre 1995 a 2005, o que corresponde, aproximadamente, a um terço do total das cadeias produtivas agropecuárias no mesmo período. Vale destacar que, segundo os autores, 44% desse valor deve-se a participação do PIB do agronegócio familiar da região Sul do país. Esta relevância se cristaliza através da implementação, em 1995, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, o PRONAF, que desde então disponibiliza um aporte significativo de recursos financeiros possibilitando ao produtor familiar elevar sua renda, além de aumentar o valor agregado de seu produto e valorizar sua propriedade, apoiado, principalmente, pela modernização de seus métodos de produção.

Segundo Porto (2002), a importância econômica e social da agricultura familiar na Zona Sul do Estado do Rio Grande do Sul é bastante expressiva, pois mais de 90% dos estabelecimentos agropecuários apresentavam, em 1995, atividades agrícolas de base familiar.

A importância da mecanização das operações agrícolas para o desenvolvimento da agricultura familiar é clara. Weiss (1998) concluiu que o aperfeiçoamento e adequação do uso dos implementos utilizados nas unidades familiares de produção é condição fundamental para o desenvolvimento da agricultura familiar. Segundo Santos et al. (1998), a inexistência de máquinas e implementos adequados as necessidades de trabalho nos estabelecimentos agrícolas de base familiar é um dos maiores entraves para o desenvolvimento da produção desse setor.

Grande parte das propriedades rurais de base familiar possui implementos que podem ser considerados incompatíveis com o tamanho dela, com capacidades

operacionais muito acima do requerido para esta atividade em particular. Conseqüentemente, esses equipamentos necessitam de tratores com porte superestimado para as tarefas em questão, gerando despesas operacionais desnecessárias, muitas vezes inviabilizando a sua utilização. O desenvolvimento de implementos favoreceria a utilização de tratores de pequena potência (Motores entre 14,7 e 29,4kW), que apresentam menor custo de aquisição, operação e manutenção, mais adequados a realidade econômica destas propriedades rurais.

Para que seja possível quantificar esta constatação, basta verificar que a massa de uma semeadora-adubadora para plantio direto de três linhas, acoplada pelo sistema de engate de três pontos, abastecida com fertilizante e sementes pode chegar a 1.180 kg. Esse valor supera a massa do próprio trator que poderia tracioná-la (um trator com 14,7 kW no motor, com tração dianteira assistida, massa de 1.100 kg).

Além disso, o desenvolvimento de implementos voltados à agricultura familiar forneceria uma alternativa para modernização dos métodos de produção dessa categoria de agricultores, aumentando a eficiência da produção com conseqüente aumento da renda e aumento do valor agregado de seu produto, permitindo o real desenvolvimento de uma Unidade de Produção Familiar.

Uma parcela significativa das indústrias de máquinas agrícolas ainda não atentou para o desenvolvimento de equipamentos destinados especificamente a pequenos produtores, o que torna o aprimoramento da mecanização agrícola para a agricultura de base familiar restrito, limitando a geração de renda. Pode-se considerar como principal fator limitante o custo elevado, em relação à renda de pequenos agricultores. Segundo o MDA (2010), o preço de uma semeadora de plantio direto com duas linhas para tratores de quatro rodas com potência no motor entre 11,0 a 13,2 kW é de R\$ 8.261,67, enquanto que para tratores entre 19,1 e 28,7 kW chega a R\$ 13.296,73. Já uma semeadora hidráulica de quatro linhas para tratores com motor de 36,8 kW pode custar R\$22.353,41.

Apesar de não haver estudos de quais tipos de semeadora sejam indicadas para determinado tipo de atividade agropecuária ou tamanho da propriedade, percebe-se no mercado de equipamentos a pouca oferta de implementos adequados aos pequenos produtores. Segundo Niemczewskiet al. (2010), atualmente o projeto de semeadoras destinadas às pequenas propriedades advém de soluções

empregadas nas máquinas de maior capacidade com pouco ou nenhum desenvolvimento tecnológico específico para a realidade da agricultura familiar.

Na intenção de fornecer uma alternativa tecnicamente adequada aos pequenos agricultores, será desenvolvido o projeto e a construção de protótipo de um dosador de sementes do tipo disco horizontal com duas saídas de sementes para as culturas de milho e feijão que, posteriormente, será parte de uma semeadora de pequeno porte que atenda as necessidades da agricultura familiar. Este componente deverá ser compatível com os recursos financeiros e os demais equipamentos disponíveis neste tipo de propriedade agrícola, bem como utilizar processos de fabricação usuais, adequados a realidades de pequenos fabricantes que se dedicam a equipamentos voltados à agricultura familiar.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do projeto é desenvolver um dosador de sementes, do tipo disco horizontal, para culturas de milho e feijão, de baixo custo de fabricação, baixo peso e que demande processos usuais de fabricação, possibilitando que até pequenas metalúrgicas tenham capacidade técnica de produzi-lo. Este dosador deverá inserir-se em uma semeadora desenvolvida especificamente para o pequeno produtor rural e incorporar componentes de dosadores de disco horizontal disponíveis no mercado, especialmente os de 190 mm de diâmetro.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1) definir os requisitos de projeto de dosador de dupla saída para sementes de milho e feijão;
- 2) definir uma concepção de dosador de sementes de dupla saída de baixo peso e custo;
- 3) definir uma concepção de cadeia cinemática para acionamentos do dosador de sementes;
- 4) projetar, construir e testar um protótipo conjunto dosador de sementes/acionamentos.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Agricultura familiar

2.1.1. A importância

Pode-se definir agricultura familiar como sendo aquela atividade rural cuja característica fundamental é a estreita relação entre trabalho e gestão, onde a administração da atividade produtiva é conduzida pelos proprietários, fundamentados pela variedade de produtos, na longevidade dos recursos e na qualidade de vida do agricultor, além de considerar o trabalho assalariado, quando existir, um recurso complementar (FAO/INCRA, 1994).

Outra definição, conforme MDA (2010), diz que Agricultura Familiar é a unidade produtiva onde o trabalho é totalmente executado por membros da família, proprietária da terra e dos recursos para o trabalho, cuja renda seja, no mínimo, 80% oriunda da atividade agropecuária.

A agricultura familiar representa uma parte significativa da produção agrícola nacional, conseqüentemente, uma importante componente do produto interno bruto brasileiros. Esta ideia é reforçada por Portugal (2002), que aponta a agricultura familiar como responsável por até 60% da produção dos produtos básicos da dieta do brasileiro. Ainda segundo o autor, este segmento possui um papel fundamental na economia das pequenas cidades, pois os produtores e familiares oriundos dos pequenos estabelecimentos são responsáveis por diversos empregos do comércio e dos serviços prestados nas pequenas cidades.

Esta relevância se cristaliza através da implementação, em 1995, do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, o PRONAF, que através da Linha de Ação PRONAF Crédito Rural, mediante a Resolução CMN/BACEN n. 2.191, disponibiliza um aporte significativo de recursos financeiros possibilitando ao produtor familiar elevar sua renda, além de aumentar o valor agregado de seu produto e valorizar sua propriedade, apoiado, principalmente, pela

modernização de seus métodos de produção. Guanziroli (2007) concluiu que o PRONAF causou um impacto considerável na agricultura brasileira e devido a tratar-se de um programa financeiramente oneroso, deve ser constantemente revisto, avaliado e aperfeiçoado para que não perca seu objetivo inicial de fomentar o desenvolvimento de uma categoria de produtores rurais muito importante na economia nacional. O autor considerou um dos principais impactos permitir aos agricultores familiares investir na sua atividade produtiva e ampliação da área de plantio.

Porto (2002) enfatiza que, apesar de ocuparem apenas algo em torno de 40% da área total dos estabelecimentos pesquisados, sua capacidade de gerar empregos por unidade de área era 7,3 vezes maior que a agricultura exercida nas propriedades não familiares (PORTO, 2002).

2.1.2 A mecanização

Conforme dados obtidos por Teixeira et al.(2009) através de uma pesquisa com agricultores familiares de base ecológica da região sul do Estado do Rio Grande do Sul, eles apresentaram uma dificuldade em expandir sua produção devido, fundamentalmente, a escassez de mão de obra, que poderia ser contornada com a utilização da mecanização agrícola.

Entretanto, segundo Teixeira (2008), as indústrias de máquinas agrícolas, em geral, priorizam o desenvolvimento de equipamentos que atendem a demanda de médios e grandes agricultores, criando uma lacuna no desenvolvimento de máquinas e implementos adequados técnica e economicamente às pequenas propriedades rurais. Como alternativa esses agricultores realizam, de forma empírica, adaptações e desenvolvimento de equipamentos tecnologicamente limitados.

Machado et al. (2010) observou que agricultores de base familiar, praticantes da agricultura convencional e beneficiários de recursos do PRONAF, que este último foi determinante na aquisição de tratores.

Conforme frisado por Santos et al. (1998), a incorporação de máquinas ao trabalho agrícola pode motivar a permanência do trabalhador rural ao campo, pois,

além de influenciar na redução das tarefas penosas comuns às atividades rurais, pode promover aumento de produtividade e, conseqüentemente, rentabilidade da pequena propriedade.

O Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) e o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), com a colaboração do Departamento de Estudos Socioeconômicos Rurais (DESER), da Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e do Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR), desenvolveram, em 2005, o Projeto “Identificação dos gargalos tecnológicos da Agricultura Familiar: subsídios e diretrizes para uma política pública”.

Este projeto teve o objetivo de mapear as demandas tecnológicas da Agricultura Familiar na produção e beneficiamento dos produtos agropecuários, que atendam às necessidades de melhoria do padrão de vida dos agricultores familiares. Além disso, buscou apontar diretrizes para a elaboração de políticas públicas que promovam o desenvolvimento tecnológico da Agricultura Familiar.

A pesquisa indicou que 40% dos problemas levantados junto a agricultores familiares são relativos à utilização, eficiência e adequação dos equipamentos disponíveis. Dentre esses problemas, salientam-se as inadequações ou falta de máquinas e equipamentos, principalmente para a produção de milho e feijão.

Dentre as causas apresentadas no grupo inadequação ou falta de máquinas e equipamentos, a mais recorrente é a própria inadequação das máquinas e equipamentos para as condições da Agricultura Familiar com 35,3% das citações, referindo-se a dimensão/tamanho, dificuldade de operação das máquinas e equipamentos. O custo elevado das máquinas e dos equipamentos aparece como um fator importante com 20,6% das citações. Manutenção inadequada aparece como outra citação com frequência de 5,9%. Ainda são citadas outras causas e sem definição de causa com frequências de 14,7 e 23,5%, respectivamente.

2.2 Semeadura de precisão

2.2.1 Considerações Gerais

Como em qualquer atividade econômica, a agricultura familiar procura ampliar sua capacidade produtiva, com conseqüente aumento na rentabilidade. Para tal, os pequenos produtores buscam nas tecnologias empregadas nas grandes propriedades soluções que permitam atingir este objetivo. Dentre as técnicas absorvidas, encontra-se a semeadura de precisão.

Segundo Heege (1993), a semeadura de precisão almeja igualdade dos espaçamentos entre sementes, em qualquer arranjo estabelecido. A obtenção de uma população de plantas em número coerente com os requisitos agrônômicos propicia a otimização da produção.

Atingir essas metas depende da utilização de semeadoras que realizem a sua tarefa conforme os requisitos estabelecidos para uma semeadura de precisão.

2.2.2 Semeadoras de precisão

A ABNT (1996) define semeadora como a máquina agrícola capaz de realizar a operação de semeadura de espécies vegetais, cuja reprodução é feita por meio de sementes. As principais funções desse equipamento são dosar as sementes, abrir o sulco de semeadura, depositar as sementes no fundo do sulco e cobri-las com uma camada de terra.

Segundo Reis (2003), os mecanismos presentes nas semeadoras normalmente destinados a cumprir as funções deste equipamento são: mecanismo dosador; componente de deposição (em associação com o mecanismo dosador e sulcador); mecanismo sulcador e limitador de profundidade; e componentes de cobertura e acondicionamento.

A ABNT (1996) define esses mecanismos. Mecanismo dosador: é o mecanismo que transfere o material, semente ou fertilizante, do reservatório para o componente de deposição, atendendo requisitos de densidade de semeadura ou razão de distribuição, em ambos os casos, preestabelecida. Componente de deposição: É o conjunto de elementos que conduz/transporta e deposita as

sementes ou os fertilizantes nos sulcos de semeadura ou de adubação. Os elementos do componente de deposição são o tubo condutor, no interior do qual caem, sob a ação da gravidade, as sementes ou as partículas do fertilizante; mecanismo de deposição forçada atua no interior do tubo condutor transportando as sementes do mecanismo dosador até bem próximo ao fundo sulco através da ação de outros agentes que não a força da gravidade. Os componentes de cobertura e acondicionamento são formados pelo conjunto de elementos que completam a operação de semeadura, promovendo a cobertura do material depositado nos sulcos de semeadura e adubação (recobridores) e compactando a camada de solo e palha recolocada sobre as sementes (roda compactadora).

Segundo Reis (2001), o bom desempenho de uma semeadora-adubadora, quanto à precisão de semeadura, é afetado por erros de dosagem, deposição, profundidade e acondicionamento de sementes. O desempenho é dependente da interferência de todos os componentes da máquina e não somente do mecanismo dosador. Por tratar-se de estudo relacionado com dosadores de sementes, o erro de dosagem assume uma maior importância. Pode-se definir este erro como as variações de distância entre as sementes dosadas e a distância estimada, esta definida pelo número de alvéolos do disco perfurado e sua velocidade de rotação.

Segundo Reis e Forcellini(2002), o estudo de diversos autores sobre dispositivos dosadores possibilitou enumerar alguns fatores que notadamente influem no desempenho desses dispositivos. Características das sementes, relação de tamanho e forma entre as células e as sementes, relação de tamanho e forma entre as células e as sementes, velocidade do componente rotativo, desgaste dos componentes mecânicos, regulagens, melhoradores de fluxo, geometria do reservatório de sementes, conformidade de fabricação e desempenho de mecanismos auxiliares são os fatores levantados.

Ainda segundo os autores, a característica das sementes, para semeadura de precisão, é que deverão ser homogêneas quanto as suas dimensões, pois os mecanismos com células ou orifícios apresentam uniformidade de tamanho. As sementes maiores que as células ou orifícios tendem a não ser captadas ou projetarem-se para fora, sendo danificadas pelo mecanismo excludor. As sementes menores, por outro lado, podem originar a dosagem múltipla. A relação de tamanho e forma entre as células e as sementes deverá ser tal que o diâmetro ou

comprimento das células sejam, aproximadamente, 10% superior à maior dimensão da semente e que a sua profundidade seja igual ao diâmetro ou espessura média da semente.

Velocidade do componente rotativo (disco perfurado) é um fator de grande influência na danificação das sementes por dosadores mecânicos e na captação das sementes pelas células do dosador. Os danos às sementes são diretamente proporcionais à velocidade tangencial do mecanismo. O aumento da velocidade de rotação do mecanismo dosador também diminui o tempo para as sementes se depositarem nas células, levando ao aumento de falhas na distribuição longitudinal de sementes na linha de semeadura. Os dados disponíveis referentes à velocidade tangencial máxima recomendada para dosadores de disco horizontal é que não devem exceder entre 0,290 e 0,315m.s⁻¹(Delafosse, 1986 apud REIS e FORCELLINI, 2002).

Conforme salientado por Pacheco et al (1996), à medida que a velocidade de avanço aumenta ocorre o conseqüente aumento da velocidade periférica do disco dosador, levando as sementes a ter seu ponto de impacto com a saída de grãos em um ângulo de impacto cada vez maior. Quanto maior for o ângulo de impacto inicial, maior será o número de rebotes das sementes dentro do tubo condutor, ocasionando maior variação no tempo de distribuição e, conseqüentemente, maior desuniformidade na distribuição longitudinal de sementes.

Segundo Beere&Company (1986) apud Reis e Forcellini (2002), para obter uma ótima uniformidade de distribuição, é necessário que as sementes tenham ângulos de impacto inicial não superior a 6°.

O desgaste dos componentes mecânicos decorrente do movimento relativo entre os componentes do dosador de sementes dá margem ao surgimento de atrito, resultando em desgaste. Além disso, devido a abrasividade de algumas sementes podem ocorrer um aumento de até 20 pontos no enchimento das células (Jacobs et al., 1983 apud REIS, 2003).

No que tange a regulagens, a facilidade de executa-las no mecanismo dosador, conforme a densidade de semeadura de uma cultura é bastante importante, pois, se essas alterações não forem simples, poderão não ser executadas, acarretando um decréscimo na precisão da máquina, considerando-se a densidade de semeadura estabelecida (REIS e FORCELLINI, 2002).

A adição de melhoradores de fluxo (lubrificantes) altera a fluidez das sementes, influenciando na sua distribuição na linha. A utilização de pó de grafite nas sementes de milho é uma prática recomendada por muitos fabricantes de semeadoras que empregam dosadores com células.

A geometria do reservatório de sementes deverá ser tal que permita uma alimentação contínua do mecanismo dosador sem interrupções. Para que não ocorra isso, as paredes internas em contato com a massa de grãos devem ter ângulos superiores ao ângulo de talude das sementes.

Os componentes do dosador deverão apresentar conformidade de fabricação em relação aos valores determinados em projeto. Especial atenção deve ser dada a uniformidade de espessura do disco, acabamento de cantos e bordas, chanfros, secções e rampas das células e diâmetros (Colombino et al., 1985 apud REIS e FORCELLINI, 2002).

Por fim, o desempenho dos mecanismos auxiliares, encontrados em diversos dosadores de precisão, que são o elemento exclusor (que tem a função de impedir o alojamento de mais de uma semente na célula do disco perfurado) e o elemento ejetor (que tem a função de garantir a retirada da semente da célula ao passar sobre o tubo condutor). O incorreto funcionamento desses elementos interfere na precisão de semeadura, pois pode permitir a dosagem de múltiplas sementes ou a falha na dosagem. Estes dois mecanismos têm também grande influência na danificação das sementes (REIS e FORCELLINI, 2002).

2.2.3 Dosadores de sementes

Ogliari (1990) *apud* Reis (2003) classifica em dois grupos principais os mecanismos dosadores de precisão: os mecânicos, quando o processo de dosagem é baseado em princípios puramente mecânicos, e os mecânicos pneumáticos, quando estão associados aos princípios mecânicos efeitos de sucção e de pressão de ar. A partir desses dois grupos principais, e utilizando-se a forma de individualização da semente como referência, é possível classificar os mecanismos dosadores conforme o mostrado na Figura 1.

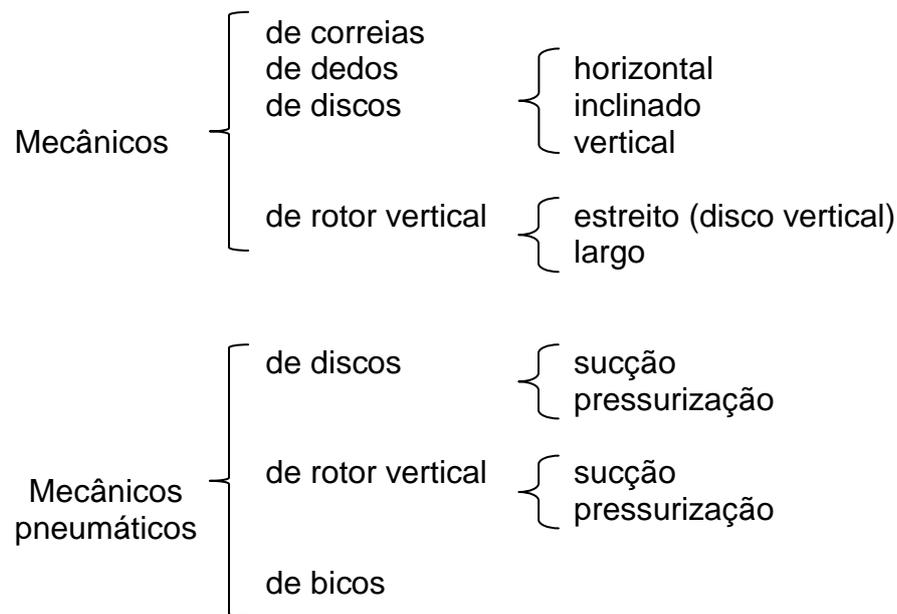


Figura 1 - Classificação dos dosadores.
Fonte:Ogliari(1990) *apud* Reis (2003).

A seguir será detalhado o princípio de funcionamento, variação de densidade de semeadura e principais aplicações do dosador de discos horizontal, objeto principal do corrente estudo. Segundo Silva (2003) os mecanismos distribuidores de sementes mais frequentes são os discos horizontais e pneumáticos, sendo os discos horizontais correspondendo a 77,3% do total de mecanismos dosadores das semeadoras nacionais de tração mecânica.

Este tipo de dosador é utilizado na semeadura de sementes graúdas como milho, soja, feijão, girassol, algodão, amendoim.

No dosador de disco horizontal, o mecanismo responsável pela dosagem de sementes é um disco com orifícios ou recortes na periferia, que se localiza no plano horizontal, na parte inferior do reservatório de sementes (Figura 2). Conforme o tipo de semente e densidade de semeadura requerida pela cultura, os orifícios do disco dosador podem apresentar tamanho, formato e número variados. Acima do dosador é posicionado o defletor, que consiste em uma cobertura cônica, responsável pelo direcionamento das sementes para os orifícios ou recortes do disco, evitando que a massa de grãos, atuando sobre todo o disco, comprima-o contra o disco de sustentação (ou espaçador), resultando em um aumento dos esforços envolvidos no funcionamento do sistema (REIS & FORCELLINI, 2002).

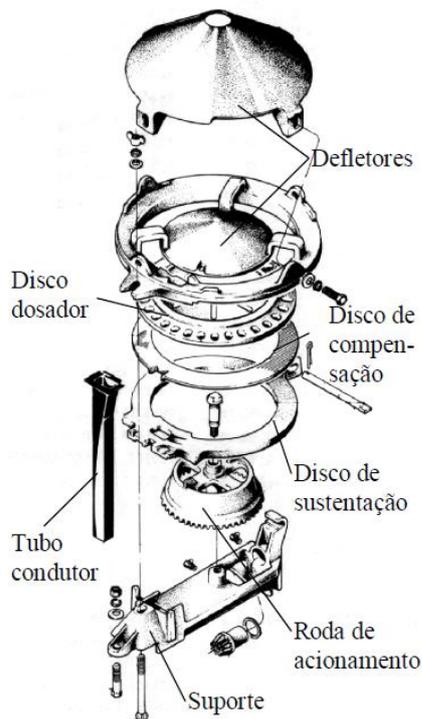


Figura 2 – Vista explodida de dosador tipo disco horizontal
Fonte: SEMEATO.

Os dosadores de disco horizontal ainda contam com um mecanismo excludor, que tem a função de eliminar sementes que, devido a passagem das células sob a massa de grãos, possam ter captado mais de uma semente por célula. O tipo mais comum de excludor é o de palhetas acionado por mola.

Para que ocorra o acionamento dos dosadores, eles são acompanhados de mecanismos conhecidos por cadeia cinemática, que é o conjunto mecânico responsável pelo fornecimento de torque ao dispositivo dosador e a sincronização do deslocamento do implemento com a dosagem das sementes. Na Figura 3 observa-se desenhos esquemáticos de cadeia cinemática para um dosador de precisão (WEBER et al., 2001).

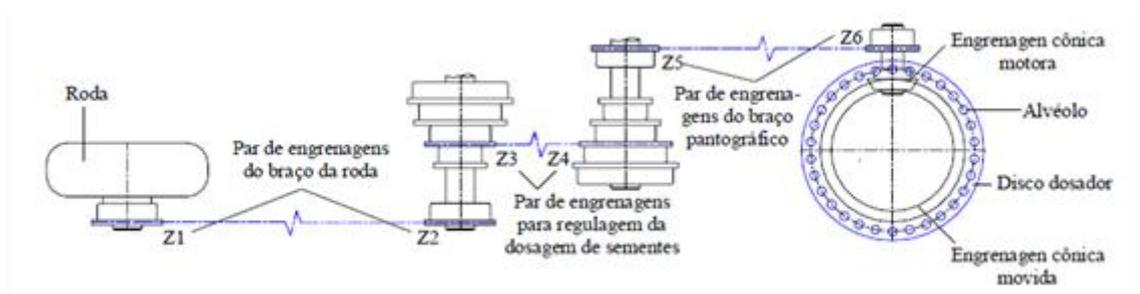


Figura 3 – Desenho esquemático de cadeia cinemática de uma semeadora típica.
Fonte: WEBER et al., 2001.

2.2.4 Arranjos produtivos das culturas de milho e feijão

Os arranjos de semeadura fornecem os parâmetros fundamentais para a realização das regulagens para a operação de semeadoras, de acordo com os requisitos estabelecidos pelas culturas a serem trabalhadas. Os arranjos baseiam-se na densidade de plantas por hectare, nos espaçamentos entre linhas e na profundidade de semeadura.

Para o cultivo de milho, dependendo do seu objetivo, encontram-se indicações variáveis para a densidade de plantio (TEIXEIRA, 2008).

Segundo Pereira Filho e Cruz (2002), indica-se para as variedades plantios com densidades variando de 40.000 a 50.000 plantas por hectare. Para os híbridos é recomendada densidade que varia de 40.000 a 80.000 plantas por hectare. Os híbridos duplos variam de 45.000 a 55.000 plantas por hectare, podendo chegar a 65.000 plantas por hectare. No caso dos híbridos triplos e simples é frequente a densidade de 50 a 60 mil plantas por ha, havendo casos de recomendação de até 80 mil plantas por ha. No que tange aos espaçamentos, observa-se uma tendência para a diminuição da distância entre linhas de plantas podendo chegar a valores de 45 a 50 cm. Ainda segundo os autores, diversos trabalhos têm mostrado tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos (45 cm e 50 cm), principalmente com os híbridos atuais, que são de porte mais baixo e arquitetura mais ereta. Essa redução no espaçamento resulta também em maior peso de grãos por espiga.

Para o cultivo de feijão, é recomendado densidades populacionais entre 250 e 300 mil plantas.ha⁻¹ (25 a 30 plantas.m⁻²) para cultivares do tipo 1, onde se inclui a cultivar Iraí; de 200 a 250 mil plantas.ha⁻¹ (20 a 25 plantas.m⁻²) para cultivares do tipo II, onde se incluem FT-1 20, Guateian 6662, Rio Tibagi, IAPAR 44, Guapo Brilhante, FT-206, IAPAR 31 e FT Nobre, e 200 mil plantas.ha⁻¹ (20 plantas.m⁻²) para cultivares do tipo III, onde encontram-se as cultivares Carioca, Macanudo, Minuano e Macotaço. O espaçamento entre linhas indicado fica entre 0,30 e 0,60m, sendo que 0,40 e 0,50m são os mais convenientes. Espaçamento de 0,30m só deve ser adotado quando não for previsto controle mecânico de plantas daninhas; 0,60m só deve ser adotado em terreno muito fértil. O número de sementes por metro linear (densidade de semeadura) varia de 9 a 18 sementes para cultivares do tipo 1, de 8 a

13 sementes para cultivares do tipo II e 6 a 12 sementes para as cultivares do tipo III dependendo da densidade e espaçamentos entre linhas utilizados. A profundidade de plantio recomendada está entre 0,03 e 0,05m (BALARDIN, 2000).

2.3 Aspectos da utilização da metodologia de projeto com abordagem sistemática

Diversas metodologias de projeto foram desenvolvidas visando maximizar a qualidade de produtos, redução de custos e o tempo de desenvolvimento. Segundo Roozenburg e Eekels (1995), as diferenças entre elas estão no campo das terminologias. Partindo do modelo de fases, que une os modelos de projetos propostos por diversos autores, grupos de pesquisa do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina introduziram inovações, como o emprego da Matriz da Casa da Qualidade, criando o modelo que ficou conhecido como Modelo EMC/UFSC (REIS e FORCELLINI, 2002), composto de quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Ao final de cada etapa obtêm-se como resultados as especificações do projeto, a concepção do produto, o leiaute definitivo e a documentação do produto, respectivamente. Essa metodologia de projeto caracteriza-se pela consideração das necessidades de todos os clientes do produto (usuário final, fabricante, vendedor, pesquisadores etc.) ao longo do seu ciclo de vida, permitindo que as funções a que o produto se destina sejam melhor atingidas.

Utilizando-se uma abordagem sistemática para o projeto, o produto é projetado numa evolução de modelos. Assim, um modelo mais detalhado e concreto substitui outro mais simples e abstrato, até a viabilização física do objeto projetado. O EMC/UFSC é composto de quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado (REIS, 2003). O fluxo de informações entre as fases desse modelo de processo de projeto pode ser visto na Figura 4.

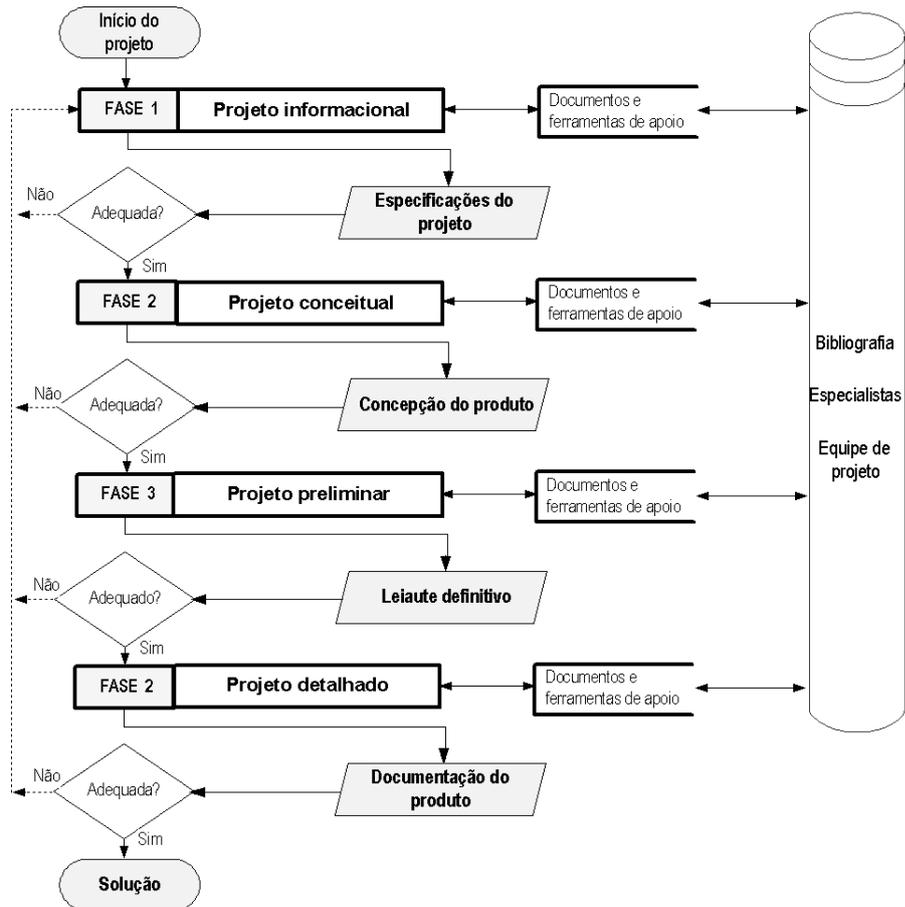
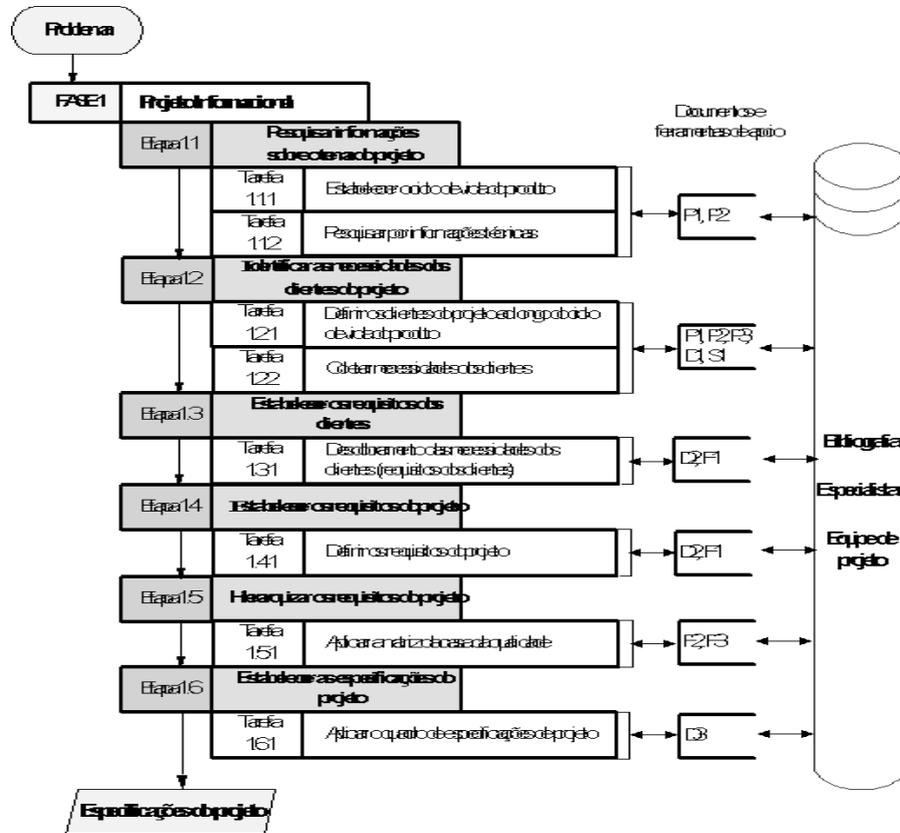


Figura 4 – Modelo de processo de projeto proposto.
Fonte: REIS, 2003.

Algo muito importante a ser considerado na utilização desses modelos de fases é que, ao final de cada uma delas, obtém-se um maior número de informação, apresentando um modelo cada vez mais concreto de produto, que ao mesmo tempo em que subsidia com informações a próxima fase, melhora o entendimento da fase anterior. Essa característica faz com que o conhecimento, tanto do problema quanto da solução, aumente significativamente (REIS, 2003). Os modelos de produto gerados em cada uma das fases são por ordem: (a) especificações de projeto; (b) concepção; (c) leiaute definitivo e; (d) documentação.

A fase do *Projeto informacional* consiste na análise pormenorizada dos problemas do projeto, almejando um completo conhecimento das questões que os envolvem. Ao final desta fase o modelo de produto obtido são as especificações de projeto, que é uma listagem dos objetivos a serem alcançados pelo produto projetado em uma linguagem de engenharia. Reis (2003) propõe uma metodologia

resumida, para esta fase, ajustada para projetos de máquinas agrícolas, conforme mostrada na Figura 5.



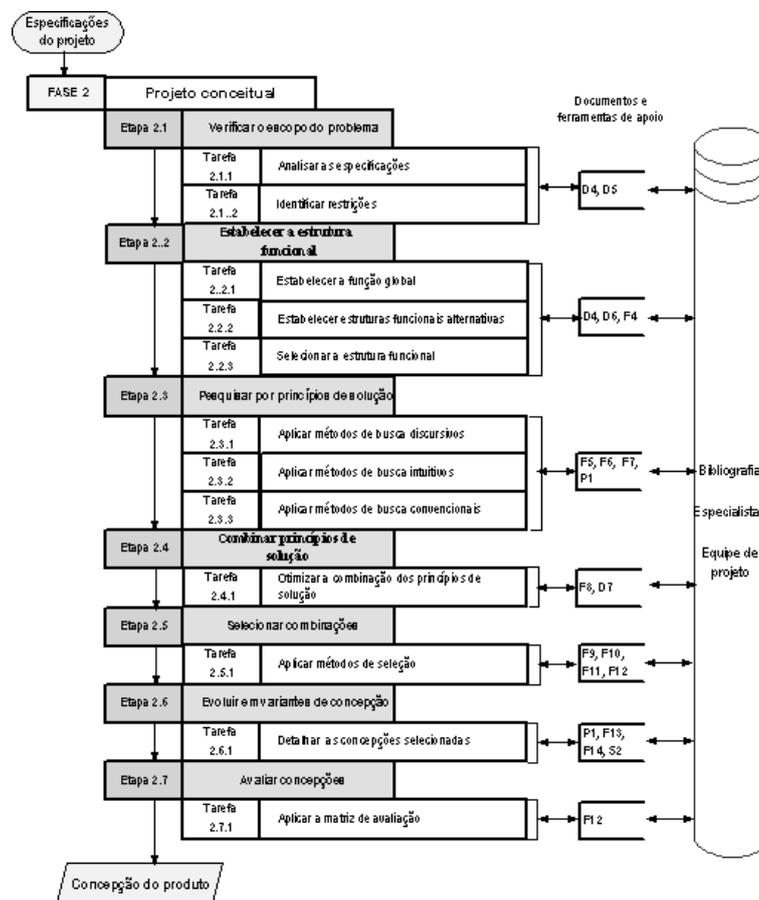
Legenda:	
D1- Questionário	F3- Matriz da casa da qualidade
D2- Checklists	P1- Pesquisa bibliográfica
D3- Quadro de especificações de projeto	P2- Análise de sistemas similares
F1- Brainstorming	P3- Consulta a especialistas
F2- Diagrama de Mudge	S1- Simulações de uso

Figura 5 – Etapas do projeto informacional.
 Fonte: REIS, 2003.

Na etapa da conversão dos requisitos dos clientes em requisitos do projeto acontece a primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado (FONSECA, 2000). O autor sugere que os requisitos dos clientes sejam confrontados com uma lista de verificação, que na verdade se trata de uma classificação abrangente dos atributos do produto proposta pelo autor. Ele divide os atributos do produto em duas grandes famílias: atributos gerais e atributos específicos. Os atributos gerais classificam-se em básicos (aqueles que diferenciam os produtos como funcionamento, ergonômicos, econômicos, confiabilidade etc.) e atributos do ciclo de vida (fabricabilidade, montabilidade, manutenibilidade etc.). Os

atributos específicos referem-se ao sistema técnico em questão, dividindo-se em atributos materiais, energéticos e de controle.

O *projeto conceitual* é tido como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa fase influenciam diretamente nos resultados das próximas fases. Segundo Ferreira (1997) apud Reis (2003), o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que produz uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível as necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto. O modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto (Figura 6).



Legenda:	
D4- Abstração orientada	F7- TRIZ
D5- Lista de especificações	F8- Matriz morfológica
D6- Diretrizes de desenvolvimento da estrutura funcional	F9- Julgamento de viabilidade
D7- Critérios de combinação	F10- Disponibilidade de tecnologia
F4- Matriz de decisão	F11- Exame passa/não-passa
F5- <i>Brainstorming</i>	F12- Matriz de avaliação
F6- Analogia simbólica e direta	F13- Desenhos de leiaute em escala
	F14- Construção de modelos
	S2- Simulações em computador

Figura 6 – Etapas do projeto conceitual.
Fonte: REIS, 2003.

Segundo Pahl e Beitz (1996), na fase de *projeto preliminar*, a partir da concepção de um produto técnico, o projeto se desenvolve, conforme critérios técnicos e econômicos, além de apoiar-se em informações adicionais, até o ponto em que o *projeto detalhado* subsequente possa conduzir diretamente à produção. Nessa fase do projeto o modelo do produto evolui da concepção ao leiaute definitivo (Figura 7). Nessa etapa há o emprego de listas de verificação que estabelecem os princípios a serem observados (princípios de transmissão de força, divisão de tarefas, resistência dos materiais etc.) e métodos de projeto para atender necessidades específicas (projeto para manufatura, projeto para segurança, etc.). Também fazem parte desta fase do projeto detalhado a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes finalmente fixadas. Da mesma forma, a especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica devem ser reavaliadas.

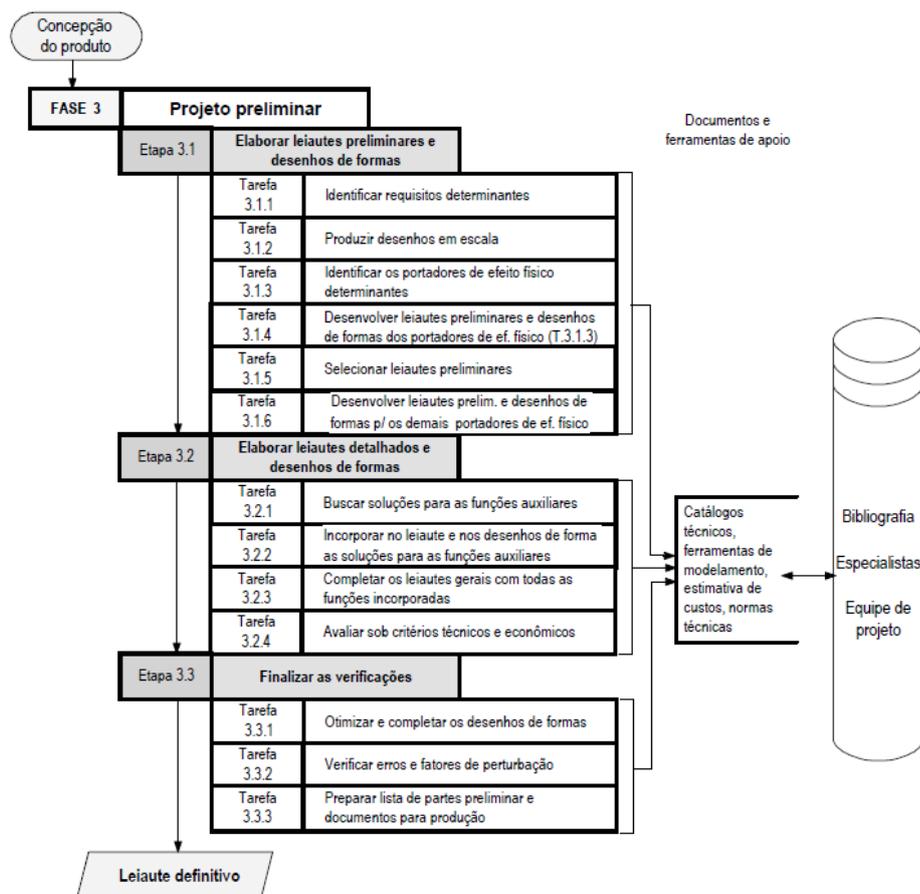


Figura 7 – Etapas do projeto preliminar.

Fonte: REIS, 2003.

2.4 Tecnologia mecânica aplicada ao projeto

2.4.1 Qualidade versus custos de fabricação

Esta seção tem por finalidade estabelecer relação entre a qualidade de fabricação e o custo envolvido no processo. Este tema torna-se importante neste trabalho, pois, conforme preconizado como uma das condições do projeto do dosador de sementes com dupla saída de grãos, ele deverá ser exequível inclusive por pequenos fabricantes do ramo metal mecânico, os quais, de uma maneira geral, dispõem de equipamentos de fabricação simples, de baixo custo de aquisição, que influenciam no custo e na qualidade do produto final.

Segundo Umaras (2010), as tolerâncias dimensionais apresentam uma grande influência no custo de produção de componentes. Logo, existe um problema recorrente na especificação das tolerâncias dimensionais, que é o do equilíbrio entre as necessidades funcionais do projeto, a viabilidade de fabricação e o custo envolvido.

A norma NBR 6158- Sistema de tolerâncias e ajustes (1995), baseada nas normas ISO/DIS 286-1 e ISO/DIS 286-2, consiste num conjunto de princípios, regras e tabelas que possibilita a escolha racional de tolerâncias e ajustes de modo a tornar mais econômica à produção de peças mecânicas intercambiáveis. Esta norma estabelece uma série de tolerâncias fundamentais que determinam a precisão da peça, ou seja, a qualidade de trabalho, uma exigência que varia de peça para peça, de uma máquina para outra, chamados Graus de tolerância-padrão. Estes indicam os graus de qualidade, conhecidos como IT (*ISO Tolerance*).

A norma brasileira prevê 18 qualidades de trabalho (Tabela 1). Essas qualidades são identificadas pelas letras IT seguidas de numerais. A cada uma delas corresponde um valor de tolerância. Estes graus de qualidade são divididos em três grupos, cada um deles indicando um tipo de peça.

Tabela 1– Qualidades de trabalho, grupos de qualidade.

IT	01	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	1º Grupo					2º Grupo						3º Grupo							

O primeiro grupo é reservado às peças de grande precisão de fabricação e para fabricação de calibradores, o segundo indica os graus de qualidade fabricação

de peças mecânicas em geral e o terceiro para fabricação de peças isoladas, não destinadas a acoplamentos.

Para este projeto foca-se no segundo grupo, onde encontramos graus de qualidade indicados para a fabricação de peças mecânicas em geral. A tabela 2 apresenta os graus de qualidade em função das características processo de fabricação utilizado.

Tabela 2– Classes de tolerâncias IT em função de processos de fabricação convencionais. Fonte: ASME B 4.2. Adaptada de UMARAS (2010).

	Classes de tolerância						
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
Lapidação, brunimento	X						
Retificação cilíndrica	X	X	X				
Retificação plana	X	X	X	X			
Torneamento com diamante	X	X	X				
Alargamento com diamante	X	X	X				
Brochamento	X	X	X	X			
Metalurgia do pó		X	X	X			
Alargamento		X	X	X	X	X	
Torneamento			X	X	X	X	X
Sinterização			X	X	X	X	
Mandrilamento			X	X	X	X	X
Fresamento						X	X
Aplainamento						X	X
Furação com broca						X	X
Corte com punção						X	X
Fundição sob pressão							X

A Figura 8 apresenta as rugosidades superficiais mínimas em função do campo de tolerâncias correspondente para processos normais. O custo relativo é também mostrado, sugerindo a especificação de rugosidades superficiais e campos de tolerâncias maiores sempre que possível.

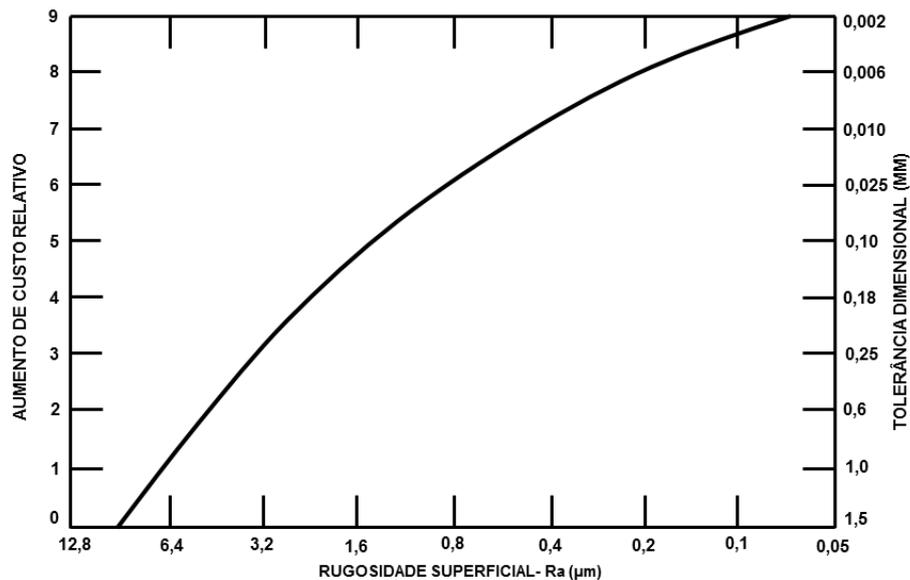


Figura 8 - Relação entre tolerância e rugosidade superficial.
Fonte: TRUCKS(1987) apud Umaras(2010).

Portanto, conclui-se que quanto maior a tolerância dimensional menor a precisão na fabricação e, conseqüentemente, o custo de produção. A determinação destes limites deve ser adequada em relação ao tipo de projeto, sendo uma função dos seus requisitos e que possibilitem o adequado funcionamento do produto.

2.4.2 Processos de fabricação utilizados para construção do protótipo

Conforme estabelecido como uma condição inicial para o projeto, a utilização de processos de fabricação simplificados deve ser mantida no decorrer do desenvolvimento construtivo. Os processos de fabricação disponíveis às empresas de pequeno porte são a fundição em molde de areia, torneamento em torno mecânico universal, fresamento em fresadora ferramenteira, furação em furadeira de bancada e ajustagem com ferramentas manuais diversas.

A fundição de metais consiste em um conjunto de tarefas para dar forma aos materiais por meio da sua fusão, conseqüente liquefação e seu escoamento ou vazamento em moldes adequados com posterior solidificação. Sua principal vantagem em relação a outros processos é permitir obter, de modo econômico, peças metálicas de geometria complexa. A fundição pode ser aplicado a vários tipos de metais, tais como aços, ferros fundidos, alumínio, cobre, zinco, magnésio e respectivas ligas (CIMM, 2013).

Para realizar uma fundição de metais é necessário cumprir algumas etapas fundamentais para este processo. São elas a confecção do modelo da peça, moldação, fusão do metal em forno a óleo, vazamento do metal líquido, resfriamento do molde para posterior desmoldagem e rebarbação da peça metálica obtida (CIMM, 2013).

Ainda segundo o autor, a construção do molde consiste em construir um modelo com o formato da peça a ser fundida. Serve para construção do molde, e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar, bem como um eventual sobremetal para posterior usinagem da peça. Pode ser feito de madeira, metal, plástico, gesso, etc.

A moldação é o processo de obtenção de um dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. É feito de material refratário e é moldado sobre o modelo que, após retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça.

A fusão é o aquecimento do metal para fundi-lo, deixando-o em estado líquido para posteriormente realizar o vazamento, que é o enchimento do molde com este metal líquido. Após o vazamento, o produto fundido deverá resfriar lentamente (CIMM, 2013).

Na desmoldagem se dá a retirada, após a solidificação, da peça do molde podendo ser realizada manualmente ou por processos mecânicos. Na sequência, é realizado a rebarbação, processo que consiste na limpeza da peça e retirada dos canais de alimentação, massalotes e rebarbas que se formam durante a fundição, além da retirada das incrustações do molde na peça fundida, geralmente por meio de jatos abrasivos (TORRE, 2004).

O torneamento é um processo mecânico de usinagem que permite trabalhar peças cilíndricas movidas por um movimento uniforme de rotação em torno de um eixo fixo (Figura 9). Como todos os demais trabalhos executados com máquinas-ferramenta, o torneamento acontece mediante a retirada progressiva do cavaco da peça a ser trabalhada. O cavaco é cortado por uma ferramenta monocortante, que deve ter uma dureza superior à do material a ser cortado. No torneamento, a ferramenta penetra na peça, cujo movimento rotativo uniforme ao redor do eixo de giro permite o corte contínuo e regular do material (MACHADO *et al*, 2009).

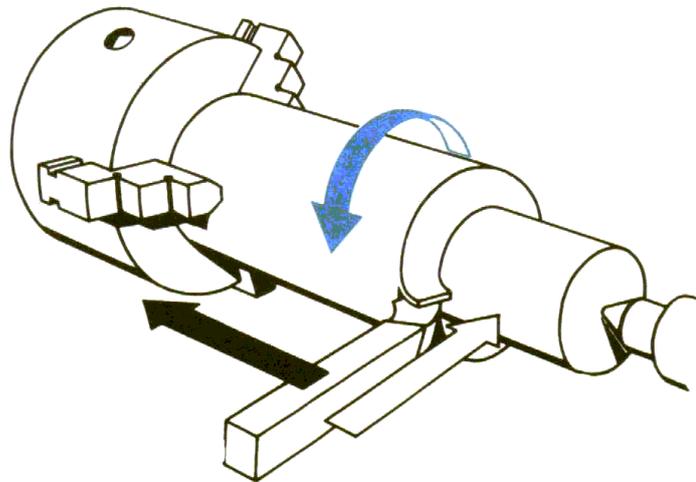


Figura 9– Representação do princípio do torneamento.
Fonte: CIMM,2013.

As principais operações realizadas por um torno mecânico universal são torneamento cilíndrico externo, torneamento cilíndrico interno, torneamento cônico externo, torneamento cônico interno, faceamento, perfilamento, rosqueamento externo, rosqueamento interno, sangramento e recartilha (MACHADO et al, 2009).

O fresamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas geralmente multicortantes chamadas fresas. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se desloca segundo uma trajetória qualquer (Figura 10). Os resultados dessa operação são, geralmente, superfícies planas, rasgos longitudinais, cavidades, etc. (DINIZ et al, 2010).

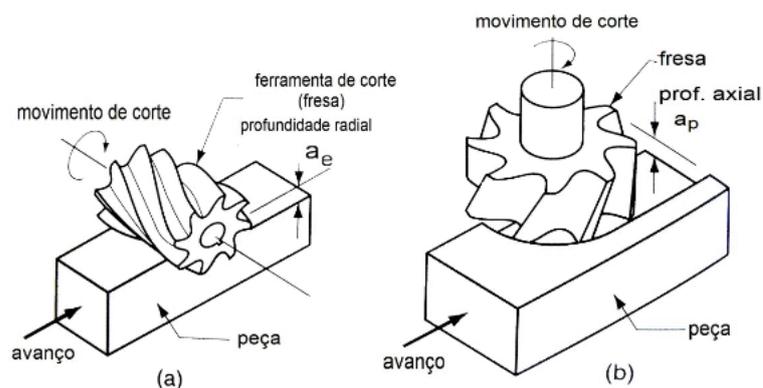


Figura 10 – Representação da operação de fresamento, onde (a) fresamento tangencial e (b) fresamento de topo.
Fonte: Machado et al.,2009.

O processo de furação é um dos mais utilizados no ramo metal mecânico, visto que furos são encontrados nos mais diversos tipos de peças mecânicas. Apesar desta relevância, este processo percebeu poucos avanços se comparado a outros, tais como torneamento e fresamento, no que diz respeito, principalmente, as ferramentas de corte utilizadas, as chamadas brocas (DINIZ et al. 2010).

Para a execução de uma furação é necessário à utilização de brocas helicoidais, cujas características construtivas são apresentadas na figura 11.

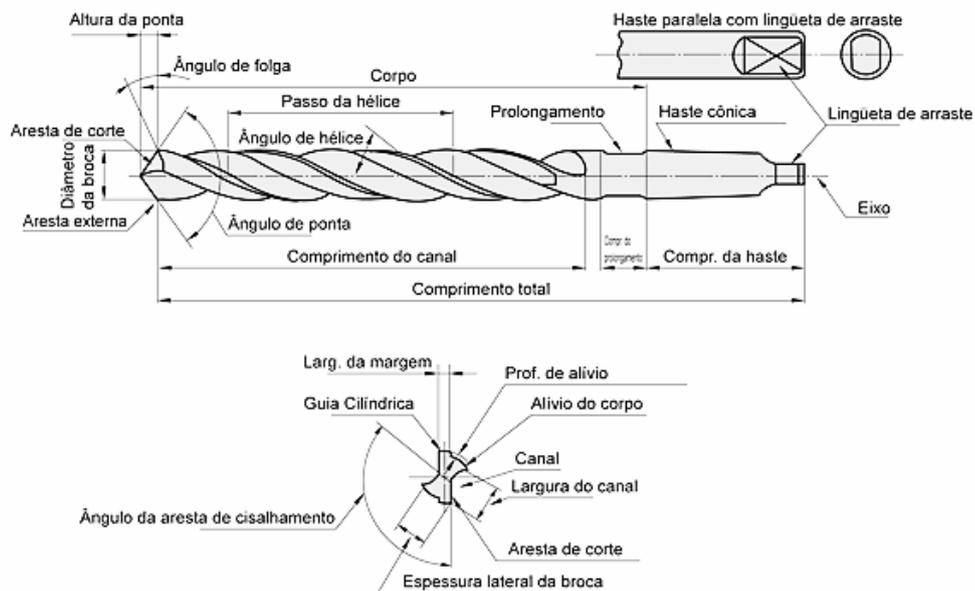


Figura 11 – Terminologia de brocas helicoidais.
Fonte: Mitsubishi Carbide, 2013.

3 Material e métodos

3.1 Metodologia de projeto aplicada ao desenvolvimento do produto

A metodologia utilizada foi desenvolvida pelo NeDIP (Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina que estabelece um modelo consensual, sendo o projeto desenvolvido em quatro fases principais: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Ao final de cada etapa obtêm-se as especificações do projeto, a concepção do produto, o leiaute definitivo e a documentação do produto, respectivamente.

No presente trabalho foram abordados o projeto informacional, o conceitual e o preliminar, além do estudo de princípios de solução aplicáveis ao desenvolvimento do produto.

3.1.1 Projeto informacional

A fase da pesquisa por informações técnicas apoia-se, principalmente, na bibliografia técnica disponível (catálogos de produtos, artigos científicos, teses e dissertações). Nessa fase do projeto as informações técnicas obtidas são importantes em várias etapas, desde a identificação de necessidades até o estabelecimento final das especificações do produto, quando é necessária a fixação de metas quantitativas e a forma de avaliação destas.

A etapa seguinte consiste na identificação das necessidades dos clientes, o que neste trabalho foi feito partindo-se de dados levantados em dois casos estudados anteriormente: o primeiro foi o desenvolvimento de uma semeadora de tração animal para utilização na agricultura ecológica, feito por Teixeira (2008) e, o segundo, feito por Reis (2003), que tratou do desenvolvimento de novas concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas. Partindo-se então destes trabalhos, foi selecionada uma lista de necessidades de clientes pertinentes

ao desenvolvimento do dosador de precisão para sementes miúdas a ser utilizado em uma semeadora voltada aos pequenos agricultores.

As necessidades dos clientes identificadas na etapa anterior, não podem ser empregadas diretamente no desenvolvimento do produto. Essas necessidades são expressas de forma subjetiva, de difícil aproveitamento no projeto, sendo necessário, portanto, traduzi-las para a linguagem de engenharia.

Em primeiro lugar as necessidades levantadas foram distribuídas ao longo do ciclo de vida da semeadora a fim de identificar mais facilmente quais delas eram claramente redundantes. Posteriormente, cada uma das necessidades foi estudada e, quando necessário, decomposta com o intuito de descobrir, em linguagem de engenharia, o que o cliente realmente quer.

Buscou-se uma sistematização dos procedimentos que levam a tal conversão, com o intuito de obter requisitos e, conseqüentemente, especificações que melhor atendam ao problema de projeto que se apresenta. O estudo da bibliografia pertinente a esse assunto (FONSECA, 2000; ROOZENBURG & EEKELS, 1995) conduziu à adoção do seguinte procedimento: a) estudar e caracterizar os requisitos dos clientes; b) confrontar os requisitos dos clientes com uma classificação de requisitos de projeto e; c) verificar se os requisitos de projeto assim obtidos apresentam propriedades consideradas desejáveis.

O estudo dos requisitos dos clientes passa pelo estabelecimento de uma lista de atributos relacionados a cada um desses requisitos. Sendo assim, para cada um dos requisitos dos clientes em questão foram identificados atributos que os caracterizam e ajudam na sua compreensão, o que auxilia na obtenção de uma primeira lista dos requisitos do projeto.

Considerando-se o último nível da classificação proposta por Fonseca (2000) obteve-se uma ampla lista de itens para verificação. A confrontação sistemática de todos os requisitos dos clientes com cada um dos itens constantes na classificação apresentada permitiu a obtenção de uma lista ampliada de requisitos do projeto. Finalmente, a lista assim obtida foi analisada sob a ótica das propriedades desejáveis nas especificações de projeto (ROOZENBURG & EEKELS, 1995). Dessa forma, então, são obtidos os requisitos de projeto que serão hierarquizados através da matriz da casa da qualidade.

A etapa de hierarquizar os requisitos do projeto consiste na aplicação da matriz da casa da qualidade ou primeira matriz do QFD (*QualityFunction Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que auxilia a transformação das necessidades dos clientes em características mensuráveis, que ao serem incorporadas no projeto constituem-se nos requisitos de qualidade (requisitos de projeto obtidos visando a qualidade).

A primeira tarefa dentro dessa etapa foi valorar os requisitos dos clientes. A valoração, isto é, a classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância é fundamental na aplicação do QFD. A ferramenta empregada para implementar essa valoração foi o diagrama de Mudge, que compara todos os requisitos aos pares. REIS et al. (2002) apresentam uma proposta para implementação computacional dessa comparação, assim como uma descrição detalhada dessa ferramenta. Durante a aplicação do diagrama de Mudge, a decisão sobre qual requisito do par é o mais importante e em que medida, tem por base o conhecimento adquirido dos clientes do projeto através dos questionários aplicados. Nos casos em que os requisitos não constam no questionário, a valoração tem por base o conhecimento adquirido pela própria equipe ao longo do processo de projeto.

A segunda tarefa da etapa é a aplicação da matriz da casa da qualidade. Uma das atividades mais importantes na matriz da casa da qualidade é estabelecer o grau de relacionamento entre os requisitos dos clientes (o quê?) e os requisitos do projeto (como?). Segundo Reis (2003) a identificação de um relacionamento e do seu grau será facilitado para a equipe de projeto se o seguinte procedimento for formalizado: (a) iniciando pelo primeiro como, fazer as perguntas – pode esse “como” influenciar esse “o quê”? Esse “o quê” afeta esse “como”? (b) se a equipe responder com um sim a uma das perguntas anteriores, perguntar – a relação é fraca, média ou forte? (c) passar a análise do próximo o quê repetindo-se o procedimento anterior, ao chegar-se no último item, passa-se para o próximo como.

No telhado da casa da qualidade, cada um dos requisitos do projeto é confrontado com todos os demais, procurando-se identificar qual o efeito da obtenção individual de cada um deles em todos os demais. Se a maximização desejada de um requisito leva a um aumento, também desejável, em outro requisito diz-se que há uma correlação positiva entre eles. Quando ocorre o contrário e a maximização de um requisito causa um decréscimo não desejado em outro, diz-se

que há uma correlação negativa entre eles, ou seja, são conflitantes. Em ambos os casos, geram-se informações úteis para o projeto.

Na fase do estabelecimento das especificações de projeto Os requisitos de projeto obtidos e hierarquizados nas etapas anteriores representam os objetivos do projeto de forma qualitativa, não permitindo, por si só, a continuidade do trabalho, pois não há, entre outras coisas, metas a serem atingidas. Assim, as especificações de projeto de um dosador com dupla saída de sementes foram obtidas com a inclusão do valor meta a ser atingido pelo requisito de projeto.

3.1.2 Projeto conceitual

O marco inicial para estabelecer do escopo do problema foi a análise das especificações do projeto, possibilitando estabelecer que problema principal a ser solucionado.

A concepção de um dosador com duas saídas simultâneas de sementes se baseia em um conceito existente a bastante tempo para dosadores utilizados em multissemeadoras. Este conceito vem ao encontro de alguns dos objetivos deste trabalho, que são a redução de peso da semeadora, pois um dosador atende duas linhas de semeadura, e a redução de custos, pelo menor número de dosadores utilizados no implemento. Outra prerrogativa do projeto que visa essa redução foi a utilização de componentes padronizados, disponíveis no mercado de reposição, o que elimina os custos de desenvolvimento e facilita futuras reposições.

As etapas desenvolvidas no projeto conceitual seguiram a metodologia proposta no projeto consensual onde, após a análise do escopo das especificações de projeto e suas restrições, estabeleceu-se a função global do equipamento e sua relação com os sistemas adjacentes, posteriormente desdobradas em funcional parciais. Foi desenvolvida somente funções parciais devido ao projeto estar baseado em uma concepção pré-existente, que limitou o desdobramento da função global

Após a análise dessa estrutura funcional as funções parciais foram organizadas em uma Matriz Morfológica, onde foram reunidos os princípios de solução para algumas dessas funções parciais. Esses princípios foram dispostos na matriz de acordo com a maior viabilidade de utilização. Considerou-se que aqueles colocados nas primeiras colunas tinham maior possibilidade de serem empregados

no projeto. Um dos critérios de escolha fundamentou-se principalmente na padronização de componentes e a facilidade de construção.

Para a concepção do dosador, buscou-se princípios de simplicidade de fabricação e a viabilidade de incorporar componentes já utilizados em outros modelos de dosadores de sementes, de fácil aquisição e custo reduzido bem como a capacidade do dosar sementes em duas linhas simultaneamente, vindo ao encontro dos requisitos de projeto e dos clientes considerados mais importantes. Um dos princípios de solução, a transmissão de torque ao dosador por eixo flexível, considerados importantes para o desenvolvimento da concepção, foi testado e analisado para verificação da suaviabilidade e funcionalidade junto ao desenvolvimento do protótipo.

3.1.3 Projeto preliminar

Esta fase do projeto do dosador é dividida em três etapas: elaborar leiautes preliminares e desenhos de forma, elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma e finalizar as verificações.

A primeira etapa foi desenvolvida em *software* de CAD Solidworks 2009 licenciado para o Instituto Federal Sul-Rio-grandense Campus Pelotas, que fornece desenhos de sólidos já em escala, passíveis de correções nas formas e dimensões do produto, quando do detalhamento das concepções selecionadas, na fase do projeto conceitual. A etapa de elaboração de leiautes detalhados indicou soluções para dispositivos auxiliares, como fixações dos elementos exclusivos e ejetores, transmissão de torque ao dosador, fixação das partes do dosador, sistema de fixação do reservatório e forma do defletor cônico e aspectos de montagem das partes. Finalizando esta fase do projeto, foram obtidos desenhos com leiautes detalhados dos componentes do dosador e lista de componentes do mesmo.

3.2 Construção do protótipo

Conforme uma prerrogativa deste trabalho foi estabelecido que os graus de qualidade utilizados para a fabricação dos componentes do dosador de dupla saída estarão compreendidos entre IT-9 e IT-11, os quais representam processos de

fabricação simples, com máquinas operatrizes e ferramentais correntemente utilizados no ramo metal mecânico.

Para atender essa restrição, a construção do protótipo do dosador de sementes com dupla saída utilizou os processos de fundição em molde de areia, torneamento em torno mecânico universal, fresamento em fresadora ferramenteira, furação em furadeira de bancada e ajustagem com ferramentas manuais diversas. A construção do protótipo foi realizada inteiramente nos Laboratórios de Fabricação Mecânica do Curso Técnico em Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, campus Pelotas.

Fundição de Alumínio

Os blocos foram obtidos por fundição de alumínio liga SAE 305, composta por alumínio mais Silício (11,0 a 13,0%), Ferro (0,60%), Cobre (0,30%), Manganês (0,35%), Magnésio (0,10%), Níquel (0,20%), Zinco (0,35%) e Estanho (0,15%).

Partindo de um modelo em madeira construído com as dimensões desejadas, foi moldado manualmente em caixas de madeira para obtenção da cavidade de fundição. Os lingotes de alumínio foram derretidos em um forno a óleo a uma temperatura de 820° C.

Após a fundição, os moldes de areia foram destorroados manualmente para posterior rebarbação, utilizando serra manual e esmerilhadeira elétrica manual com disco de lixas.

Torneamento

Na obtenção dos corpos do dosador através de torneamento, foi utilizado um torno mecânico universal da marca NARDINI, modelo Mascote MS 205 (Figura 12), do laboratório de fabricação mecânica do Curso Técnico em Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, *campus* Pelotas.



Figura 12 – Torno mecânico universal, IFSul – Mecânica.

Fresamento plano

Para as operações de fresamento dos corpos do dosador, utilizou-se uma fresadora ferramenteira marca SUNLIKE, modelo 3VM (figura 13).



Figura 13 – Fresadora SUNLIKE.

Furação

As furações foram executadas em furadeira de bancada marca KONE, modelo ZD- 36. Para obtenção dos furos necessários à construção do protótipo foram utilizadas brocas helicoidais de aço rápido, em diâmetros diversos, tipo mais comum desta ferramenta.

3.3 Ensaio de torque de acionamento de dosadores

O projeto e construção do protótipo do dosador de sementes requereu a determinação da demanda de torque para acionamento destes mecanismos, visando o dimensionamento do sistema de transmissão do movimento. Para tal foi realizada a medição do torque necessário para o acionamento de quatro modelos de dosadores de sementes com disco horizontal empregados em semeadoras comerciais das marcas IMASA modelo Multi semeador (A), KF modelo 5030 (B), VENCE TUDO modelo SA9400 (C) e SEMEATO modelo PH3 (D), conforme figura 14.

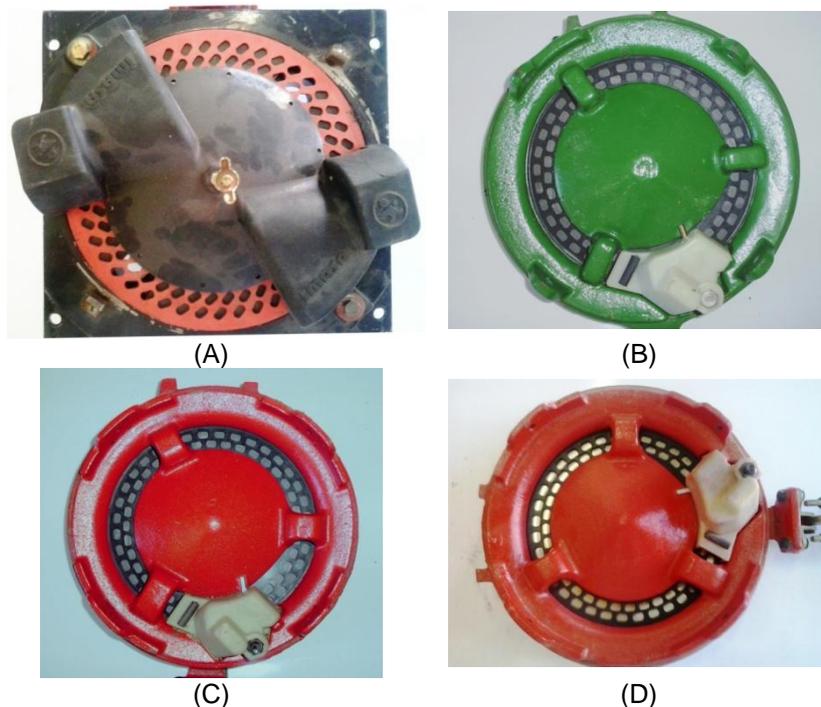


Figura 14- Dosadora das marcas Imasa modelo Multi semeador (A), KF modelo 5030 (B), Vence Tudo modelo SA9400 (C) e Semeato modelo PH3 (D).

Os mecanismos dosadores foram removidos das semeadoras e montados, em posição fixa, numa morsa de bancada. O experimento foi conduzido no Laboratório de Mecânica do IF-SUL *campus* de Pelotas. Sendo empregados quatro dosadores comerciais com discos de furos oblongos (8,5 x 12,0 mm), anel espaçador com espessura de 3 mm.

Foram empregadas sementes de feijão classificadas por tamanho com as seguintes dimensões e respectivo intervalo de confiança (95% de probabilidade): comprimento de $10,8 \pm 0,7$ mm; largura de $7,2 \pm 0,3$ mm; espessura de $5,6 \pm$

0,5mm. O dosador IMASA com duas saídas (36 furos posicionados em duas fileiras no diâmetro base de 226 mm) e os demais, dosadores B, C, e D, com apenas uma saída (72 furos dispostos em duas fileiras posicionadas no diâmetro base de 165 mm). As medições do torque foram feitas através de dinamômetros de laboratório marca Azeheb, com capacidade entre 1 e 10 N e resolução de 0,1 N (Figura 15). Utilizou-se um braço de alavanca com comprimento de 500 mm perpendicular à direção de medição (Figura 16), acoplado diretamente no ponto de acionamento do disco horizontal sendo descartadas as perdas mecânicas do conjunto de transmissão (Figura 17). Optou-se pela medição indireta do torque diretamente no eixo de acionamento do disco horizontal, descartando as perdas nos conjuntos mecânicos de transmissão existentes.



Figura 15 – Conjunto de dinamômetros.



Figura 16 – Posicionamento para medição da força de acionamento.



Figura 17 – Ponto de aplicação da força de acionamento.

O experimento foi assim delineado: medições com os dosadores sem sementes, com a finalidade de verificar torque devido ao atrito interno do próprio dosador (feito apenas nos dosadores KF, VENCE TUDO e SEMEATO, pois o dosador IMASA tem um sistema de acionamento especial, o qual causaria diferenças nos resultados); medições com e sem a utilização do defletor cônico de sementes (chapéu chinês). Convencionou-se que o valor a ser considerado na medição seria aquele lido no momento em que iniciasse o movimento circular do conjunto, pois sempre apresentou os maiores valores de torque. Por fim, os quatro dosadores foram comparados na situação normal de trabalho com defletor de sementes. Nessa última condição foi descontado, para cada dosador o torque correspondente ao acionamento de seus sistemas de transmissão, o qual foi previamente determinado, pois dessa forma as diferentes características desse sistema não interfeririam nos resultados. Para cada um dos tratamentos foram feitas quatro repetições. As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância e teste de Tukey para o contraste de médias, ambos com nível de significância de 5%. Para analisar o efeito da presença do defletor cônico de sementes dentro de um mesmo dosador as médias de torque foram comparadas através do teste “t” com nível de significância de 5%.

3.4 Testes de funcionamento do dosador

3.4.1 Testes do eixo flexível

Foram realizados testes para verificação de condições de funcionamento do protótipo bem como viabilidade de princípios de solução utilizados. Primeiramente foi testado o sistema de transmissão de movimento com eixo flexível. A viabilidade da solução seria dada pela observação do funcionamento e quantidade de sementes dosadas. Foram testados dois modelos de eixos flexíveis com diâmetros diferentes.

3.4.2 Teste funcional do dosador

Após terem sido verificados aspectos relativos à montagem das partes do dosador (transmissão, base de alumínio, suporte do disco, suporte do reservatório, anel espaçador e disco), a funcionalidade do protótipo foi avaliada em laboratório com sementes de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*). O objetivo do teste foi o de verificar se ambas as saídas de sementes estavam dosando a mesma quantidade de sementes e também determinar a porcentagem de enchimento de células, que indica quantos orifícios que passam sobre cada uma das saídas realmente contém uma semente para ser depositada no solo.

Para a realização dos testes o dosador foi montado na bancada de ensaio de dosadores de sementes do Laboratório de Máquinas Agrícolas do DER/FAEM. O disco dosador horizontal foi acionado pelo motor elétrico da bancada, o qual tem a sua rotação controlada digitalmente através de um inversor de frequência, possibilitando a variação contínua da rotação entre 0 e 60 rpm. As demais características da bancada podem ser obtidas de Reis et al. (2007). Na Figura 18 pode-se observar o dosador montado na mesa de fixação da bancada.



Figura 18 – Dosador de dupla saída montado na bancada de testes.

As sementes de feijão empregadas apresentam as características dimensionais mostradas na Tabela 3. Com base no tamanho da semente foi selecionado um disco dosador de sementes da marca SEMEATO, com dupla fileira de orifícios oblongos com as seguintes dimensões: 7 x 10 mm. Esse disco foi montado em conjunto com um anel espaçador de 4 mm, onde foi construída uma segunda abertura para a saída das sementes dosadas. Na Figura 19 são mostrados o disco empregado juntamente com esse anel espaçador.

Tabela 3 - Parâmetros dimensionais das sementes de feijão.

Parâmetro	Comprimento	Largura	Espessura
Média (mm)	10,0	6,3	5,1
σ (mm)	0,5	0,2	0,3
Coefficiente de variação (%)	5,0	3,9	5,2
Intervalo de Confiança - $\alpha=0,95$ (mm)	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$

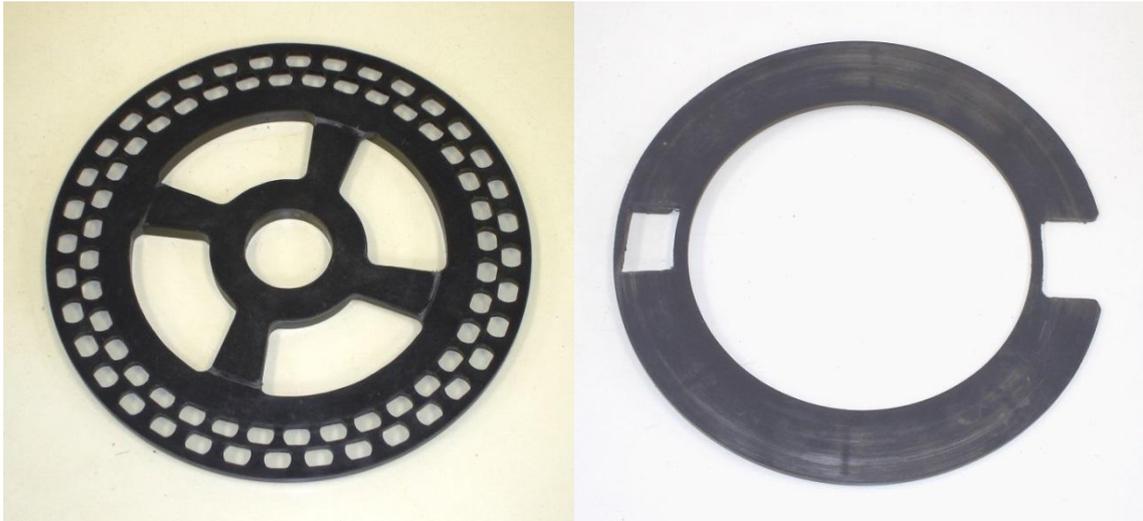


Figura 19 - Disco com orifícios oblongos (esquerda) e anel espaçador com duas aberturas (direita).

O dosador foi testado em três rotações, 7,8; 10,8 e 13,4 rpm, correspondendo a velocidades tangenciais (tomando como referência o raio médio entre as carreiras de furos – 82,5 mm) de 0,07; 0,09 e 0,11 m.s⁻¹. Considerando-se uma densidade de semeadura de 13 sementes por metro, estas rotações correspondem a velocidades de deslocamento de 2,4; 3,6 e 4,4 km h⁻¹, respectivamente. Em cada uma dessas rotações realizaram-se três repetições, pois os testes preliminares indicaram que havia pouca variabilidade nos resultados.

A fim de que se pudesse avaliar o efeito das duas saídas de sementes em conjunto com as rotações, foi montado um delineamento casualizado em esquema fatorial 3 x 2 (três rotações e duas saídas de sementes). A variável de resposta empregada para comparar as saídas de sementes foi o número de sementes dosadas em três voltas do disco dosador, enquanto que para avaliar o desempenho geral do dosador foi empregada porcentagem de enchimento de células, definida pela equação 1. Nesse último caso empregou-se em cada rotação a média entre as duas saídas de sementes. Durante os teste foi mantida uma quantidade de sementes suficientes para manter coberto o disco dosador.

$$pec = 100 \times \frac{ns}{nc} \quad (1)$$

Onde:

pec – porcentagem de enchimento de células (%);

ns – número de sementes;

nc – número de orifícios do disco.

Os resultados foram comparados empregando-se análise de variância através do *software* ASSITAT 7.6 Beta.

3.4.3 Teste de montagem e desmontagem

Foi realizado um ensaio de montagem e desmontagem do dosador de sementes com dupla saída com o objetivo de avaliar a facilidade de uma troca de disco dosador, verificando o atendimento a requisitos de projeto relacionados com montagem e regulagens.

O dosador foi fixado a uma morsa de bancada e, a partir do momento que iniciou a desmontagem, foi cronometrado o tempo despendido até a conclusão do procedimento de substituição do disco dosador e remontagem do dosador de sementes.

4 Resultados e discussão

4.1 Especificações de projeto

A partir na análise dos dados levantados por Teixeira (2008) e REIS (2003), referente aos requisitos de clientes para uma semeadora de tração animal e um dosador de precisão para sementes miúdas, respectivamente, foram selecionados 15 requisitos, distribuídos nas fases de vida do produto para verificação de possíveis redundâncias, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese dos requisitos de clientes separados por fases do ciclo de vida do produto.

Fase	Requisitos de Clientes
Projeto	(não identificado)
Fabricação	Ser fácil de fabricar
Comercialização	Ter baixo custo Ser durável
Utilização	Ter número de regulagens adequado Ser fácil de regular Ser de simples operação Ter montagem do dosador sem auxílio de ferramentas Ter precisão na dosagem Ser precisa na distribuição de sementes Ter pequena quantidade de sementes Ter funcionamento independente do nível de sementes Ter boa resistência mecânica
Manutenção	Ter manutenção de fácil execução Ter manutenção de baixa frequência Ter manutenção de custo reduzido

A caracterização dos requisitos dos clientes permitiu que eles fossem confrontados, individualmente, com a classificação dos requisitos de projeto estabelecida por Fonseca (2000). A qual serviu como lista de verificação para a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto.

Como resultados dessa comparação foram obtidos 16 requisitos de projeto. Esses requisitos foram analisados quanto a validade, completeza, operacionalidade, não redundância, concisão e praticabilidade. Essa análise identificou alguns requisitos de projeto com características indesejáveis, e outros que podem ser considerados como premissas do produto, motivo pelo qual foram excluídos, resultando numa lista de 14 requisitos.

A hierarquização dos requisitos de cliente foi obtida pela aplicação do Diagrama de Mudge, que resultou na valoração desses requisitos na seguinte ordem decrescente: ter baixo custo (16,7%), ter precisão na dosagem das sementes (13,4%), ser precisa na distribuição das sementes (13,0%), ser fácil de fabricar (12,6%), ser pequena danificação das sementes (8,5%), ter funcionamento independente do nível de sementes no reservatório (6,1%), ser de simples operação (5,7%), ter número de regulagens adequado (5,7%), ser durável (5,3%), ter manutenção de fácil execução (3,3%), ter manutenção de custo reduzido (2,8%), ser fácil de regular (2,8%), ter montagem do dosador sem o auxílio de ferramentas (1,6%), ter boa resistência mecânica (1,2%), ter manutenção de baixa frequência (0,8%) e oferecer segurança ao operador (0,4%).

Para o uso no QFD (Desdobramento da Função Qualidade), os valores atribuídos aos requisitos dos clientes precisam ser elevados a uma escala de mais fácil compreensão então, aplicou-se uma análise de frequência com cinco intervalos de valores, de um a cinco.

Na Figura 20 é mostrada a matriz da casa da qualidade, onde se podem observar os relacionamentos entre os requisitos dos clientes e os requisitos de projeto, a correlação entre os requisitos de projeto e a hierarquização dos requisitos de projeto obtida levando-se em consideração apenas a matriz de relacionamentos.

A atribuição de valores meta às especificações de projeto ordenadas pelo QFD resultou em especificações do projeto, mostradas de acordo com a sua importância, no Quadro 2.

O fato dos requisitos dos clientes relacionados com o processo de produção terem sido apontados como os mais importantes (três dentre os cinco constantes no terço superior da hierarquização) ressalta a importância da redução de custos de fabricação e, conseqüentemente, o de comercialização a ser atingido pelo produto, tem grande significância o desenvolvimento de equipamentos destinados a agricultura familiar.

O terço intermediário demonstra que os aspectos de funcionamento, segurança e obsolescência deverão ser atendidos na busca de equipamentos modernos para utilização nas pequenas propriedades quando da sua escolha ou uso. Aspectos operacionais simples como montagem manual das partes (rapidez e simplicidade) e acuidade na dosagem evidenciam, também, o alto grau de otimização de desempenho aliado a praticidade que vem sendo buscado na agricultura brasileira. Essa análise permite inferir que os equipamentos desejados na agricultura brasileira devem ter, além do desempenho funcional satisfatório a um custo reduzido, um projeto voltado para a facilidade de operação e de manutenção.

Quadro 2 –Especificações de projeto para dosador de precisão para sementes de milho e feijão com dupla saída.

Nº	Especificações de projeto	Meta	Sensor	Saída indesejável
1	Uso de tolerâncias grandes	Classe de tolerância Classe IT8 ou IT9., conforme NBR 6158	Análise de projeto	Uso de tolerâncias
2	Velocidades das partes móveis (m.s ⁻¹)	< 0,3 m.s ⁻¹	Medição de rotação do disco	Falhas na dosagem
3	Número de regulagens (Unidades)	> 3	Análise de projeto	Menor nº de regulagens
4	Processos de fabricação suais (% de proc.)	> 80%	Equipamentos utilizados	Uso de processos sofisticados
5	Materiais padronizados comuns (%)	> 80%	Contagem	Nº acima do estabelecido
6	Partes móveis cobertas e sem cantos vivos (%)	100%	Análise do protótipo	Existência de cantos vivos
7	Acuidade na dosagem (Espaçamentos aceitáveis)	> 60%	Medição dos espaçamentos e comparação com a norma.	Imprecisão de semeadura em virtude da concepção adotada
8	Montagens manuais ou com auxílio de poucas ferramentas (Nº de ferramentas)	No máximo duas	Análise de projeto.	Utilização de um número maior de ferramentas
9	Vida útil (Anos)	5 anos	Análise do projeto e materiais utilizados.	Aumento dos custos e/ou super dimensionamento.
9	Dosar com qualquer nível de sementes no reservatório (%)	Maior que 1% da capacidade do reservatório	Teste de funcionamento	Não dosar corretamente
11	Declividade tolerável para funcionamento (Graus)	≥ 11°	Analisar funcionamento na condição de inclinação	Não alcançar a regularidade de distribuição desejada
12	Acuidade na deposição (Espaçamentos aceitáveis)	> 60 %	Analisar funcionamento em condição de trabalho	Espaçamentos incorretos
12	Danificação das sementes (%)	< 2%	Contagem de sementes	Danificação acima do aceitável
14	Volume do reservatório (Litro)	Ainda não fixado	Não se aplica	

Também foi possível verificar que o ganho de conhecimento, a respeito do problema de trabalho, experimentado ao longo da fase de projeto informacional é um resultado positivo na aplicação da metodologia utilizada. As etapas ordenadas sistematicamente do projeto informacional e os métodos e ferramentas empregados

proporcionam um entendimento crescente da complexidade do problema em questão. Nesse ponto, contribuíram significativamente a identificação das necessidades dos clientes, a transformação delas em requisitos dos clientes e destes em requisitos do projeto e a posterior hierarquização através da primeira matriz do QFD. A identificação das necessidades dos clientes através do ciclo de vida do produto permitiu que se chegasse a informações importantes ao desenvolvimento do projeto. O tratamento dessas informações, ou seja, os vários passos empregados para que as necessidades dos clientes fossem transformadas em requisitos de projeto, também ajudaram sobremaneira no entendimento de todos os aspectos envolvidos no projeto do dosador de precisão para sementes de milho e feijão.

4.2 Determinação da função global do dosador

Apresenta-se na figura 21 a função global do dosador de sementes de milho e feijão com dupla saída, também identificando suas fronteiras e interações com o usuário. No caso do dosador de sementes, os estudos de funções globais e parciais estão limitados pela proposta do trabalho, que é o desenvolvimento deste produto.

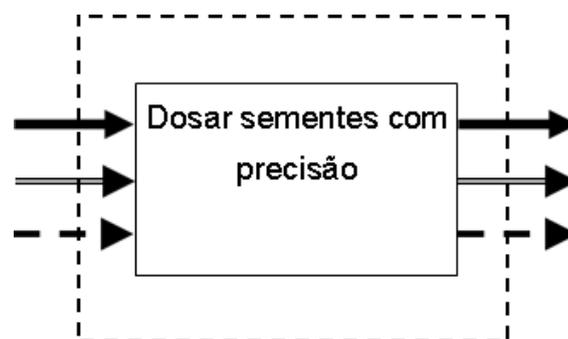


Figura 21 – Estrutura funcional global do sistema de dosador de sementes.

No quadro 3 estão detalhadas as entradas e saídas do sistema técnico dosador de sementes em termos de material, energia e sinal.

Quadro 3 – Entradas e saídas do sistema técnico dosador de sementes.

Representação	Entrada	Saída
Material 	Sementes	Sementes dosadas corretamente
Energia 	Energia mecânica captada para acionamento do dosador	Energia dissipada durante o funcionamento do dosador
Sinal 	Regulagens do dosador	Contagem de sementes
Fronteira do sistema	-----	

A função global define o problema de projeto e serve como referência para as decomposições funcionais posteriores. A partir da estrutura global foram identificadas as funções parciais F1, F2, F3, F4, ao dosador. A função F1 está relacionada ao sistema de reservatório de sementes. A função F2 é relacionada com a transmissão de movimento para acionamento do dosador. A função F3 é em relação a dosagem das sementes e, por último, a F4 é a de direcionar as sementes dosadas. A figura 22 indica essas funções parciais que compõem a representação inicial da estrutura funcional dosador de semente.

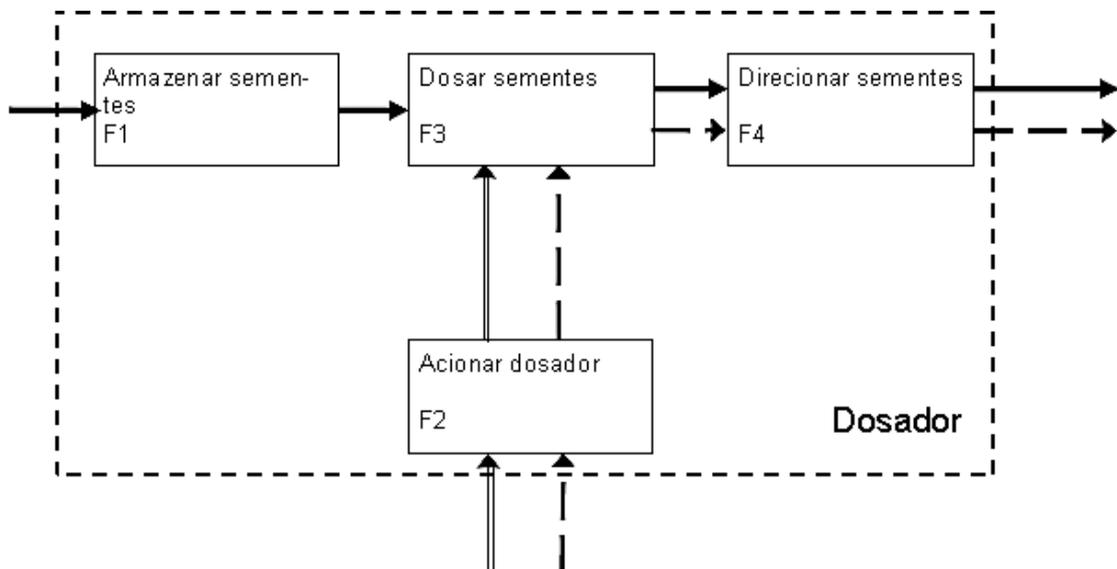


Figura 22– Funções parciais do dosador de sementes.

Algumas das funções parciais do dosador admitem subdivisões que, no caso, correspondem ao último nível de desdobramento da função global sendo chamadas de funções elementares (Figura 23). Será levada em consideração a proposta de dupla saída de sementes dosadas para elaboração desta estrutura funcional.

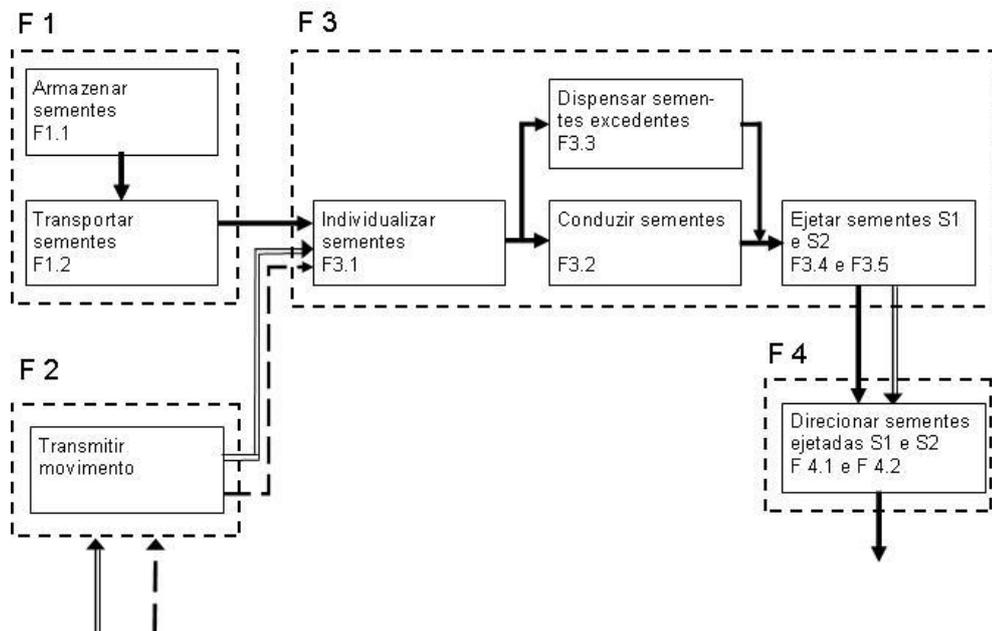


Figura 23– Funções elementares do dosador de sementes com dupla saída.

As funções parciais são detalhadas no quadro 4.

Quadro 4 – Detalhamento das funções parciais.

Função	Nomenclatura	Detalhamento
F1.1	Armazenar sementes	Reservatório de sementes acoplado ao dosador
F 1.2	Transportar sementes	Orientar movimento de sementes em direção ao disco dosador horizontal
F 2	Transmitir movimento	Transmitir movimento para acionamento do mecanismo dosador
F 3.1	Individualizar sementes	Acondicionar sementes nos orifícios do disco dosador
F 3.2	Conduzir sementes	Direcionar sementes ao conjunto exclusor/ejetor
F 3.3	Dispensar sementes excedentes	Eliminar sementes excedentes sobre os orifícios do disco
F 3.4 e F 3.5	Ejetar sementes	Forçar a saída das sementes dos orifícios do disco perfurado (Saída 1 e 2)
F 4.1 e F 4.2	Direcionar sementes ejetadas	Direcionar sementes ejetadas ao tubo de descida

4.3 Pesquisa por princípios de solução

Como estabelecido no escopo do problema, utilizou-se o maior número de princípios de solução com elementos padronizados e já disponíveis comercialmente buscando a redução do custo do dosador. Os princípios de solução foram

organizados em uma matriz morfológica (Figura24) sendo que os mais utilizados ou com maior possibilidade de uso foram dispostos progressivamente da esquerda para a direita.

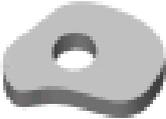
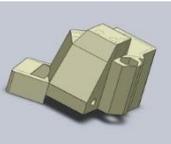
FUNÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	
F 1.1 Armazenar Sementes	 Reservatório disponível no comércio	 Reservatório cilíndrico
F 1.2 Transportar sementes	 Formato Misto	 Formato cônico
F 2 Transmitir movimento	 Eixo flexível	 Cardã e engrenagens
F 3.1 Individualizar sementes	 Orifício do disco perfurado 190mm. Formato do variável conforme semente a ser dosada.	
F 3.2 Conduzir sementes	 Disco horizontal.	
F 3.3. Dispensar sementes excedentes	 Conjunto exclusor/ ejetor de sementes disponível no mercado de reposição. .	
F 3.4 F 3.5 Ejetar sementes		
F 4.1 F 4.2 Direcionar sementes ejetadas	 Saída inclinada	 Saída reta

Figura24 – Matriz morfológica para dosador de sementes com dupla saída.

4.4 Concepção proposta para solução do problema

A proposta inicial deste projeto prevê o desenvolvimento de um dosador de sementes com dupla saída de grãos. Deve atender os requisitos de projeto hierarquizados pelo QFD.

Foi proposta somente uma concepção para o dosador com dupla saída, pois baseia-se em um equipamento comercial já existente, mas com características construtivas e funcionais diferentes. Esta concepção está baseada na utilização de materiais leves e de baixo custo, utilização de componentes padronizados, tais como os discos dosadores de 190 mm de diâmetro e conjunto excludor/ejetor de sementes adquiridos do mercado de reposição e utilização de um eixo flexível para acionamento do dosador. Ainda deverá ser possível construir suas partes utilizando processos simples de fabricação. Um esboço do dosador é apresentado na Figura 25.

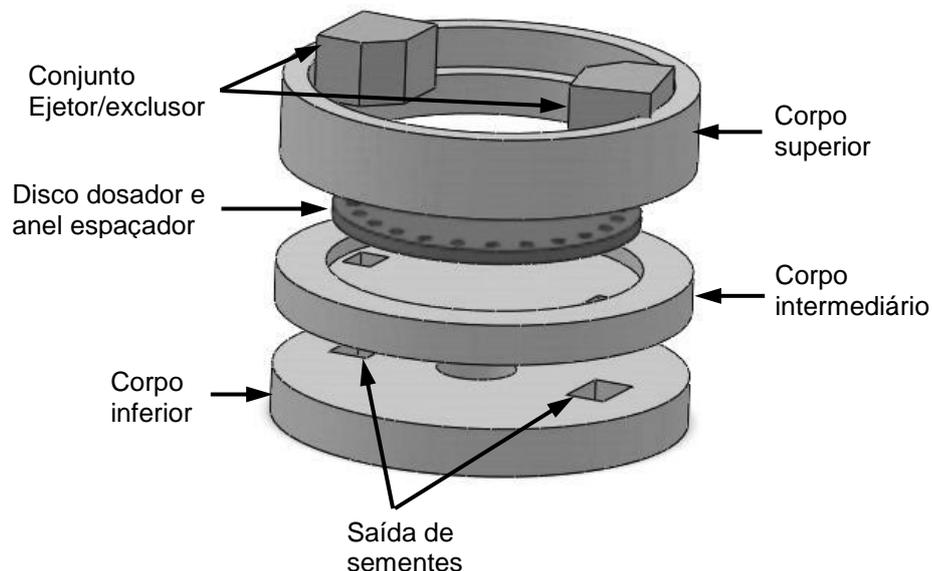


Figura 25– Concepção do dosador de sementes com dupla saída.

Como resultado do projeto preliminar, obteve-se um dosador para sementes com dupla saída, basicamente composto por três corpos, o inferior, o intermediário e o superior. No corpo inferior encontram-se as saídas de sementes, inclinadas em relação ao plano horizontal (Figura 26), e rolamento de apoio do sistema de tracionamento do disco dosador. No corpo intermediário se localiza o alojamento para o disco dosador e anel espaçador e no corpo superior estão fixados os conjuntos excludor/ejetor para as duas saídas de sementes. Neste corpo ainda será montado o reservatório de sementes. O conjunto será fechado por presilhas colocadas na lateral dos corpos.



Figura 26- Vista lateral do corpo inferior com saída de sementes inclinada.

4.5 Construção do protótipo

O protótipo foi obtido utilizando processos de fabricação usuais no ramo metalmeccânico, conforme estabelecido na proposta inicial.

Fundição dos corpos do dosador

Foi construído um modelo em madeira com dimensões tais que permitisse a usinagem posterior nas formas e dimensões finais do protótipo (Figura 27). O modelo foi moldado manualmente em caixa de areia (Figura 28).

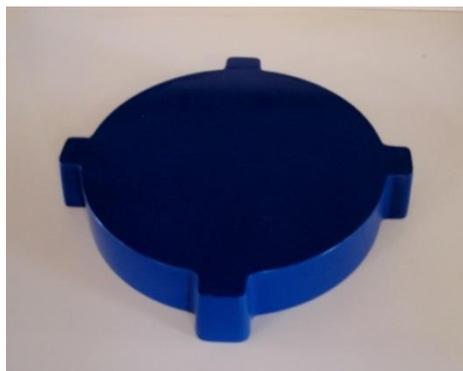


Figura 27 – Modelo em madeira.



Figura 28 – Moldação manual em caixa de areia.

Após a moldação, se obteve o molde do corpo do dosador, onde ocorreu o vazamento do metal fluidizado (Figura 29).



Figura 29 – Caixa de areia com molde.

Os procedimentos que se seguiram no processo de fundição de alumínio foram o vazamento do alumínio derretido, destorroamento dos moldes de areia (Figura 30) para posterior rebarbação (Figura 31), utilizando serra manual e esmerilhadeira elétrica.



Figura 30 – Destorroamento manual.

Figura 31 – Rebarbação manual.

Torneamento

Os corpos do dosador foram obtidos a partir do torneamento das peças fundidas. São apresentados nas figuras 32, 33 e 34 os corpos superior, intermediário e inferior do dosador de sementes respectivamente. Eventualmente, outros componentes do dosador também foram obtidos por esse processo.



Figura 32 – Corpo superior torneado.



Figura 33 – Corpo intermediário torneado.

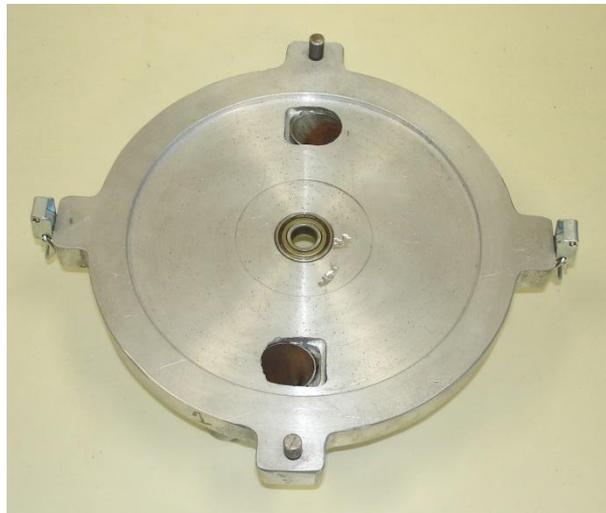


Figura 34 – Corpo inferior torneado e com demais partes já montadas (rolamento do eixo, saídas inclinadas e fechos laterais).

Fresamento

O fresamento foi utilizado obtenção de rasgos e cavidades nos componentes do dosador. Foi aplicado na usinagem das saídas de sementes dos corpos intermediário (Figura 35) e inferior (Figura 36).



Figura 35 – Saída de sementes do corpo intermediário.



Figura 36 – Saída de sementes do corpo intermediário.

Furação

A furação forneceu furos diversos, que se fizeram necessários durante o processo de construção do protótipo. As Figuras 37 e 38 mostram exemplos.



Figura 37 – Furação.



Figura 38- Furação.

Após a fabricação dos componentes do dosador, utilizando processos em conformidade com os requisitos de projeto previamente definidos, foi obtido o protótipo funcional, apresentado na figura 39.



Figura 39 - Protótipo do dosador de sementes de disco horizontal com dupla saída.

4.6 Ensaio de torque de acionamento de dosadores

Verificou-se ao acionar os dosadores KF modelo 5030 (B), VENCE TUDO modelo SA9400 (C) e SEMEATO modelo PH3 (D) sem a presença de sementes, que o torque necessário foi estatisticamente diferente para os três dosadores. O dosador B apresentou uma média de 1,7 Nm, o dosador C teve média de 1,0 Nm e para o dosador D foi necessário em média 0,3 Nm. As diferenças podem se dever à qualidade das operações de produção e montagem dos conjuntos, indicando que o dosador da marca D teve melhor fabricação. As médias de torque em cada dosador com e sem a presença do defletor cônico de sementes são apresentadas na Tabela 4. A presença do defletor reduziu o torque de acionamento apenas no dosador A, de duas saídas de sementes e de maior diâmetro. Acredita-se que o maior diâmetro da carreira de furos possa ter contribuído para a diferença, pois a força resistiva gerada pelas sementes gerou maiores torques, tornando a contribuição na redução da carga sobre o disco desse acessório significativa.

Tabela 4 – Torque médios dos dosadores com e sem a presença do defletor e análise estatística.

	Torque no dosador (Nm)			
	A	B	C	D
Com defletor	3,21 a	1,95 a	1,12 a	0,26 a
Sem defletor	4,50 b	1,91 a	1,09 a	0,27 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste “t” (ns=5%)

Os torques calculados a partir das leituras de força do dinamômetro necessária para acionar os dosadores com o defletor cônico de sementes são apresentados, juntamente com a análise estatística, na Tabela 5. A análise de variância dos tratamentos mostrou que o torque calculado foi estatisticamente diferente para os quatro dosadores (F calculado de 34,79 para um F crítico a 5% de 3,49). A diferença mínima significativa calculada pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% foi de 1,01 Nm. Assim, o dosador de A, de maior diâmetro e duas saídas de sementes necessitou do maior torque de acionamento.

Conforme já foi dito, as forças geradas pelas sementes de feijão localizam-se mais afastadas do centro do disco gerando maior torque. Além disso, esse mecanismo apresenta dois excludores de sementes extras e dois ejetores de sementes, que também, por sua vez, exigem juntos mais torque para funcionarem. O dosador D exigiu o menor torque para ser acionado com a presença das sementes de feijão.

Tabela 5 - Torque calculado nos dosadores com a presença de sementes de feijão e defletor.

Repetição	Torque de acionamento do dosador (Nm)			
	A	B	C	D
1	3,60	2,16	0,81	0,14
2	2,60	1,98	0,85	0,14
3	4,60	1,30	1,20	0,12
4	3,00	1,88	1,04	0,09
Média(Nm)	3,45 a	1,83 b	0,97 bc	0,12c
σ (Nm)	0,87	0,37	0,18	0,02
CV (%)	25,2	20,3	18,5	19,4

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Como não foi encontrado nenhum trabalho científico que apresente a demanda de torque em dosadores de semente de qualquer tipo, não é possível que se façam comparações com os resultados obtidos para os dosadores em questão.

No entanto, os valores obtidos são pequenos quando se considera a transmissão mecânica de torque e movimento, o que vai possibilitar a exploração de outros princípios de solução para a transmissão do movimento da roda da semeadora aos dosadores.

O ensaio de medição de torque demonstrou que a presença do defletor cônico de sementes (chapéu chinês) reduziu o torque necessário ao acionamento apenas no dosador com disco de maior diâmetro na dosagem de feijão. Nos três dosadores de disco de menor diâmetro a presença desse dispositivo não afetou a demanda de torque. Houve diferença estatística significativa entre as médias de torque observadas entre os quatro modelos de dosadores operando com o defletor cônico. A menor média foi de 0,12 Nm e a maior de 3,45 Nm, sendo esta observada no modelo de dosador com o maior diâmetro de disco.

4.7 Testes de funcionamento

4.7.1 Testes do eixo flexível

O teste com o primeiro eixo flexível (Figura 38), com diâmetro 3,17 mm (1/8"), resultou no não acionamento do dosador, claramente demonstrando seu diâmetro insuficiente para realizar tal tarefa. O segundo teste, motivado pelo resultado do anterior, foi realizado com um cabo flexível com diâmetro de 6 mm (Figura 40). Neste caso ocorreu o acionamento do dosador, porém a velocidade de rotação não apresentou regularidade, variando aleatoriamente e impossibilitando a necessária sincronia entre o elemento acionador e a rotação do disco horizontal. Não foram encontradas razões para esse fato, pois o eixo flexível empregado estava claramente superdimensionado para a tarefa.

A concepção de um sistema de transmissão de torque por eixo flexível não apresentou os resultados esperados, porém, mais testes com outros modelos de eixos flexíveis poderão ser feitos visto a demanda de torque de pequena grandeza verificada por ensaio já descrito.



Figura 40 – Eixo flexível diâmetro 3,17mm (1/8”) (esquerda) e eixo flexível diâmetro 6mm (direita).

Tendo em vista o funcionamento irregular apresentado pelo sistema de transmissão de movimento por eixo flexível, que impediu a realização do ensaio de dosagem, optou-se pela utilização de um conjunto de engrenagens cônicas e eixo cardã para acionamento do dosador (Figura 41).



Figura 41 – Conjunto de engrenagens cônicas (esquerda) e eixo cardã (direita).

4.7.2 Teste de dosagem

O número de sementes dosadas pelo disco de dupla fileira em cada uma das saídas é apresentado na tabela 6. A análise de variância das médias dos tratamentos mostrou que não há diferença significativa no número de sementes dosadas em cada uma das saídas e nem nas faixas de rotações estudadas. Também não houve interação entre os dois fatores em estudo. Sendo assim, verificou-se que a diferença média entre as duas saídas foi de pouco mais que duas sementes, o que corresponde a uma diferença de 1,2%.

Tabela 6 – Número médio de sementes dosadas em três rotações do disco.

Saída	Parâmetro estatístico	Rotação (rpm)			Média
		7,8	10,8	13,4	
1	Média	197,0	199,0	195,0	197,0
	σ	2,1	3,5	4,2	
	cv (%)	1,1	1,7	2,1	
2	Média	206,0	196,0	196,0	199,4
	σ	8,5	8,6	7,8	
	cv (%)	4,1	4,4	4,0	

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O fato de não ter sido encontrada diferença significativa entre o número de sementes dosadas em cada uma das saídas era esperado, pois além de confirmar os resultados de Teixeira e Gomes (2009), obtidos com um dosador semelhante, porém com disco de maior diâmetro, a construção cuidadosa demonstrada pelo perfeito ajusta das partes, aliada ao emprego de componentes comercialmente disponíveis, permitiu o correto funcionamento do protótipo.

As médias da porcentagem de enchimento de células nos tratamentos são apresentadas na tabela 7. A análise de variância dos tratamentos mostrou, ao nível de 5% de probabilidade, que não há diferenças na porcentagem de enchimento de células entre as rotações estudadas. Portanto, a média geral obtida pelo protótipo foi 91,8%.

Tabela 7 – Médias da porcentagem de enchimento de células em cada rotação.

Parâmetro estatístico	Rotação (rpm)			Média geral
	7,8	10,8	13,4	
Média saídas 1 e 2 (%)	93,4	91,5	90,4	91,8
σ	1,6	2,3	0,9	
cv (%)	1,7	2,5	1,0	

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A porcentagem de enchimento de células obtido (91,8%) na faixa entre 0,07 e 0,11 m.s⁻¹, é semelhante ao que foi obtido por Teixeira e Gomes (2009) para a porcentagem de espaçamentos aceitáveis de sementes de feijão num dosador de disco horizontal de grande diâmetro com dupla saída em condições de laboratório. Para esse equipamento os autores obtiveram um valor médio de 91,6% de

espaçamentos aceitáveis. Embora os parâmetros sejam distintos, sabe-se que somente é possível obter valores elevados de espaçamentos aceitáveis quando a porcentagem de enchimento de células é elevada.

4.7.3 Teste de montagem e desmontagem

As medições de tempo apresentaram resultados consistentes e são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultado do ensaio de montagem/desmontagem.

Ensaio	Tempo demandado (s)
1	28,76
2	20,42
3	24,45
4	23,25
5	19,63
Tempo médio	23,32

Como termo comparação dos resultados obtidos para o dosador de dupla saída foi realizado um ensaio de dosador de discos comercial, fixado a semeadora SEMEATO PH-3. As condições do ensaio previram o reservatório de sementes vazio e o tempo medido entre a desmontagem para substituição do disco dosador e anel espaçador e a posterior remontagem do dosador. Foram utilizadas as três linhas de semeadura para medição os tempos. O tempo médio obtido foi de 42,19s.

Podemos concluir que o resultado obtido pelo dosador de dupla saída é melhor que o do dosador SEMEATO, demonstrando potencial para quanto da facilidade de montagem e substituição de componentes para alteração de regulagens.

De um modo geral, os resultados apresentados pelo protótipo do dosador com dupla saída foram satisfatórios, mostrando-se promissores e válidos para continuação do seu desenvolvimento. A incorporação de componentes do mercado de reposição foi plenamente satisfatória, cumprindo sua função mesmo que numa concepção com duas saídas de sementes. A comparação de desempenho com outro modelo de dosador com dupla saída de sementes corrobora esta constatação.

5 Conclusões

As especificações de projetos relacionadas aos processos de fabricação, tais como uso de tolerâncias grandes, processos de fabricação usuais e materiais padronizados comuns além das relacionadas com funcionalidade, tais como montagens manuais ou com auxílio de poucas ferramentas, foram atendidas na sua totalidade.

Os processos de fabricação mecânica envolvidos no desenvolvimento do protótipo são considerados usuais no ramo metalmeccânico. Foram utilizados processos de fundição de metais, torneamento, fresagem e furação, todos atendendo as classes de tolerância estabelecidas para o projeto, classe IT 8 ou IT 9, conforme NBR 6158.

Os testes de montagem e desmontagem realizados no protótipo para substituição do anel espaçador e disco perfurado apresentaram resultados que demonstram a facilidade para tal tarefa, sendo compatíveis com os dosadores disponíveis no mercado.

Foram incorporados ao protótipo componentes disponibilizados no mercado de peças de reposição para dosadores de sementes de disco horizontal, reduzindo custos de desenvolvimento de novos componentes. Os componentes são o disco dosador, o anel espaçador e o conjunto ejetor/exclusor de sementes.

Os resultados do ensaio de dosagem com duas saídas de sementes demonstram que o protótipo teve desempenho que corroborou ensaio realizado em dosador comercial semelhante, indicando a viabilidade de sua utilização no projeto de uma semeadora de precisão para pequenos agricultores.

Uma questão importante deste projeto, o emprego de disco dosador com 190 mm de diâmetro, mostrou-se é viável para a utilização em dosadores com duas saídas de sementes, conforme resultados dos ensaios de dosagem.

6 Sugestões para trabalhos futuros

A principal sugestão para trabalhos futuros é a continuação do projeto, desenvolvendo o projeto detalhado do dosador de sementes com dupla saída, bem com testes de dosagem conforme norma apropriada e também a realização de testes de campo.

Aprofundar o estudo da utilização de eixo flexível para acionamento do dosador, com teste em diferentes modelos de eixos. Esta concepção é importante pela simplicidade de utilização.

Finalmente, disponibilizar o projeto detalhado para pequenas metalúrgicas, associação de agricultores ou mesmo empresas de máquinas agrícolas, a fim de contribuir para o desenvolvimento da agricultura familiar no Rio Grande do Sul.

Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6158:1995 Sistemas de tolerâncias e ajustes**. S. Paulo: ABNT, 1995. 79 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04:015:06-010/1996: Semeadoras e distribuidoras de fertilizantes ou corretivos - terminologia: definições**. S. Paulo: ABNT, 1996. 23 p.

BALARDIN, R.S. **Recomendações técnicas para o cultivo de feijão no Rio Grande do Sul. Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão**. Santa Maria: Palotti, 2000. 80p. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/dfs/eventos/reunifeijao/recomenda.pdf>>. Acesso em 04/08/13.

CIMM. Centro de informação Metal Mecânica. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3676>. Acesso em 10/06/2013.

COLOMBINO, A. A.; POLLACINO, J. C.; SOSA, R. O. **Máquinas para implantación de cultivos**. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1985. 63 p.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas sembradoras de grano grueso**. Santiago: Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, 1986, 48 p.

DINIZ, A.E., MARCONDES, F.C., COPPINI, N.L., **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 7.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2010.

FAO/INCRA. Food and Agriculture Organization. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Relatório final de projeto de cooperação técnica**. Brasília, 1994.

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) - CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GUANZIROLI, C. E. PRONAF dez anos depois: Resultados e perspectivas para o desenvolvimento rural. **RER**, Rio de Janeiro, vol. 45, nº 02, p. 301-328, abr/jun 2007.

GUILHOTO, J. J. M.; AZZONI, C. R.; SILVEIRA, F. G. **PIB da Agricultura familiar: Brasil-Estados**. Brasília: MDA, 2007. 172 p. (NEAD Estudos; 19).

HEEGE, H. J. Seeding methods performance for cereal, rape, and beans. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.3, p.653-361, 1993.

IBGE. **Censo Agropecuário 1995/1996**: Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, n.22, 1998. 1CD- ROM

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ- IPARDES. **Identificação de gargalos tecnológicos da agricultura familiar**: subsídios e diretrizes para uma política pública: Relatório 1: Levantamento das demandas tecnológicas e sugestões de diretrizes de políticas públicas. Curitiba, 2005. 355p.

JACOBS, C. O.; HARRELL, W. R.; SHINN, G. C. Capítulo 19: Planting and seeding equipment. In: **Agricultural power and machinery**. New York: McGraw-Hill, 1983. p.336-354.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da usinagem dos materiais**. São Paulo: Blucher, 2009. 371 p.

MACHADO, A. L.T.; REIS, A.V.; MACHADO, R.L.T. **Tratores para agricultura familiar**: guia de referência. Pelotas: Editora Universitária UFPEL, 2010. 125p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO –MDA. Equipamentos e Implementos para Tratores. Disponível em: <<http://comunidades.mda.gov.br/principal/equipamentos-mais-alimentos>>. Acesso em jun/2010.

MITSUBISHI CARBIDE. Terminologia de brocas helicoidais. Disponível em <http://www.mitsubishicarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical_information/information/drill_terminology_nomenclature.html>. Acesso em 10/08/2013.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, Â. V.; MACHADO, A. L. T.; MACHADO, R. L. T. Comparação de chassi de semeadoras–adubadoras por meio de modelagem bidimensional – **XII Encontro de Pós-Graduação – XIX Congresso de Iniciação Científica**. 2010. Pelotas: UFPEL, p. 1-4 – Ins. 00210.

OGLIARI, A. **Estudo e desenvolvimento de mecanismos dosadores de precisão de máquinas semeadoras**. 1990. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTYN, P. J.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.31, n.3, p.209-214, 1996.

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

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Cultivo do milho: plantio, espaçamentos, densidades e quantidades de sementes. Sete Lagoas/MG: Embrapa Milho e Sorgo. Dez. 2002, 7p. **Comunicado técnico online**, 46. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_49_168200511159.html>. Acesso em: 04/08/13.

PORTO, V. H. F. **Agricultura familiar na zona sul do Rio Grande do Sul: caracterização socioeconômica.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2002, 93p. (Documentos nº 87).

PORTUGAL, A.D. O desafio da agricultura familiar. **Revista Agroanalysis**, 24, p.43-44, 2002.

REIS, A.V. **Desenvolvimento de concepções para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** 2003. 277p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REIS, A.V. Erros na semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.2, p.12-13, 2001.

REIS, A.V. dos; ANDRADE, L. F. S.; FORCELLINI, F.A. Sistematização da tarefa de valoração dos requisitos dos clientes para uso no QFD. In: **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, João Pessoa, 2002. Anais II CONEM, 2002.

REIS, A. V. dos; FORCELLINI, F. A.. Análise da Precisão Funcional da Semeadora. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul - RS, v. 6, n. n. 2, p. 90-104, 2003.

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

SANTOS, A., M.; FLORES, C. A.; ALVES, F. A. R.; **Máquinas para a agricultura familiar (referencial técnico).** Porto Alegre: EMATER/RS, 1998. 43p.

SEMEATO. Manual do operador; Semeadeira de plantio direto –TD. Passo Fundo: Semeato S.A. Indústria e Comércio, 1987. 56p.

SILVA, Marcos Roberto da. **Classificação de semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto conforme o índice de adequação.** 2003. 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

TEIXEIRA, S.S., GOMES, M.C., Possibilidades da indústria de máquinas no atendimento da agricultura familiar do Rio Grande do Sul. In: **XVIII Congresso De Iniciação Científica, I Mostra Científica**, 2009, Pelotas. Anais eletrônicos... Disponível em: <www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA_00513.pdf>. Acesso em: ago. 2011.

TORRE, J. **Manual prático de fundição.** São Paulo: Editora Hemus, 2004.

UMARAS, E. **Tolerâncias dimensionais em conjuntos mecânicos: estudo e proposta para otimização.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, 2010.

WEBER, C. J.; GALLINA, F.; REIS, A. V. et al. Modelamento e simulação dos erros da cadeia cinemática de acionamento e do disco dosador em semeadoras de precisão. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 30, Foz do Iguaçu, Anais... Jaboticabal: SBEA, 2001. 4p. (CD-ROOM).

WEISS, A. **Desenvolvimento e adequação de implementos para a mecanização nos sistemas conservacionistas em pequenas propriedades.** 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.