

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



Dissertação

**Projeto informacional e conceitual de uma máquina para
aplicação localizada de fertilizantes em pomares**

Tiago Lopes Bertoldi

Pelotas, 2013

Tiago Lopes Bertoldi

Projeto informacional e conceitual de uma máquina para aplicação
localizada de fertilizantes em pomares

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
Agronomia.

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

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

Pelotas, 2013

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

B545p Bertoldi, Tiago Lopes
Projeto informacional e conceitual de uma máquina para aplicação localizada de fertilizantes em pomares / Tiago Lopes Bertoldi; Ângelo Vieira dos Reis, orientador; Roberto Lilles Tavares Machado. - Pelotas, 2013.
61 f. : il.

Dissertação (Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Prunus L. 2.Pequenas propriedades.
3.Adubação.
4.Projeto de máquinas. I. Reis, Ângelo Vieira dos , orient. II. Machado, Roberto Lilles Tavares , co-orient. III. Título.

CDD 631.34

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis (Orientador)

Prof. Dr. Antonio Lilles Tavares Machado

Prof. Dr. Carlos Antônio da Costa Tillmann

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que estiveram ao meu lado mesmo que em alguns momentos não compreendessem as diversas situações.

Agradeço aos professores Ângelo Vieira dos Reis pela orientação e Roberto Lilles Tavares Machado pela co-orientação.

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

A equipe de projeto André Oldoni, Roger Toscan Spagnolo, Tiago Vega Custódio pelo incentivo, ajuda e amizade.

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

Aos meus pais José Carlos Bertoldi e Maria Tereza Lopes Bertoldi pela vida, dedicação, ajuda e apoio, aos meus irmãos Ricardo Lopes Bertoldi e Otávio Lopes Bertoldi, pelo apoio e demais familiares que de alguma forma me incentivaram.

A todos aqueles que não desistiram de mim, mesmo não estando presentes especialmente Aline Vollrath Bento.

A todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento do presente trabalho.

MUITO OBRIGADO A TODOS!

Resumo

BERTOLDI, Tiago Lopes. **Projeto informacional e conceitual de uma máquina para aplicação localizada de fertilizantes em pomares**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O cultivo do pessegueiro (*Prunus L.*) possui grande importância social e econômica no Rio Grande do Sul, tendo sido produzidos no ano de 2012 cerca de 132.874 toneladas deste. Esta atividade é em grande parte executada em propriedades agrícolas familiares, demandando elevada mão de obra o que acaba auxiliando a fixação do homem no campo. A produção do pêssego utiliza uma série de ferramentas e máquinas bastante simples para a implantação da lavoura. O pessegueiro é uma planta exigente em adubação em todo seu ciclo de vida, a absorção dos nutrientes é realizada majoritariamente pelas raízes. Uma vez que a área de adsorção é menor do que a área de deposição realizada pelas máquinas convencionais, na adubação de um pomar podem ocorrer desperdícios e tornar a atividade onerosa. Existem no mercado tecnologias capazes de solucionar o problema, porém ainda estão distantes da realidade da agricultura familiar de pequena e média escala, assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver o projeto informacional e conceitual de um sistema mecanizado com a finalidade de aplicar fertilizante granulado de forma localizada, direcionado às necessidades dos agricultores familiares produtores de pêssego. A base da metodologia de projeto utilizada encontra-se fundamentada em um modelo de fases o qual divide-se em: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, sendo que neste trabalho executaram-se as duas primeiras. Na primeira fase, projeto informacional foram identificadas as necessidades dos clientes de acordo com as funções que desenvolvem dentro de cada fase do ciclo de vida do produto para estabelecimento das especificações de projeto, totalizando 18 requisitos. Na fase de projeto conceitual verificou-se o escopo do problema, estabelecendo-se três estruturas funcionais viáveis para o atendimento das especificações de projeto. Realizaram-se pesquisas por princípios de solução, selecionando as combinações mais promissoras a fim de escolher a mais adequada para o atendimento das necessidades encontradas. O escopo do problema encontrado foi: Aplicar regularmente no alvo, fertilizante granular dosado uniformemente. Desta forma encontrou-se a estrutura funcional que mais se adequou ao atendimento dos requisitos de projeto. Obtiveram-se quatro concepções da máquina uma das quais foi selecionada.

Palavras-chave: *Prunus L.*, adubação, projeto de máquinas, pequenas propriedades.

Abstract

BERTOLDI, Tiago Lopes. **Conceptual and informational design of a localized fertilizer applicator for fruit**. 2013. 59 p. Master's thesis. Graduate Program in Family Farming Systems. Federal University of Pelotas, Pelotas, State of Rio Grande do Sul, Brazil

The growth of peach trees (*Prunus L.*) plays a major social and economic role in Rio Grande do Sul. In the year 2012 alone, 132,874 tons of peaches were produced in the State. This activity is largely performed on family run farms and involves a high number of farm workers, thus contributing to keeping families in rural areas. Basic machinery and tools are needed for the crop implementation. The peach tree is a plant that demands fertilization throughout its life cycle, and nutrient absorption is mainly carried out by its roots. Since the adsorption area is smaller than the deposition area performed by conventional equipment, there may be unnecessary waste in the fertilization of orchards, raising costs. There are technologies available in the marketplace today that could solve this problem; these are, however, still inaccessible to small and medium scale family farming. Thus, the aim of this study was to develop an informally and conceptually designed mechanical system for the purpose of using band placement or localized granular fertilizer application, directed to peach-growing family farmers' needs. The methodology of the design is based on a phase model which has been divided into informational design, conceptual design, preliminary design and detailed design. This study developed the first two phases. The initial or informational design phase identified clients' needs according the role they played within each phase of the life cycle of the product so as to establish the design specifications, including a total of 18 requirements. The scope of the problem was analyzed in the conceptual design phase, when three viable functional structures to meet the design specifications were established. Research using solution principles was performed and the most promising combinations were selected so as to choose the most adequate one. The scope of the problem was to apply granular fertilizer evenly on the target. This way, the most adequate functional structure to attend to the design needs was met. Four machine conceptions were obtained, one of which was selected.

KEY WORDS: *Prunus L.*, fertilization, equipment design, small farms.

Lista de Figuras

Figura 1 - Etapas do projeto informacional adaptado de Reis (2003).	22
Figura 2 - Etapas do projeto conceitual adaptado de Reis (2003).	24
Figura 3 - Diagrama de Mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.	31
Figura 4 - Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto.	36
Figura 5 - Função global da máquina de deposição localizada de fertilizantes.	43
Figura 6 - Estruturas funcionais alternativas A, B, e C.	44
Figura 7 - Desdobramento da estrutura A.	46
Figura 8 - Desdobramento da estrutura B.	47
Figura 9 - Desdobramento da estrutura C.	48
Figura 10 - Matriz morfológica dos princípios de solução adotados para as funções de armazenar e dosar fertilizante.	51
Figura 11 - Matriz morfológica dos princípios de solução adotados para as funções de aplicar e fertilizante e provocar intermitência.	52
Figura 12 - Concepção A. A) homogeneizador de peneira, B) reservatório cilíndrico, C) dosador helicoidal, D) aplicador de disco giratório, E) comando de alavanca, F) intermitência por embreagem G) caixa de engrenagens e H) eixo cardã.	53
Figura 13 - Concepção B. A) homogeneizador de eixo com paletas, B) reservatório cônico, C) aplicador de braço oscilante, D) dosador de roseta, E) motor elétrico, F) comando de botoeiras.	54
Figura 14 - Concepção C. A) reservatório quadrado, B) acionamento por manete, C) intermitência por correia deslizante, D) dosador de eixo acanalado, E) eixo cardã, F) aplicador pneumático.	55
Figura 15 - Concepção D. A) reservatório cônico, B) dosador helicoidal, C) defletor, D) aplicador de disco giratório, E) homogeneizador de peneira, F) comando de botoeiras e G) motor elétrico.	55

Lista de Quadros:

Quadro 1- Clientes do produto ao longo do ciclo de vida.	27
Quadro 2 - Matriz de apoio à identificação das necessidades dos clientes	28
Quadro 3 - Lista dos requisitos de clientes. Os números entre parênteses após os requisitos de cliente indicam a junção dos itens necessidades dos clientes.	30
Quadro 4 - Distribuição dos requisitos de clientes do projeto nas fases do ciclo de vida do produto.....	32
Quadro 5 - Matriz de apoio à conversão dos requisitos de clientes em requisitos de projeto.	34
Quadro 6 - Quadro de especificações dos requisitos de projeto.	38
Quadro 7 - Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado.....	42
Quadro 8 - Notações das funções e subfunções.....	45
Quadro 9 - Matriz de decisão escolha da estrutura funcional.	49
Quadro 10 – Quadro de avaliação da viabilidade das concepções.	56
Quadro 11 - Matriz de avaliação das concepções.....	57

Sumário

1.	INTRODUÇÃO9
2.	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1.	A cultura do pêssego	11
2.2.	Azubadoras	14
2.3.	Metodologia de projetos	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1.	Projeto Informativo.....	21
3.2.	Projeto Conceitual	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1	Projeto informativo.....	27
4.2	Conceito do produto	41
5	CONCLUSÕES	58
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

No Brasil uma fatia correspondente a 4,5% da área colhida em 2010 provem das culturas perenes, estas exigem uma série de preparações e cuidados desde a instalação, passando pelo manejo do solo e irrigação, nutrição e adubação, poda, raleio, além do controle de pragas e doenças, finalizando pela colheita e armazenamento.

Nas culturas frutíferas cada espécie possui características fisiológicas com necessidades de nutrição particulares. De maneira geral os diferentes estádios de desenvolvimento possuem como condicionantes dos critérios de adubação, a demanda, ponto de aplicação e área de aplicação, que por sua vez, são influenciados pelos fatores clima, topografia e solo. Outro ponto importante é a localização dos fertilizantes em relação ao sistema radicular da planta, bem como, a quantidade adequada melhorando a absorção dos nutrientes tornando a adubação mais eficiente.

A fruticultura brasileira ocupa a terceira posição no ranking mundial, com produção anual em torno de 42 milhões de toneladas de um total de 340 milhões de toneladas colhidas em todo o mundo. Como fatores favoráveis, tem-se a diversidade de climas e solos, apresentando condições para produzir frutas de ótima qualidade e com grande variedade de espécies tropicais, subtropicais e temperadas. Além disso, a fruticultura é uma atividade que utiliza grande quantidade de mão de obra e atende a necessidade de viabilizar as pequenas propriedades e a fixação do homem no meio rural.

Segundo IBGE (2012), no Rio Grande do Sul destacam-se as culturas de uva (692.901 t), maçã (537.507 t), laranja (371.209 t) e pêssego (132.874 t).

Diante disto, e considerando que a fruticultura como um todo é muito ampla, propõe-se a cultura do pêssego como parâmetro de dados a serem seguidos neste

trabalho uma vez que no município de Pelotas - RS as propriedades agrícolas familiares apresentam diversificação da produção, entretanto a principal cultura adotada nestas propriedades é o pêssego.

A cultura do pessegueiro é exigente em nitrogênio, o qual estimula a produção de folhas e gemas frutíferas. Como o nitrogênio não é translocado lateralmente há uma necessidade em aplica-lo em toda superfície abaixo da copa, caracterizando uma aplicação localizada.

Tratando-se de sistemas mecânicos para aplicação de fertilizantes em pomares, encontram-se os distribuidores a lanço como principal opção. Não tão comuns existem máquinas de aplicação localizada de ação hidráulica controlada por sensores. Porém, são equipamentos de grande porte com necessidade de elevada potência de acionamento, podendo onerar assim a atividade.

Observa-se então uma lacuna no desenvolvimento de máquinas e implementos voltados às pequenas propriedades rurais, principalmente em relação à adequação as suas necessidades específicas e ao custo de aquisição. Esse fato faz com que, em muitas oportunidades, os próprios produtores adaptem e desenvolvam equipamentos, utilizando o método empírico da tentativa e erro, com limitações tecnológicas e sem uma base metodológica de projeto adequada.

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver as especificações e uma concepção de um sistema mecanizado, capaz de dosar e depositar fertilizante granulado de maneira localizada, direcionada aos agricultores familiares produtores de pêssego.

Os objetivos específicos estipulados foram:

- Aplicar as etapas dos projetos informacional e conceitual do modelo de fases de projetos de desenvolvimento de produtos.
- Representar geometricamente por meio de programa de desenho auxiliado por computador, os princípios de solução para um mecanismo aplicador de adubo de forma intermitente.
- Definir a concepção que melhor atenda as necessidades dos clientes do produto.

Buscou-se desenvolver concepções dessa máquina utilizando princípios de solução já existentes e atualmente empregados, obtendo-se a concepção de um aplicador de fertilizantes de forma localizada, capaz de atender as necessidades dos usuários.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do pêssego

O pessegueiro pertence à família Rosácea, subfamília Prunoidea, gênero *Prunus* (L.) e subgênero *Amygdalus*.

O pessegueiro atinge a altura de quatro a seis metros dependendo das condições de clima e solo. As raízes são, em princípio, pivotantes; posteriormente, ramificam-se lateralmente, tornando-se numerosas extensas e pouco profundas, variando em função da disponibilidade de água no solo. Em solos bem drenados, profundos e arejados, as raízes distribuem-se na profundidade de 20 cm a 80 cm (MEDEIROS e RASEIRA, 1998).

A distribuição em profundidade é variável de variedade para variedade e depende das características já citadas. Em condições normais de cultivo do pessegueiro, pode-se considerar que cerca de 80% das raízes finas encontram-se na profundidade de 0-50 cm e que 50% situam-se em até 20 cm de profundidade. Com relação à lateralidade, pode-se considerar que o sistema radicular do pessegueiro acompanha, de modo geral, a linha de projeção da copa (FINARDI e LEAL, 1985).

A adoção de determinado sistema de plantio será sempre dependente da topografia, do tipo de solo e regime pluvial. Em locais planos, com solo bem estruturado, com boa drenagem, poderá ser escolhido um dos três sistemas clássicos de plantio: quadrado, retângulo ou quincônio. Em áreas com topografia levemente ondulada, com até 12% de declividade, é recomendável o plantio em camalhões, dispostos em curvas, com declividade variando de 0,6% a 0,8%, se tratando de áreas com declividade superior a 12%, é conveniente que sejam adotados outros sistemas de conservação do solo (RASEIRA et. al., 1998).

Em relação à densidade de plantio, o espaçamento varia de acordo com o sistema de cultivo. No sistema tradicional, vem a ser 6x6, 6x7, 6,5x5 metros, o que permite o plantio de 160 a 280 plantas por hectare. O sistema de alta densidade utiliza espaçamentos que encontram-se entre 4x2, 4x1, permitindo o cultivo de até 6 mil pés por hectare (SIMÃO, 1998).

Para o Estado do Rio Grande do Sul, de maneira geral, recomenda-se um espaçamento de 3 a 4 metros entre plantas e de 6 a 7 metros entre as linhas (RASEIRA et. al., 1998).

Quanto à adubação Simão (1998) afirma que o pessegueiro é exigente em nitrogênio (N), que estimula a produção de ramos, folhas e gemas frutíferas e melhora o tamanho individual do fruto. A cultura responde bem a outros nutrientes como K, Ca, Mg, P, Zn, Fe, Bo, Mn, Cu e S, pela ordem de importância, e calcário que é empregado para elevar a saturação em base a 70%. O N não é translocado lateralmente, o que indica a necessidade de aplicá-lo em toda a superfície do terreno, abaixo da copa, também a adubação de restituição deve ser anualmente providenciada, para manter o pomar em condições de alta produtividade.

A quantidade a aplicar está relacionada à idade da planta e à sua produtividade. Segundo Freire e Magnani (1998) recomenda-se a aplicação de 200 g da fórmula 12-6-12 por caixa produzida após a poda e a aplicação suplementar de nitrogênio, à base de 200 g de sulfato de amônio, 15 a 21 dias após o florescimento. No sistema de alta densidade, recomenda-se 50 g de N, 50 g de P₂O₅ e 40 g de K₂O por planta, dividindo-se a aplicação em duas doses, uma anterior ao florescimento e outra posterior a ele.

De forma geral a adubação se difere em três fases de acordo com o estágio de desenvolvimento, sendo adubações de pré-plantio, de crescimento e manutenção.

Adubação de pré-plantio vem a ser aquela que se dá antes da instalação do pomar, tendo por finalidade equalizar os níveis de fósforo e potássio com as necessidades da cultura a do pêssego.

Segundo Freire e Magnani (1998), através de análise do solo é determinado a necessidade de correção da acidez do solo, bem como as quantidades exigidas de P e K, estas deverão ser suficientes para as plantas de pessegueiro até o início da produção comercial.

Em pomares com menos de 5 m de distância entre as linhas de plantio, os fertilizantes devem ser espalhados em toda superfície. No entanto, onde essa distância for superior a 5 m e não houver interesse em estabelecer cultura intercalar, a adubação poderá ser executada somente em uma faixa de 3 m de largura ao longo da linha de plantio (FREIRE, 1987).

Os fertilizantes fosfatados e potássicos, usados antes do plantio, devem ser aplicados por ocasião da instalação do pomar, preferentemente a lanço, e incorporados no mínimo na camada arável (FREIRE e MAGNANI, 1998).

Adubação de crescimento, adubação realizada no período entre o plantio das mudas e o terceiro ano, denominado fase de crescimento. Freire e Magnani (1998) indicam que durante esta fase recomenda-se usar somente nitrogênio, uma vez que supõe-se que o P e o K, fornecidos pela adubação de pré-plantio, sejam suficientes até o momento em que as plantas entrem em plena produção, por volta do quarto ano.

O pessegueiro necessita constantemente de N em todo o ciclo vegetativo. Considerando que neste período as plantas não são produtivas, Freire e Magnani (1998) estimam para uma população de 400 plantas ha⁻¹ cerca de 10 a 45 g de N por planta, além da perda desse nutriente por lixiviação. Os mesmos ainda recomendam fracionar a dose anual em três parcelas conforme o estágio de desenvolvimento.

O fertilizante nitrogenado deve ser distribuído ao redor das plantas, formando uma coroa distanciada de 20 cm do tronco sob a projeção da copa.

Adubação de manutenção vem a ser aquela reposição de nutrientes que ocorre a partir do quarto ano, quando as plantas entram em plena produção, os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas devem resultar de análise conjunta dos seguintes parâmetros: análise foliar, análise periódica do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produções obtidas e espaçamento (CFS, 1989).

A adubação nitrogenada de manutenção é feita parceladamente, em três épocas. A primeira (50% do total) é realizada no final do inverno (início do ciclo vegetativo anual); a segunda (30% do total), após o raleio dos frutos; e a última (20% do total), após a colheita (CFS, 1989).

Difícilmente, as necessidades nutricionais do pessegueiro são total e equilibradamente supridas com o uso de matéria orgânica, pois a concentração de

N, P_2O_5 e K_2O nesses materiais difere muito das proporções comumente necessárias. Para evitar a adição de nutrientes em quantidades superiores às exigidas, recomenda-se calcular a dose de fertilizante orgânico tomando por base o nutriente cuja quantidade for suprida com a menor dose (FREIRE, 1987).

Alguns aspectos da agricultura familiar produtora de pêssego da região sul do Rio Grande do Sul foram observadas por Anderson (2010), em estudo realizado no município de Pelotas e vizinhos, a área das propriedades, concentram-se na faixa entre 10 e 30 ha, variando suas produtividades em 50 a 100 toneladas de produto por ano. Fachinello (1996) indica distância ente plantas entre 1,0 e 4,0 m; distância entre linhas entre 5,0 e 7,0 m; sendo o espaçamento mais utilizado 4,0 x 6,0 m.

Anderson (2010) aponta a renda bruta anual das propriedades agrícolas variando entre R\$ 22.500,00 a R\$ 150.000,00. Tal fato é importante para verificar a capacidade de endividamento do agricultor, no sentido de fazer novos investimentos na propriedade, tais como a máquina proposta. Através do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e do Programa Mais Alimentos, observa-se a ampliação da mecanização com a aquisição principalmente de tratores, observa-se que a potência mínima de tratores é de 14,71 kW podendo chegar a 55,16 kW (Anderson, 2010).

A determinação da necessidade de adubação varia de caso para caso, de acordo com a recomendação dos procedimentos de análises de solo e foliar. De modo geral Embrapa (2005) recomenda a partir do 50 ano, de 90 a 180 kg/ha de N; 20 a 120 kg/ha de P_2O_5 ; 30 a 150 kg/ha de K_2O .

2.2. Adubadoras

De acordo com Machado et al. (2005) adubadora é definida como máquina agrícola capaz de distribuir, no solo, diferentes tipos de produtos (fertilizantes), os quais podem apresentar as mais diversas constituições (granulado, pó, líquido) sejam eles químicos ou orgânicos dentro de várias razões de distribuição e localizações. Dependendo da maneira que essas máquinas depositam o fertilizante no solo, pode-se dividi-las em adubadoras por gravidade e adubadoras a lança.

Adubadora por gravidade vem a ser uma máquina cuja largura de distribuição, normalmente, corresponde a largura do depósito, podendo possuir rodas para auxiliar o transporte e ou movimentar mecanismos, sendo o fertilizante

conduzido ao solo por gravidade, ou seja, não há impulso sobre o mesmo (MACHADO et al., 2005).

Aduadora a lanço, é uma máquina, na qual o fertilizante é espalhado sobre o solo através de mecanismos distribuidores que utilizam a força inercial centrífuga para execução dessa tarefa. A largura de distribuição é muito maior que a largura da máquina não apresentando mecanismos para enterramento ou cobertura do produto distribuído (MACHADO et al., (2005).

De maneira geral estas máquinas são compostas por sistemas de armazenamento, dosagem e distribuição.

O sistema de armazenamento de produto compõe-se de reservatórios que possuem formato trapezoidal, cônico, cilíndrico, adotando materiais de fabricação como aço carbono, aço inox, polipropileno entre outros. O fundo pode possuir abertura controlada ou abertura total, o reservatório ainda pode possuir homogeneizadores fixos ou móveis. O fertilizante é deslocado por meio de efeito gravitacional, mecânico com auxílio de esteiras ou ainda ação pneumática para fora do reservatório.

O sistema de dosagem deve capturar o fertilizante, desestruturá-lo, conduzi-lo em doses desejadas e liberá-lo na tubulação de descarga. Aletas rotativas ou rotores dentados conduzem o fertilizante a uma comporta com abertura variável, liberando-o (CASÃO JR e SIQUEIRA, 2006). Entre eles pode-se citar o eixo com paletas, rosca sem-fim, fundo giratório, roseta, cilindro acanalado.

O sistema de distribuição é responsável por depositar o fertilizante no solo. Podendo apresentar diferente tipos de mecanismo distribuidor como: corrente, fundo móvel, discos giratórios, tubo oscilante ou ainda elementos pneumáticos.

Em grande parte das máquinas ofertadas no comércio, o movimento dos mecanismos distribuidores é obtido por meio do eixo de tomada de potência do trator, chegando a uma caixa de redução que recebe o movimento e o transfere ao distribuidor, enquanto a regulagem da quantidade de fertilizante que chega ao distribuidor é feita através da variação da abertura do orifício de saída, que pode ser em número de um ou dois, dessa forma, aumenta-se ou diminui-se a quantidade de fertilizante que caem sobre ele (MACHADO et al. 2005).

Aduadora de deposição localizada ou intermitente é uma máquina capaz de aplicar fertilizante em pontos específicos, ou seja, possui algum artifício

que libera e interrompe o fluxo de fertilizante fazendo com que o mesmo seja depositado em um ponto ou área de interesse.

As informações a seguir foram observadas em patentes e produtos comerciais, (Kamaq, 1995; Orlanda, 2001; Orlanda, 2007; Newton Crouch, 2013; Cadioli, 2013).

O sistema de armazenamento de produto varia entre os de fundo móvel com esteiras e os com orifício de saída por gravidade. Apresentando porte médio e grande e ainda costal.

O sistema de dosagem faz uso de câmara de volume conhecido e variação da vazão de fertilizante ao longo do deslocamento da máquina, de forma mecânica, hidráulica ou pneumática.

O sistema de distribuição possui uma ampla gama de variantes, ação da gravidade por tubos condutores, discos giratórios, pneumáticos etc.

O controle do fluxo de fertilizante e ponto de deposição se dá de diferentes formas entre elas, acionamento manual por manete, sendo o operador responsável por identificar o alvo. Acionamento mecânico por haste copiadora. Acionamentos eletrônicos por sensores, entre eles fotoelétricos e ultrassônicos.

2.3. Metodologia de projetos

Tratando-se de sistemas mecânicos para dosagem e distribuição de fertilizantes em pomares, no mercado se encontram diferentes modelos, como por exemplo, distribuidores tipo a lanço e aplicadores de fertilizante localizado. Porém, geralmente são equipamentos de grande porte com necessidade de elevada potência de acionamento, onerando assim a atividade. Fato que corrobora com Teixeira (2008), o qual descreve que as indústrias de máquinas agrícolas, de um modo geral, provavelmente por questões mercadológicas, vêm dedicando-se ao atendimento das necessidades dos médios e grandes estabelecimentos rurais existindo desta forma, uma lacuna no desenvolvimento de máquinas e implementos voltados às pequenas propriedades rurais, principalmente em relação à adequação as suas necessidades específicas e ao custo de aquisição. Esse fato faz com que, em muitas oportunidades, os próprios produtores adaptem e desenvolvam equipamentos, utilizando o método empírico da tentativa e erro, com limitações tecnológicas e sem uma base metodológica de projeto adequada.

Como alternativa ao método empírico propõe-se o modelo de fases de Pahl e Beitz (2005) que divide o processo de desenvolvimento de produto em quatro fases: projeto informacional (chamado por esses autores de “esclarecimento da tarefa”), projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. O presente trabalho corresponde à aplicação das duas primeiras fases. O uso dessa metodologia é comum no projeto de máquinas agrícolas no meio acadêmico como encontrada em, Mazetto (2000), Reis (2003), Menegatti (2004), Teixeira (2008), Vasconcelos (2011), Oldoni (2012) e Stefanello (2013).

Na fase do projeto informacional busca-se identificar e analisar os principais parâmetros para o desenvolvimento do produto, obtendo-se as especificações do projeto, para tanto, pesquisa-se informações técnicas e de mercado a respeito do produto a ser projetado. Estabelecem-se as diferentes etapas de desenvolvimento que o produto é submetido, chamado ciclo de vida (CV), tais como projeto, fabricação, comercialização, utilização e manutenção do produto. São definidos os clientes ao longo do ciclo de vida, que segundo Menegatti (2004), tal definição visa identificar todos os envolvidos com o produto desde o projeto até seu fim de vida, bem como suas expectativas e necessidades em relação ao produto.

A fim de minimizar as subjetividades intrínsecas ao projeto, Fonseca (2000) propõe uma classificação de atributos do produto como gerais e específicos, sendo o primeiro subdividido em atributos básicos e de CV, através da seguinte sistematização:

Todo requisito do cliente caracteriza-se por:

- uma frase curta composta pelos verbos ser estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos; ou - uma frase composta por um verbo que não seja ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos, denotando neste caso, uma possível função do produto.

No primeiro caso, os requisitos representam características que os produtos devem apresentar, enquanto no segundo caso, os requisitos constituem possíveis geradores de funções, ou seja, são requisitos que indicam funções que produto deve desempenhar (FONSECA, 2000).

A determinação do valor dos requisitos de clientes se dá através do método utilizado por Reis et al. (2003) que implementam computacionalmente a ferramenta Diagrama de Mudge para auxiliar no processo de valoração dos requisitos dos clientes definindo-os de maneira mais sistematizada, dependendo assim menos da

opinião pessoal de cada membro da equipe. Os valores obtidos (hierarquização) são seguidos de sua divisão em intervalos de classes num histograma.

Converter requisitos dos clientes em requisitos de projeto significa decidir algo físico sobre o produto, que o afetará definitivamente durante a atividade de projeto. Os requisitos dos clientes são expressões padronizadas, mas que podem não conter ainda, elementos físicos mensuráveis, indispensáveis para guiar a execução do projeto (FONSECA 2000).

Para a obtenção dos requisitos de projeto, Fonseca (2000) apresenta a matriz de obtenção dos requisitos de projeto, que tem como objetivo facilitar o processo de definição dos requisitos de projeto. A primeira coluna é preenchida com os requisitos dos clientes, enquanto a primeira linha é preenchida com os atributos específicos do produto.

Atributos específicos são, segundo Fonseca (2000), “aquelas características físicas, objetivas e mensuráveis do produto, diretamente identificáveis, que configuram os detalhes específicos e determinam a métrica mensurável do mesmo”.

Com o objetivo de hierarquizar por importância os requisitos de projeto, Reis (2003) propõe a ferramenta QFD (*Quality Function Deployment* ou Desdobramento da Função Qualidade) uma vez que esta auxilia a transformação das necessidades de clientes em características mensuráveis (requisitos de projeto visando qualidade). Ou seja, estabelece os níveis de relacionamento entre os requisitos de projeto e os requisitos dos clientes de tal maneira que todos representantes do ciclo de vida do produto sejam ouvidos.

Na fase do projeto informacional ficam definidos as fases do ciclo de vida e seus clientes assim como suas necessidades, a estas são conferidos atributos, submetidas a checklists e hierarquizadas, dando origem as especificações de projeto, que vem a ser características do produto, com seu valor meta, sua forma de avaliação e seus aspectos indesejados (FONSECA, 2000; REIS, 2003; MENEGATTI, 2004; BACK, et al., 2008).

Na fase do projeto conceitual é definido o escopo do problema através abstração das especificações de projeto. Então é estabelecida a estrutura funcional que auxilia no direcionamento de busca e atribuição dos princípios de solução para as diferentes funções do produto. Os princípios de solução são combinados gerando diferentes concepções que posteriormente são avaliadas e selecionadas através de uma matriz de avaliação permitindo a comparação de cada uma das concepções,

relacionando o atendimento aos principais requisitos de clientes. Finalmente aquela concepção que melhor atende as expectativas do projeto é otimizada e detalhada (FERREIRA, 1997; REIS, 2003; FORCELLINI (2003); PAHL et al., 2005; BACK et al., 2008).

Pahl et al. (2005) define o escopo do problema como a expressão mais pura da causa a ser estudada, e recomenda uma lista de tarefas composta de cinco passos no auxílio da reformulação do problema.

Passo 1 – eliminar as preferências pessoais;

Passo 2 – omitir os requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais;

Passo 3 - transformar informações quantitativas em qualitativas e reduzir ao essencial;

Passo 4 – interpretar as informações a fim de identificar subjetividades;

Passo 5 - formular o problema sem a inclusão de soluções.

Neste ponto deve-se verificar se realmente será necessária uma modificação da tarefa original, e se esta pode levar a uma solução promissora.

Compreendido o escopo faz-se necessário o estabelecimento da função global. Uma função pode ser entendida, de acordo com Pahl & Beitz (1996), como uma relação entre entrada e saída com o propósito de realizar uma determinada tarefa. A função global é aquela corresponde à função mais ampla que o produto deve desempenhar, indicando entradas e saídas de energia, material e sinal em relação a um sistema periférico que serve de limite entre a máquina e suas interfaces.

A fim de facilitar a busca por princípios de solução, realizam-se uma subdivisão da função global chamadas estruturas alternativas (REIS, 2003). Para atender o escopo do problema junto a função global, Pahl et al. (2005) indicam diretrizes para estabelecimento destas estruturas:

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

Finalmente são atribuídas funções elementares a cada subfunção, sendo este o último nível de desdobramento da função global, estas descrevem os

procedimentos que deverão ser efetuados pela máquina. Devendo existir pelo menos um princípio de solução capaz de atender cada função elementar.

Pahl et al. (2005), indica a seleção da estrutura funcional que:

- Seja compatível com a tarefa global;
- Satisfaça as necessidades da lista de requisitos;
- Cabível de ser realizado com relação ao nível de trabalho, tamanho, arranjo necessário, além de outros itens;
- Permita antecipar um custo aceitável.

A Matriz de Decisão proposta por Ferreira (1997) seleciona a estrutura funcional que apresentar a maior relação entre os índices de desempenho técnicos e de custos.

Uma vez que os grupos de funções estejam definidos, se faz necessária a busca por princípios de solução que contemplem as funções elementares que rearranjadas atendam sua função elementar correspondente. Um princípio de solução é aquele portador de efeito físico (FERREIRA, 1997).

O método da matriz morfológica visa estruturar e sistematizar a apresentação dos princípios de solução encontrados e a geração das concepções alternativas, este é apresentado em maiores detalhes em Back & Forcellini (2001), Pahl & Beitz (2005), e Back (1983).

Segundo Reis (2003), no Julgamento de viabilidade, verifica-se, com base na experiência dos membros da equipe, se a solução enquadra-se numa das seguintes condições: não viável, condicionalmente viável e viável. As soluções enquadradas como condicionalmente viável e viável seguem adiante para a próxima técnica. Para a solução não viável deve-se saber com clareza as razões que levaram a esse julgamento.

Matriz de avaliação – as soluções são comparadas entre si com relação a critérios elaborados a partir das necessidades dos clientes. A variante de solução preferida da equipe de projeto é usada como referência. A ideia nesta técnica é de gerar um escore baseado no atendimento dos critérios pelas diversas variantes de solução em relação à variante de referência. A variante que obtiver um escore total maior que a referência é desenvolvida para a escolha final da concepção do projeto (REIS, 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Partindo do princípio que o equipamento a ser gerado abrange uma gama ampla de cultivares perenes, realizou-se um estudo de caso para cultura do pêssigo produzido na região Sul do Rio Grande do Sul, com base no trabalho de Andersson (2010).

No presente trabalho foram realizadas as fases de projeto informacional e projeto conceitual, que fazem parte do Modelo de Fases de processo de projeto. A metodologia utilizada foi baseada nos trabalhos de Fonseca (2000), Reis (2003), Forcellini (2003), Pahl et al. (2005), Rozenfeld et al. (2006), Back et al. (2008), Teixeira (2008), Oldoni (2012), Stefanello (2013).

No auxílio das tarefas foi montada uma equipe de projeto composta por docentes e discentes do Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas – NIMEq do Departamento de Engenharia Rural – DER da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL.

3.1. Projeto Informacional

O projeto informacional neste trabalho subdivide-se em seis etapas compostas por oito tarefas que devem ser executadas de forma sequencial com auxílio de diferentes ferramentas, conforme Figura 1.

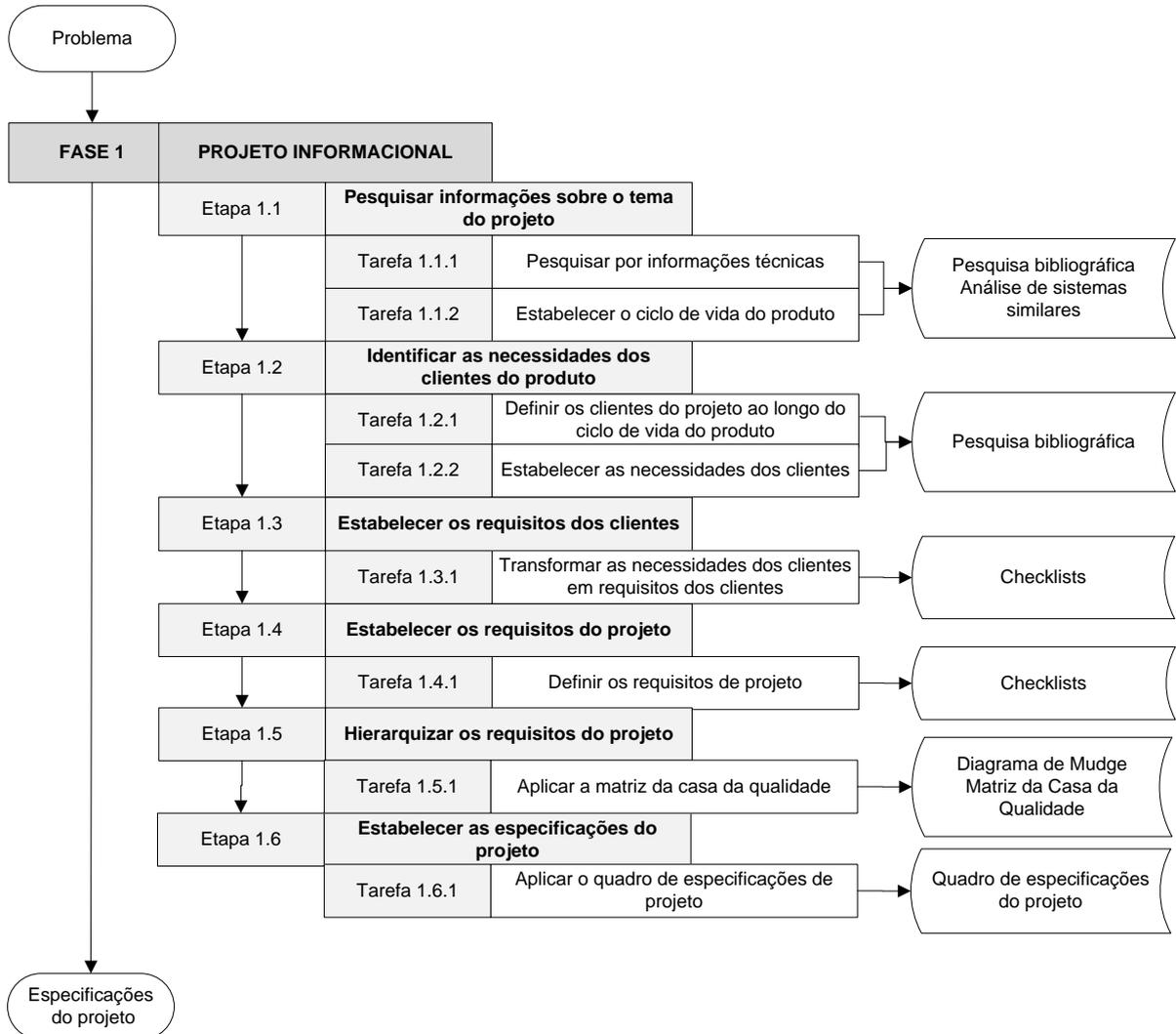


Figura 1 - Etapas do projeto informacional adaptado de Reis (2003).

Na primeira tarefa do projeto informacional realiza-se a busca por informações técnicas, no mercado e em bibliografias sobre a cultura do pêssego e os sistemas de aplicação de fertilizante, identificando possíveis problemas ou soluções.

Posteriormente é estabelecido o ciclo de vida do produto que, tem como objetivo, identificar quem são os clientes que compõem a cadeia de desenvolvimento do produto. Neste projeto foram consideradas as seguintes fases do ciclo de vida do produto: projeto, fabricação, montagem, operação, regulagem e manutenção. Nesta etapa busca-se identificar as pessoas, empresas ou instituições envolvidas nas diversas etapas da vida do produto, desde a criação, projeto, fabricação, comercialização, uso, manutenção e descarte. Identificando-se os

clientes envolvidos de cada etapa do ciclo de vida, passa-se a buscar suas necessidades em relação ao projeto do produto.

Para contemplar a terceira etapa - estabelecer os requisitos dos clientes – deve-se a partir das necessidades dos clientes, formar frases curtas compostas pelos verbos ser, estar ou ter, seguidas de um ou mais substantivos, ou por um verbo qualquer mais um substantivo, indicando este, que o requisito é possivelmente uma função que o produto deve desempenhar.

Na quarta etapa os requisitos do projeto são definidos atribuindo-se grandezas físicas ou econômicas, aos requisitos de clientes, para que seja possível mensurá-los. Utilizaram-se neste projeto os seguintes atributos básicos: funcionamento, ergonomia, economia, normatização e segurança. Os atributos específicos: geometria, massa, potência, fluxo, padronização. Alguns requisitos de projeto, que não se enquadram em nenhum dos atributos, foram classificados como geral.

Após os requisitos de projetos terem sido definidos, estes são hierarquizados, aplicando-se a matriz da casa da qualidade (QFD - *Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade), que é responsável pelo relacionamento dos requisitos dos clientes ponderados com a aplicação do diagrama de Mudge e os requisitos de projeto. Por sua vez, o diagrama de Mudge é uma matriz de relacionamento que visa ponderar a importância de um requisito de cliente em relação aos demais, tornando-os mensuráveis, para servir de multiplicador quando relacionados com os requisitos de projeto, também inseridos no QFD.

Com o preenchimento da matriz da casa de qualidade, gera-se uma lista hierarquizada dos requisitos de projeto. Os quais servem de base para estabelecerem-se as especificações do projeto, obtidas pela atribuição de metas para os requisitos de projeto hierarquizados finalizando assim o projeto informacional e dando início ao projeto conceitual.

3.2. Projeto Conceitual

Assim como o projeto informacional, o projeto conceitual subdividiu-se em seis etapas compostas por nove tarefas que devem ser executadas de forma sequencial com auxílio de diferentes ferramentas, conforme Figura 2.

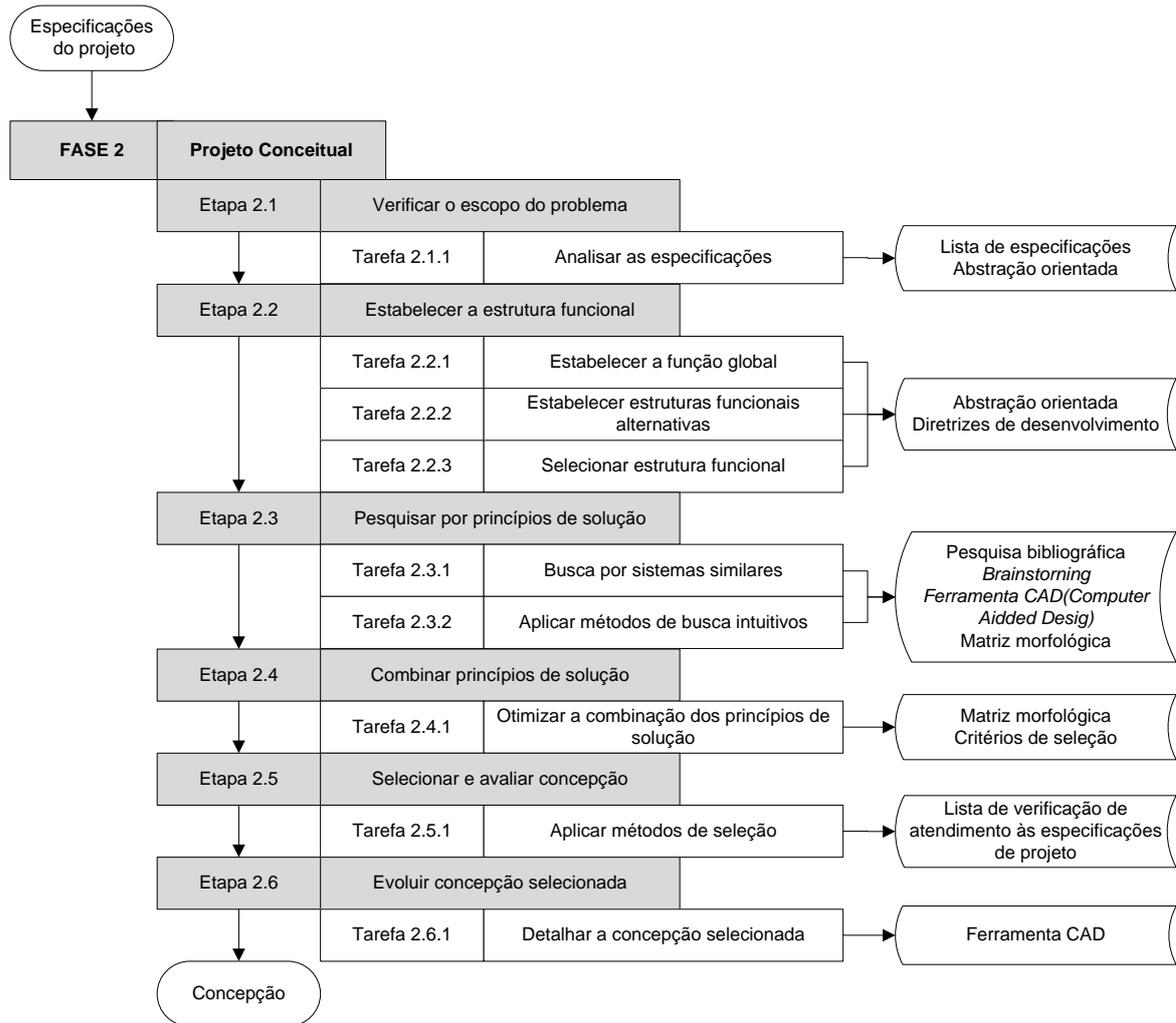


Figura 2 - Etapas do projeto conceitual adaptado de Reis (2003).

Na primeira etapa do projeto conceitual faz-se a verificação do escopo do problema, analisando-se as especificações do projeto, buscando-se eliminar as preferências pessoais, omitir os requisitos sem relação direta com a função, transformar as informações quantitativas em qualitativas, eliminar as subjetividades e reformular o problema generalizando-o.

A segunda etapa vem a ser o estabelecimento da estrutura funcional, nesta formula-se o do problema, ainda de forma abstrata, estabelecendo-se as funções: global, alternativas e desdobramentos no formato de diagrama de blocos, evidenciando suas entradas e saídas de energia, material e sinal, priorizando o fluxo de massa como referência de ordenação e sequencia das funções elementares da máquina. Para selecionar as estruturas funcionais foi utilizada a Matriz de Decisão, com base nos requisitos técnicos e de custo mais importantes, os quais derivam dos

requisitos de clientes (Mudge). A estrutura funcional escolhida direciona a busca por princípios de solução adequados para a resolução do problema principal.

Na Matriz de Decisão, os itens referentes às necessidades de clientes foram rearranjados em critérios técnicos e especificações de custo, seguidos de seus pesos relativos. Os itens sem detalhamento suficiente para avaliação nesta fase foram desconsiderados. Os itens que possuam semelhanças em relação aos critérios de especificações de custo tiveram seus pesos somados. O somatório das pontuações em relação aos atendimentos aos requisitos de clientes devem ainda ser multiplicado pelos valores de referência provindos do diagrama de Mudge (ferramenta utilizada na fase 1). A concepção que obtiver maior pontuação ao final da matriz de avaliação é a selecionada para execução da última etapa do projeto conceitual.

A terceira etapa diz respeito à pesquisa por princípios de solução, onde passa-se do abstrato ao concreto. Para cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida na tarefa anterior é atribuído um princípio de solução oriundo de pesquisa de sistemas similares, aplicação do método de *Brainstorming*, produzindo-se desenhos que formam uma matriz morfológica, que nada mais é do que uma matriz contendo diferentes princípios de solução para um mesmo problema. Posteriormente estes são combinados para formar as concepções alternativas.

Para a seleção da concepção que melhor atende as especificações do projeto adotou-se duas técnicas.

Julgamento da viabilidade que fez uso da experiência da equipe, determinado se a combinação era *não viável*, *condicionalmente viável* ou *deve ser considerada (viável)*.

Matriz de Avaliação, baseando-se em critérios elaborados a partir das necessidades dos clientes, as combinações foram comparadas entre si, sendo uma delas escolhida pela equipe como referência. Os pesos utilizados para os requisitos de clientes foram suas classes obtidas no Diagrama de Mudge e os escores utilizados para a avaliação do atendimento dos requisitos em relação à referência foram:

- a) +2, muito melhor;
- b) +1, melhor;
- c) 0, da mesma forma;
- d) -1, de modo pior;

e) -2, de modo muito pior.

Para o cálculo dos pesos totais, multiplicou-se cada escore pelo peso do requisito analisado, e após foram somados os resultados de cada concepção. A melhor concepção de equipamento foi aquela que obteve a maior pontuação e, portanto, escolhida para a continuidade do projeto, através da sua evolução e aprimoramento, buscando-se ainda acrescentar à concepção selecionada os princípios de solução considerados promissores das concepções descartadas, finalizando assim a fase de projeto conceitual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Projeto informacional

Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Esta fase do projeto foi contemplada pela revisão de literatura onde se buscou informações técnicas através da análise de sistemas e produtos similares. Porém surgiram questionamentos quanto ao ambiente e usuário envolvidos com a utilização do produto, desta forma, fez-se necessária a definição dos clientes envolvidos nas diversas fases do ciclo de vida do produto (Quadro 1) para posterior identificação das necessidades destes clientes.

Quadro 1- Clientes do produto ao longo do ciclo de vida.

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Equipe de projeto		
Fabricação	Equipe de fabricação	Empresas fabricantes	
Montagem		Equipe de montagem	
Operação		Equipe de testes	Agricultores
Regulagem		Equipe de testes	Agricultores
Manutenção		Equipe de testes	Agricultores

Definição das necessidades dos clientes

No Quadro 2 apresentam-se as necessidades de clientes ao longo do ciclo de vida, relacionando-as com os atributos básicos.

Os atributos básicos estão distribuídos na primeira linha sendo eles:

Funcionamento, que agrupa todas as expectativas dos clientes em relação às funções da máquina. Ergonomia, que corresponde à interação adequada do usuário com a máquina. Econômico, agrupa os fatores capazes de onerar o produto. Normatização, fazendo referência a normas técnicas. Segurança, busca a minimização dos riscos de acidentes.

Quadro 2 - Matriz de apoio à identificação das necessidades dos clientes.

CV	ATRIBUTOS BÁSICOS DO PRODUTO				
	FUNCIONAMENTO	ERGONOMIA	ECONÔMICO	NORMATIZAÇÃO	SEGURANÇA
PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade operacional - Coeficiente de deposição adequado - Controle manual dos sistemas - Aplicação intermitente 		<ul style="list-style-type: none"> - Durabilidade - Baixa potência de acionamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar o máximo de componentes padronizados 	
FABRICAÇÃO			<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de fabricação - Fácil fabricação - Mínimo tempo de fabricação 		
MONTAGEM			<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de montagem - Fácil montagem - Mínimo tempo de montagem 		
OPERAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade para manobrar - Variação da dosagem - Capaz de dosar e aplicar fertilizante granulado - Utilizável em trator de baixa potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Interação Homem/máquina simples e intuitiva 		<ul style="list-style-type: none"> - Baixo peso - Pictogramas 	<ul style="list-style-type: none"> - Partes móveis cobertas - Ausência de arestas cortantes
REGULAGEM	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de regular 				
MANUTENÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil manutenção 				

Conversão das necessidades de clientes em requisitos de clientes

A fim de evitar a redundância dos requisitos dos clientes, e diminuir a quantidade de dados manipulados nas tarefas subsequentes, a equipe de projeto procurou por necessidades que tenham o mesmo significado, fazendo uma junção de itens. Obteve-se, assim, a lista de requisitos dos clientes apresentada no Quadro 3.

Valor requisitos dos clientes

Através do somatório de pontos no diagrama de Mudge (Figura 3 - Diagrama de Mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.), chegou-se a valoração dos requisitos dos clientes, verificando-se que o requisito “ter intermitência na aplicação” aparece como item de maior relevância para o projeto, seguido pelo item “ser de fácil operação”.

Quadro 3 - Lista dos requisitos de clientes. Os números entre parênteses após os requisitos de cliente indicam a junção dos itens necessidades dos clientes.

	Atributos básicos do produto	
Fases do Ciclo de vida do produto	Necessidades dos clientes	Requisitos dos clientes
Projeto	1 Necessitar de baixa potência de acionamento 2 Capacidade operacional adequada 3 Coeficiente de deposição de fertilizante adequado 4 Durabilidade 5 Utilizar o máximo de componentes padronizados	Ter baixa potência de acionamento (1, 17) Ter capacidade operacional adequada (2) Ter coeficiente de deposição de fertilizante adequado (3) Ter vida útil longa (4) Ter peças padronizadas (5)
Fabricação	6 Baixo custo de fabricação 7 Fácil fabricação 8 Mínimo tempo de fabricação	Ter baixo custo de fabricação (6) Ter processos de fabricação corriqueiros (7,8)
Montagem	9 Baixo custo de montagem 10 Fácil montagem 11 Mínimo tempo de montagem	Ter montagem simples (9, 10, 11)
Operação	12 Facilidade para manobrar 13 Dosagem variável 14 Aplicação intermitente 15 Controle manual dos sistemas 16 Interação homem/máquina simples e intuitiva 17 Utilizável em trator de baixa potência 18 Baixo peso 19 Pictogramas 20 Partes móveis cobertas 21 Ausência de arestas cortantes 22 Capaz de dosar e aplicar fertilizante granulado	Ser de fácil operação (12, 15, 16) Ter dosagem variável (13) Ter intermitência na aplicação (14) Ter baixo peso (17, 18) Ser segura (19, 20, 21) Ser capaz de dosar e aplicar fertilizante granulado (22)
Regulagem	23 Regulável	Ter regulagem (23)
Manutenção	24 Fácil manutenção	Ter manutenção facilitada (24)

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S	%	
1	2A	03A	01B	01B	06A	01B	01C	09C	10C	11C	01A	01B	14C	15A	01B	21	5,71	
	2	03C	02B	02A	06B	02A	02B	09C	10C	11C	02B	02B	14A	02A	02B	19	5,16	
		3	03B	03B	06A	03A	03C	09A	10B	11C	03B	03A	14A	03B	03B	28	7,61	
			4	05C	06B	07A	04A	09C	10C	11C	12B	13A	14C	15C	16C	1	0,27	
				5	06A	05A	05B	09C	10C	11C	12B	05B	14B	15B	05B	15	4,08	
					6	06B	06B	09C	10A	11C	06B	06A	14B	15B	06B	22	5,98	
						7	07A	09B	10B	11C	12A	13A	14B	15A	16A	2	0,54	
							8	09C	10C	11C	12B	08A	14C	15B	16B	1	0,27	
								9	10A	11C	09C	09C	14A	09B	09B	50	13,59	
									10	11B	10B	10B	10A	15A	16B	40	10,87	
										11	11C	11C	14A	11C	11C	68	18,48	
											12	12B	14B	12A	12A	15	4,08	
												13	14B	15B	13B	5	1,36	
													14	14C	14C	44	11,96	
														15	15C	25	6,79	
															16	12	3,26	
																TOTAL	368	100

Perguntas:

1. Qual dos requisitos é o mais importante?

R: O número anterior a letra representa o requisito mais importante.

2. Quanto mais importante é o requisito?

R: A letra representa o quanto mais importante é o requisito.

Valores de importância das letras

LETRA	IMPORTÂNCIA	PESO
A	um pouco mais importante	1
B	mediamente mais importante	3
C	muito mais importante	5

REQUISITOS DOS CLIENTES

- | | |
|--|---|
| 1. Ter potência de acionamento | 9. Ser de fácil operação |
| 2. Ter capacidade operacional adequada | 10. Ter dosagem variável |
| 3. Ter coeficiente de deposição de fertilizante adequado | 11. Ter intermitência na aplicação |
| 4. Ter vida útil longa | 12. Ter baixo peso |
| 5. Ter peças padronizadas | 13. Ser segura |
| 6. Ter baixo custo de fabricação | 14. Ser capaz de dosar e aplicar fertilizante granulado |
| 7. Ter processos de fabricação corriqueiros | 15. Ser fácil de regular |
| 8. Ter montagem simples | 16. Ter manutenção facilitada |

Figura 3 - Diagrama de Mudge empregado na valoração dos requisitos dos clientes.

A lista hierarquizada dos requisitos dos clientes, com seus respectivos valores e classificação em classes, encontra-se no Quadro 4.

Quadro 4 - Distribuição dos requisitos de clientes do projeto nas fases do ciclo de vida do produto.

Posição	Nome	Item	Soma	%	Classes
1	Ter intermitência na aplicação	11	68	18,48	10
2	Ser de fácil operação	9	50	13,59	8
3	Aplicar fertilizante granulado	14	44	11,96	7
4	Ter dosagem variável	10	40	10,87	7
5	Ter coeficiente de deposição de fertilizante adequado	3	28	7,61	5
6	Ser fácil de regular	15	25	6,79	4
7	Ter baixo custo de fabricação	6	22	5,98	4
8	Ter baixa potência de acionamento	1	21	5,71	3
9	Ter capacidade operacional adequada	2	19	5,16	3
10	Ter baixo peso	12	15	4,08	3
11	Ter peças padronizadas	5	15	4,08	3
12	Ter manutenção facilitada	16	12	3,26	2
13	Ser segura	13	5	1,36	1
14	Ter processos de fabricação corriqueiros	7	2	0,54	1
15	Ter vida útil longa	4	1	0,27	1
16	Ter montagem simples	8	1	0,27	1

Ter intermitência na aplicação: a bibliografia indica a disponibilização de nutrientes de tal forma que as plantas tenham uma melhor resposta, ou seja, a máquina deve possuir capacidade de depositar fertilizantes de forma localizada.

Ser de fácil operação: em função da baixa tecnificação e menor grau de instrução dos agricultores, a operação deve ser intuitiva, proporcionando facilidade na execução da tarefa.

Aplicar fertilizante granulado: recomendação agrônômica por se tratar de um produto equilibrado.

Ter dosagem variável: conforme recomendação agrônômica para os diferentes estágios de desenvolvimento das plantas.

Ter coeficiente de deposição de fertilizante adequado: garantir que o fertilizante chegue ao alvo.

Ser fácil de regular: em função da baixa tecnificação e menor grau de instrução dos agricultores, as regulagens devem ser intuitivas possibilitando uma variação limitada de maneira a evitar erros, proporcionando facilidade na execução dessa tarefa;

Ter baixo custo de fabricação: o preço tem de ser compatível com a capacidade operacional, viabilizando a aquisição da máquina para cultivar pequenas áreas;

Ter baixa potência de acionamento: necessitar de baixa energia para movimentação dos mecanismos.

Ter capacidade operacional adequada: volume de reservatório equivalente as necessidades exigidas.

Ter baixo peso: massa total compatível com a capacidade de levante dos tratores utilizados pelos agricultores.

Ter peças padronizadas: minimização de custos, otimização de fabricação e manutenção.

Ter manutenção facilitada: referente à facilidade de lubrificação e montagem e desmontagem da máquina, sem a necessidade de um grande número de ferramentas ou de ferramentas especiais;

Ser segura: proporcionar postura adequada ao usuário e exigir o mínimo de esforço na operação de semeadura, respeitando aspectos ergonômicos, ter acabamento sem arestas e cantos vivos, além de contar com proteção adequada dos componentes móveis que ofereçam risco;

Ter processos de fabricação corriqueiros: este requisito relaciona-se à viabilidade de fabricação da máquina em oficinas e serralherias, utilizando processos comuns de fabricação e montagem, materiais padronizados facilmente encontrados no mercado e à redução do número total e complexidade de componentes que farão parte da máquina;

Ter vida útil longa: a máquina deverá ter boa resistência mecânica, e componentes resistentes à abrasão de acordo com a capacidade operacional, possibilitando sua utilização por várias fertilizações sem a necessidade de sua substituição.

Ter montagem simples: poucas partes, poucas ferramentas envolvidas.

Conversão requisitos de clientes em requisitos de projeto

O Quadro 5, apresenta a matriz de obtenção dos requisitos de projeto. Os atributos específicos utilizados na referida matriz, são: **geometria, massa, potência, fluxo, padronização**. Alguns requisitos de projeto, que não se enquadram em nenhum dos atributos, foram classificados como **geral**.

Quadro 5 - Matriz de apoio à conversão dos requisitos de clientes em requisitos de projeto.

Requisitos dos clientes	Atributos Específicos					
	Geometria	Massa	Potência	Fluxo	Padronização	Geral
1. Ter baixa potência de acionamento			Potência de acionamento (kW)			
2. Ter capacidade operacional adequada	Volume do reservatório adequado (m ³)	Massa total em ordem de marcha (kg)				
3. Ter deposição de fertilizante adequada				Área de deposição de fertilizante no alvo (m ²)		Uniformidade de dosagens (%)
4. Ter vida útil longa						Vida útil (h)
5. Ter peças padronizadas					Elementos padronizados (%)	
6. Ter baixo custo de fabricação						Custo de produção (R\$)
7. Ter processos de fabricação corriqueiros						Processos convencionais de fabricação (%)
8. Ter montagem simples						Tempo de montagem (h)
9. Ser de fácil operação	Raio de giro (m)					
10. Ter dosagem variável				Capacidade de dosar (kg/s)		

11. Ter intermitência na aplicação			Força de acionamento manual (kN)			Tempo de intermitência (s)
12. Ter baixo peso						
13. Ser segura						Partes móveis protegidas (%)
14. Aplicar fertilizante granulado						Regularidade na aplicação de fertilizante granulado (%)
15. Ser fácil de regular						Tempo gasto para regulagem (h)
16. Ter manutenção facilitada						Tempo gasto para manutenção, lubrificação e limpeza (h)

Continuação Quadro 5.

Nota-se que, de maneira geral, os itens que receberam considerações na coluna Geral, são de difícil mensuração, portanto a totalidade de seu significado pode ter sido comprometida.

Priorizou-se o item “Ter capacidade operacional adequada”, pois este abrange o item “Ter baixo peso”, o qual, por sua vez, não recebeu nenhum atributo.

Hierarquia requisitos de projeto

A Figura 4 - Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto., apresenta os resultados obtidos na hierarquização dos requisitos de projeto através da matriz casa da qualidade (QFD).

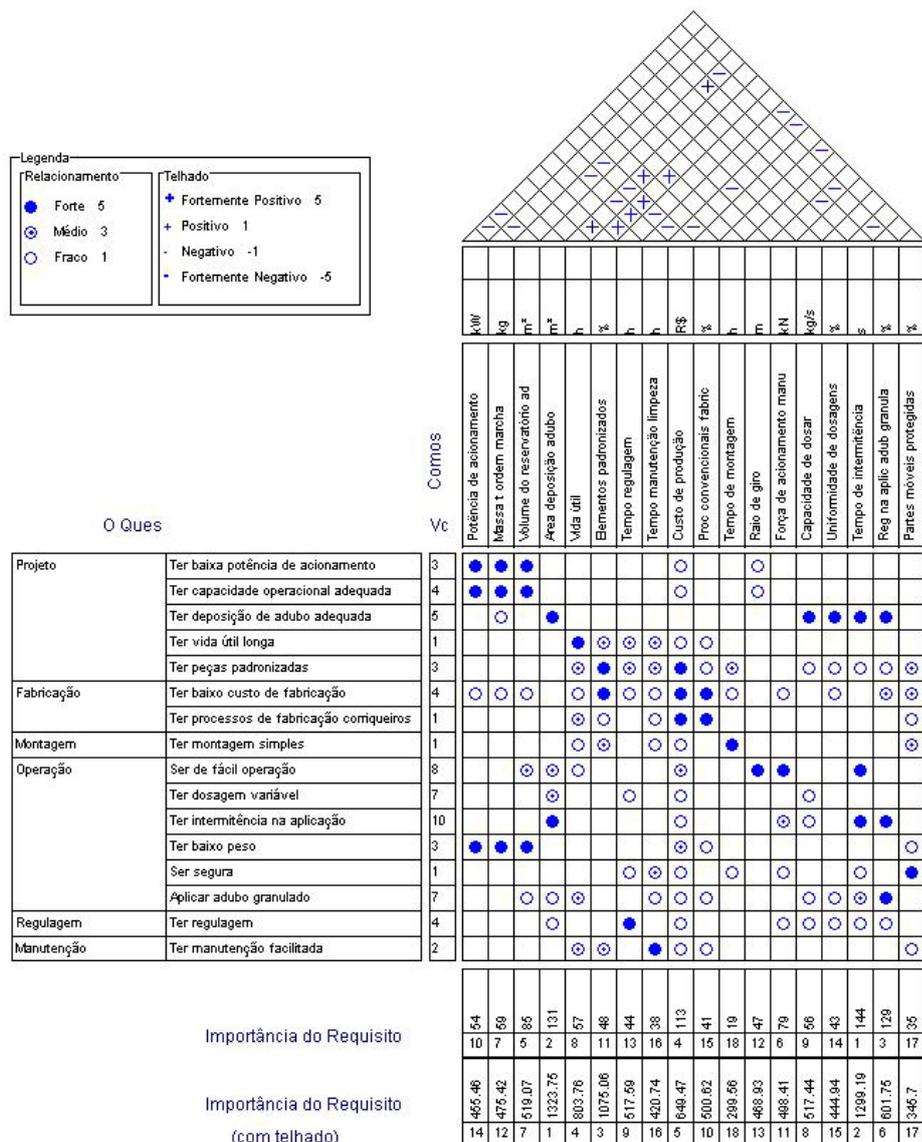


Figura 4 - Matriz da casa da qualidade, relacionamento dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto.

Neste trabalho, optou-se pela classificação sem incluir a pontuação atribuída no telhado, pois esta se mostrou mais coerente e adequada para descrever em detalhes o problema deste projeto.

A classificação dos requisitos de projeto, seguida de sua pontuação no QFD, ficou da seguinte maneira:

- 1^a Tempo de intermitência (144)
- 2^a Área de deposição de fertilizante (131)
- 3^a Regularidade na aplicação de fertilizante granulado (129)
- 4^a Custo de produção (113)
- 5^a Volume reservatório adequado (85)
- 6^a Força de acionamento manual (79)
- 7^a Massa total em ordem de marcha (59)
- 8^a Vida útil (57)
- 9^a Capacidade de dosar (56)
- 10^a Potência de acionamento (54)
- 11^a Elementos padronizados (48)
- 12^a Raio de giro (47)
- 13^a Tempo de regulagem (44)
- 14^a Uniformidade de dosagens (43)
- 15^a Processos convencionais de fabricação (41)
- 16^a Tempo de manutenção e limpeza (38)
- 17^a Partes móveis protegidas (35)
- 18^a Tempo de montagem (19)

Os requisitos de projeto que representaram de maneira mais completa os requisitos dos clientes foram organizados no Quadro 6, onde foram definidas as metas a serem atingidas e as unidades, bem como as formas de avaliar e os aspectos indesejáveis dos requisitos de projeto determinados.

Quadro 6 - Quadro de especificações dos requisitos de projeto.

Nº	Requisito (de Projeto)	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Potência de acionamento (kW)	≥ 14,71 kW	Análise de projeto	Deficiência ou limitação na capacidade operacional
2	Volume do reservatório adequado (m³)	0,18 m³	Análise de projeto	Aumento da complexidade de produção
3	Massa total em ordem de marcha (kg)	≤ 450 kg	Análise de projeto	Redução capacidade operacional
4	Área de deposição de fertilizante no alvo (m²)	Entre 0,25 e 1,0 m²	Teste de campo	Necessidade de sistemas de regulagem e distribuição mais finos influenciando no custo.
5	Uniformidade de dosagens (%)	85%	Teste de campo	Aumento do custo de produção, necessidade de mais elementos de dosagem e distribuição.
6	Vida útil (h)	≥ 5 anos	Adoção de técnicas e práticas para alcance da meta	Uso de materiais comuns com processo de fabricação convencionais
7	Elementos padronizados (%)	≥ 80%	Análise de projeto	Limitação de soluções inovadoras
8	Custo de produção (R\$)	≤ R\$ 2.700,00	Análise de projeto	Custo maior ou perda da qualidade
9	Processos convencionais de fabricação (%)	≥ 80%	Análise de projeto	Limitação do uso de processos com soluções inovadoras
10	Tempo de montagem (min)	20 min	Teste de campo	Tempo elevado
11	Raio de giro (mm)	3.000 mm	Teste de campo	Pequena manobrabilidade
12	Capacidade de dosar (kg/s)	≤ 2 kg s ⁻¹	Análise de projeto	Aumento do custo de produção, necessidade de mais elementos de dosagem e distribuição.
13	Força de acionamento manual (kN)	≤ 10 kN	Teste de campo	Aumento na complexidade de acionamento do sistema, interferindo no custo.
14	Tempo de intermitência (s)	≤ 3,6 s	Teste de campo	Diminuição da capacidade operacional
15	Partes móveis protegidas (%)	≥ 90%	Análise de projeto	Aumento do custo de fabricação, do tempo de regulagens e manutenção.
16	Regularidade na aplicação de fertilizante granulado (%)	≥ 85%	Teste de campo	Aumento de precisão, diminuição de tolerâncias, interferindo no custo final de produção.
17	Tempo gasto para regulagem (min)	15 min	Teste de campo	Tempo de regulagem elevado
18	Tempo gasto para manutenção, lubrificação e limpeza (min)	60 min	Teste de campo	Durabilidade reduzida por desgaste, tempo de manutenção elevado

Para melhor entendimento das metas apresentadas no Quadro 6 foram considerados os seguintes parâmetros:

- 1) Potência de acionamento – partindo-se da adoção de tratores como fonte de acionamento, identificou-se que o de menor potência é o de 14,74 kW, desta forma, o implemento agrícola deve adequar-se as características deste trator, levando em consideração a capacidade de transmitir movimento pela TDP e acionamento elétrico do trator.
- 2) Volume do reservatório adequado – A minimização do número de pausas para reabastecimento do reservatório de fertilizante eleva o desempenho da máquina, fazendo com que o operador ganhe tempo e qualidade ao concentrar-se em apenas uma atividade. Tomando a produção de pêssegos como parâmetro, a recomendação agrônômica indica entre 140 e 450 kg/ha de NPK para um pomar adulto. A densidade de plantas recorrente nas propriedades é de 417 plantas/ha (4 x 6 m), e a densidade do fertilizante granulado adotada é de 1.571 kg.m⁻³. Desta forma o reservatório terá volume igual a 0,286 m³ cerca de 450 kg, em função da capacidade de levante dos tratores.
- 3) Massa total em ordem de marcha – A capacidade de levante nos três pontos de um trator de 14,71 kW, encontra-se na faixa de 450 kg, dependendo das condições de lastragem.
- 4) Área de deposição de fertilizante no alvo – Priorizou-se uma largura de aplicação de 0,5 m, variando o comprimento entre 0,5 e 4,0 m. Abrangendo assim, os diferentes estádios de desenvolvimento do sistema radicular desde a implantação até a produção.
- 5) Uniformidade de dosagens – deseja-se dosar com pouca variação o volume de fertilizante pré-estabelecido toda vez que é acionado o sistema.
- 6) Vida útil – A vida útil deve ser equivalente ao tempo de depreciação de dez anos.
- 7) Elementos padronizados – Segundo Oldoni (2012) a utilização de elementos padronizados e processos de fabricação consolidados oferecem ao projeto baixo custo, devido a fácil aquisição destes no mercado. Ao mesmo tempo, proporciona a utilização de ferramentas corriqueiras, as quais o usuário já

está habituado. Em virtude da natureza acadêmica do projeto, estima-se 80% de peças padronizadas adaptadas em seus diferentes sistemas.

- 8) Custo de produção – A menor renda bruta anual dos produtores familiares da região sul do Rio Grande Sul verificada por Anderson (2010) foi de R\$ 22.500,00. Considerando que o comprometimento anual máximo destinado a financiamentos é de 30% da renda total, o valor de venda da máquina deve ser inferior a R\$ 6.750,00. O que acarreta num valor de produção de R\$ 3.000,00.
- 9) Processos convencionais de fabricação – idem as considerações do item 7. Para a construção da máquina são recomendados processos e maquinário corriqueiros que sejam de fácil acesso ao usuário. Adotou-se elementos e sistemas de máquina a disposição no mercado.
- 10) Tempo de montagem – Em função do material utilizado na composição do fertilizante, que tem como características a aceleração da oxidação e o empedramento aconselha-se a desmontagem total da máquina para efetuar a manutenção. Por este fato deve-se minimizar o tempo de montagem, estimadamente 20 minutos, evitando um grande número de ferramentas e pontos de difícil acesso.
- 11) Raio de giro (mm) – o espaçamento adotado no estudo é de 4 m entre plantas e 6 m entre linhas. O raio estabelecido para a área de manobra é igual a 3.000 mm, formando um arco de circunferência de comprimento aproximadamente igual a 9,42 m.
- 12) Capacidade de dosar (kg s^{-1}) – Sendo o espaçamento entre plantas igual a 4 m e o tempo exigido no deslocamento é de 5,6 segundos. A máquina deve dosar de 0,34 a 1,08 kg neste intervalo.
- 13) Força de acionamento manual – Aqueles princípios de solução destinados aos comandos, que fizerem expediente do esforço do operador seguem as recomendações ergonômicas.
- 14) Tempo de intermitência – considerando-se a maior velocidade encontrada para a menor marcha em tratores na faixa de potência de 14,7 kW é de $2,6 \text{ m.s}^{-1}$, sendo o espaçamento entre plantas igual a 4 m, o tempo exigido no deslocamento é de 5,6 segundos.

- 15) Partes móveis protegidas – Um posicionamento adequado do operador, assim como partes móveis protegidas e comunicação através de pictogramas proporcionam uma tentativa de minimizar o risco de acidentes.
- 16) Regularidade na aplicação de fertilizante granulado – Os diferentes mecanismos que compõem a máquina, aliado a elaboração do projeto, devem garantir um bom funcionamento. Sempre que acionar o comando, deve ocorrer um fluxo de fertilizante da máquina para o solo (alvo).
- 17) Tempo gasto para regulagem – Os sistemas preferencialmente devem possuir poucos elementos para manusear, utilização de recursos mecânicos em substituição a ferramentas, fácil acesso aos pontos de regulagem e clareza em seu processo.
- 18) Tempo gasto para manutenção, lubrificação e limpeza – pontos de manutenção diários de fácil acesso, facilidade na limpeza, recursos mecânicos para minimização de exigência de ferramentas.

4.2 Conceito do produto

O projeto conceitual iniciou com a definição do escopo do problema, passando para a elaboração das estruturas funcionais (função global e desdobramentos) e sua seleção. Atribuição de princípios de solução para cada elemento da estrutura funcional, que posteriormente foram submetidos pela equipe de projeto a uma matriz de avaliação, definindo os mecanismos que compõe a máquina.

Escopo do problema

No Quadro 7 apresentam-se os requisitos de projeto hierarquizados pela Matriz QFD e os desdobramentos estabelecidos na metodologia a fim de encontrar o escopo do problema.

Adotou-se a hierarquização sem telhado, pois este demonstrou tendência a priorizar itens relativos a custos.

Os itens ao serem submetidos aos passos descritos na metodologia sofrem modificações e ou fusões com outros itens.

Quadro 7 - Especificações de projeto hierarquizadas pela Matriz QFD método sem telhado.

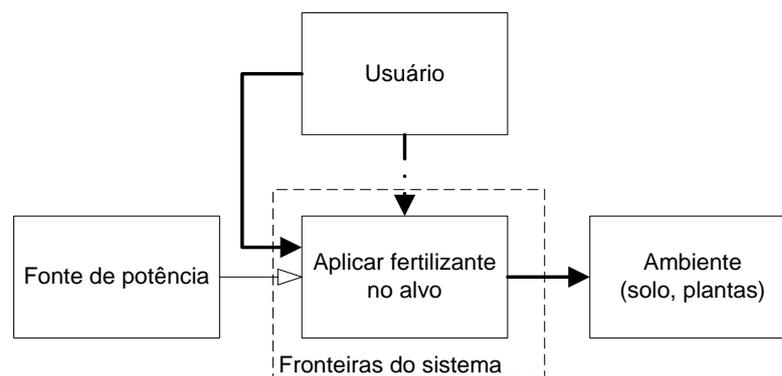
Sem telhado		Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4	Passo 5
1	Tempo de intermitência	Tempo de intermitência	Tempo de intermitência	(1+2+3) Regularidade na deposição de fertilizante granulado em área limitada	Ser capaz de aplicar fertilizante regularmente no alvo	<p>Aplicar regularmente no alvo fertilizante granular dosado uniformemente.</p> <p>(Onde se lê a expressão “no alvo” entende-se intermitente, isto é, a aplicação limita-se a uma área limitada, havendo pontos que não receberão aplicação.)</p>
2	Área de deposição de fertilizante	Área de deposição de fertilizante	Área de deposição de fertilizante			
3	Regularidade na aplicação de fertilizante granulado	Regularidade na aplicação de fertilizante granulado	Regularidade na aplicação de fertilizante granulado			
4	Custo de produção					
5	Volume reservatório adequado					
6	Força de acionamento manual	Força de acionamento manual				
7	Massa total em ordem de marcha					
8	Vida útil					
9	Capacidade de dosar	Capacidade de dosar	Capacidade de dosar	(9+14) Dosar uniformemente	Dosar fertilizante granular uniformemente	
10	Potência de acionamento	Potência de acionamento				
11	Elementos padronizados					
12	Raio de giro	Raio de giro				
13	Tempo de regulagem					
14	Uniformidade de dosagens	Uniformidade de dosagens	Uniformidade de dosagens			
15	Processos convencionais de fabricação					
16	Tempo de manutenção e limpeza					
17	Partes móveis protegidas					
18	Tempo de montagem					

Estrutura funcional

A **Função global** é representada na Figura 5, bem ao centro apresenta-se o sistema a ser estudado, adotando-se aplicar fertilizante no alvo como a função mais ampla que a máquina deve desempenhar. Para tanto esta recebe da fonte de potência energia capaz de acionar seus mecanismos assim como provocar deslocamento do equipamento. O usuário interage com a máquina fornecendo a ela a matéria (fertilizante), e em outro momento fornece sinal, regulagens, acionamentos e monitoramento durante a operação. O ambiente recebe da máquina, matéria, como ambiente entende-se o alvo a ser alcançado.

Ocorrem interações entre o usuário e o ambiente, porém estas não foram indicadas na função global por não se darem através da máquina. Existe, por exemplo, a identificação do alvo e a decisão do momento de acionar o mecanismo, que é totalmente percebido pelo usuário, não havendo, em princípio, dispositivos para esse fim na máquina.

Para representar a função global são indicadas entradas e saídas de energia, material e sinal em relação a um sistema periférico que serve de limite entre a máquina e suas interfaces (meio ambiente e usuário) (Figura 5).



Legenda:

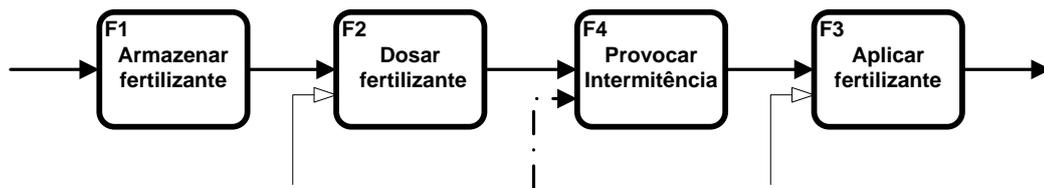
- ▶ Matéria
- ▶ Energia
- · - · ▶ Sinal
- - - - Limites do sistema

Figura 5 - Função global da máquina de deposição localizada de fertilizantes.

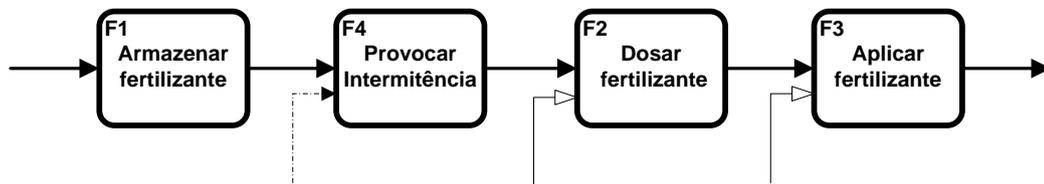
Estruturas funcionais alternativas

A partir da função global foram elaboradas três estruturas funcionais alternativas (Figura 6) para atender o escopo (aplicar regularmente no alvo fertilizante granular dosado uniformemente) junto à função global. Estas se diferenciam quanto ao momento em que ocorre a liberação ou interrupção do fluxo de matéria entendido pela expressão intermitência, o que acarreta em diferentes sub-funções exigindo para cada, um princípio de solução específico.

Estrutura A:



Estrutura B:



Estrutura C:

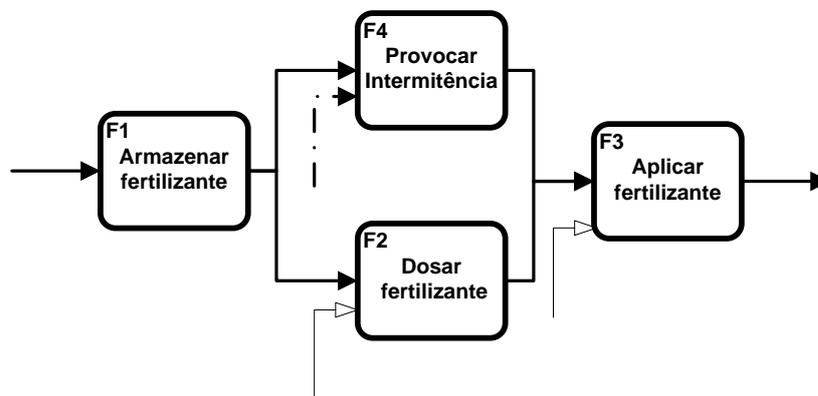


Figura 6 - Estruturas funcionais alternativas A, B, e C.

As estruturas possuem as mesmas funções, diferenciando-se na ordem e no momento em que estas ocorrem. Os desdobramentos de cada estrutura estão expostos nas Figuras 7, 8 e 9. Estas indicam o fluxo de massa, energia e sinal, podendo variar o número de elementos dentro de cada subfunção.

Notação das funções e subfunções, descrição e detalhamento destas e definição dos materiais, energias e sinais envolvidos em cada (Quadro 8).

Quadro 8 - Notações das funções e subfunções.

Função resumida	Entradas	Detalhamento da função	Saída
F1.1 Homogeneizar fertilizante	Fertilizante com granulometria variada, Energia potencial	Elemento capaz de fragmentar o fertilizante a uma granulometria apropriada para o dosador	Fertilizante homogeneizado
F1.2 Reservar fertilizante	Fertilizante homogeneizado	Estrutura que comportará fertilizante	Fertilizante homogeneizado
F1.3 Dispensar fertilizante	Fertilizante homogeneizado; Energia potencia;	Meio por onde o fertilizante sai do reservatório para o próximo elemento de máquina	Fertilizante para ser dosado
F2.1 Receber fertilizante	Fertilizante a ser dosado	Meio por onde o fertilizante entra no dosador	Fertilizante a ser dosador
F2.2 Fracionar fertilizante	Energia cinética Fertilizante a ser fracionado.	Fracionamento do fertilizante	Fertilizante fracionado
F2.3 Dispensar fertilizante	Fertilizante fracionado; Energia potencia para mecanismos de acionamento	Meio por onde o fertilizante sai do dosador para o próximo elemento de máquina	Fertilizante fracionado para ser distribuído
F3.1 Receber fertilizante	Fração dosada de fertilizante entra em contato com o aplicador Regulagem do tamanho que deve permanecer a parte aérea das plantas e do talo	Meio por onde o fertilizante entra no aplicador	Fertilizante pronto para ser colocado no solo
F3.2 Dispensar fertilizante	Energia potencial e cinética para aplicar o fertilizante no alvo Regulagem de RPM ou vazão de ar, ângulo das paletas	Meio por onde o fertilizante sai do aplicador	Fertilizante é expelido em direção ao alvo
F4.1 Acondicionar fertilizante	Fertilizante pré-dosado	Reserva o fertilizante dosado temporariamente até o momento de aplicar	Fertilizante pré-dosado Energia cinética
F4.2 Acionar comando	Energia potencial para acionar mecanismo Operador monitora o alvo e a posição relativa da máquina	Elemento de controle de operação	Energia cinética; Fluxo de adobo
F4.3 Interromper/liberar fluxo de fertilizante	Energia potencial para mecanismos de acionamento	Controle do deslocamento de fertilizante pelos sistemas da máquina	Fertilizante; Sinal do operador; Energia cinética
F4.4 Controle de abertura	Energia potencial; Sinal do operador	Serve pra não dosar em falso, ou, não deixar de alimentar o dosador enquanto está aplicando.	Sinal do operador; Energia cinética
F4.5 Controle movimento	Sinal do operador; Energia potencial	Regulagem da relação de transmissão entre o elemento motor e o movido	Sinal do operador; Energia cinética

Desdobramento estrutura A:

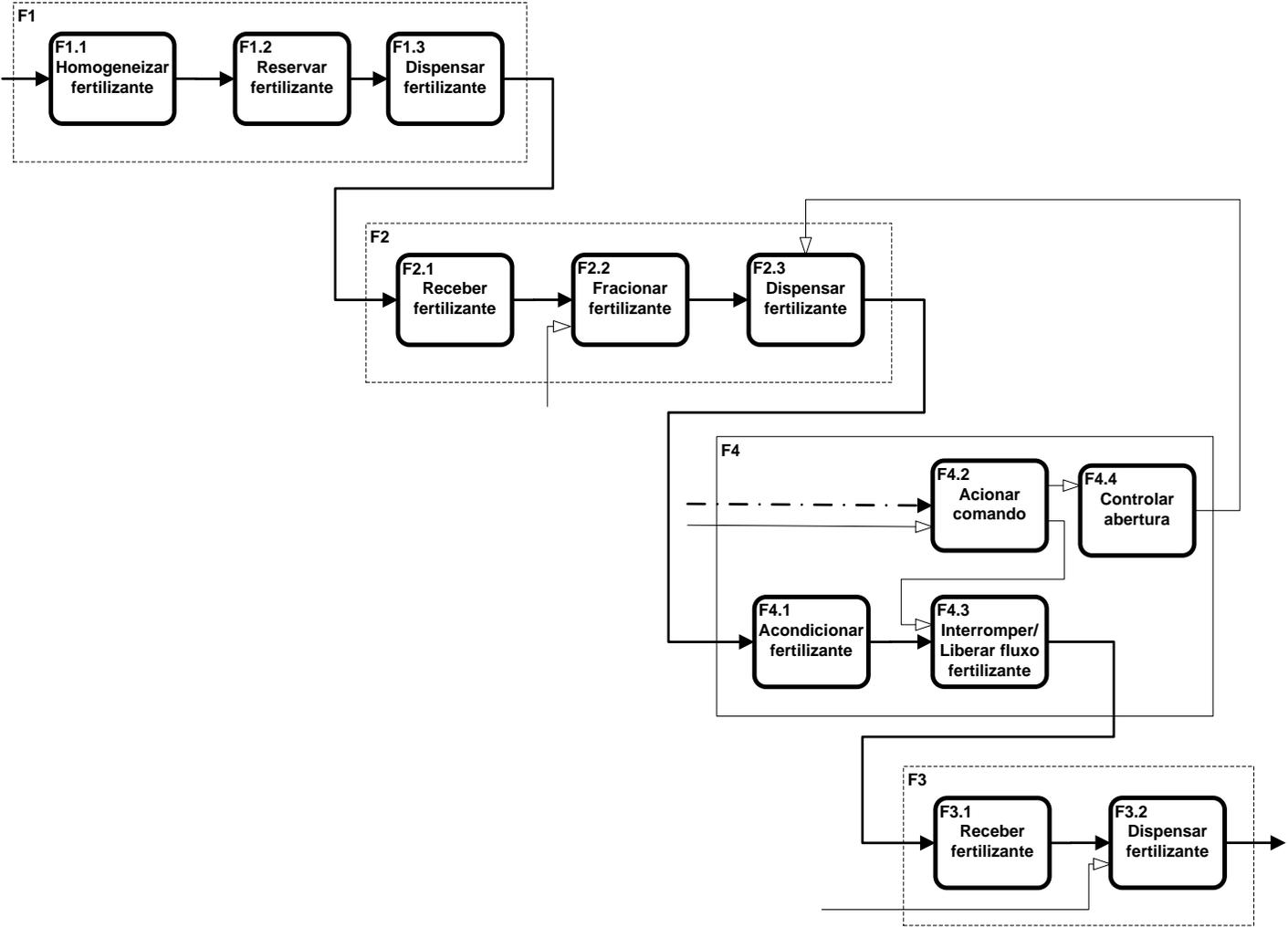


Figura 7 - Desdobramento da estrutura A.

Desdobramento estrutura B:

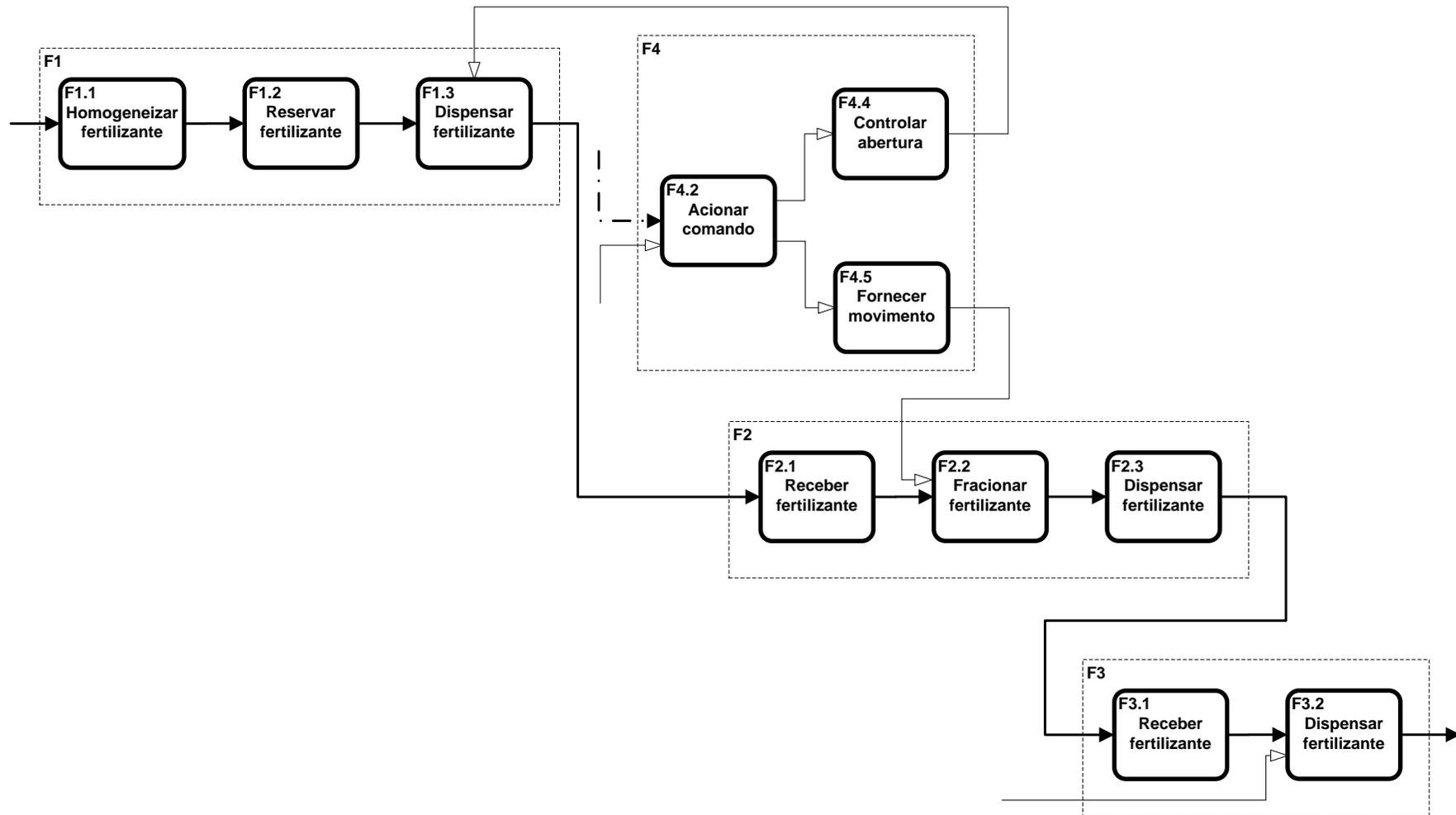


Figura 8 - Desdobramento da estrutura B.

Desdobramento estrutura C:

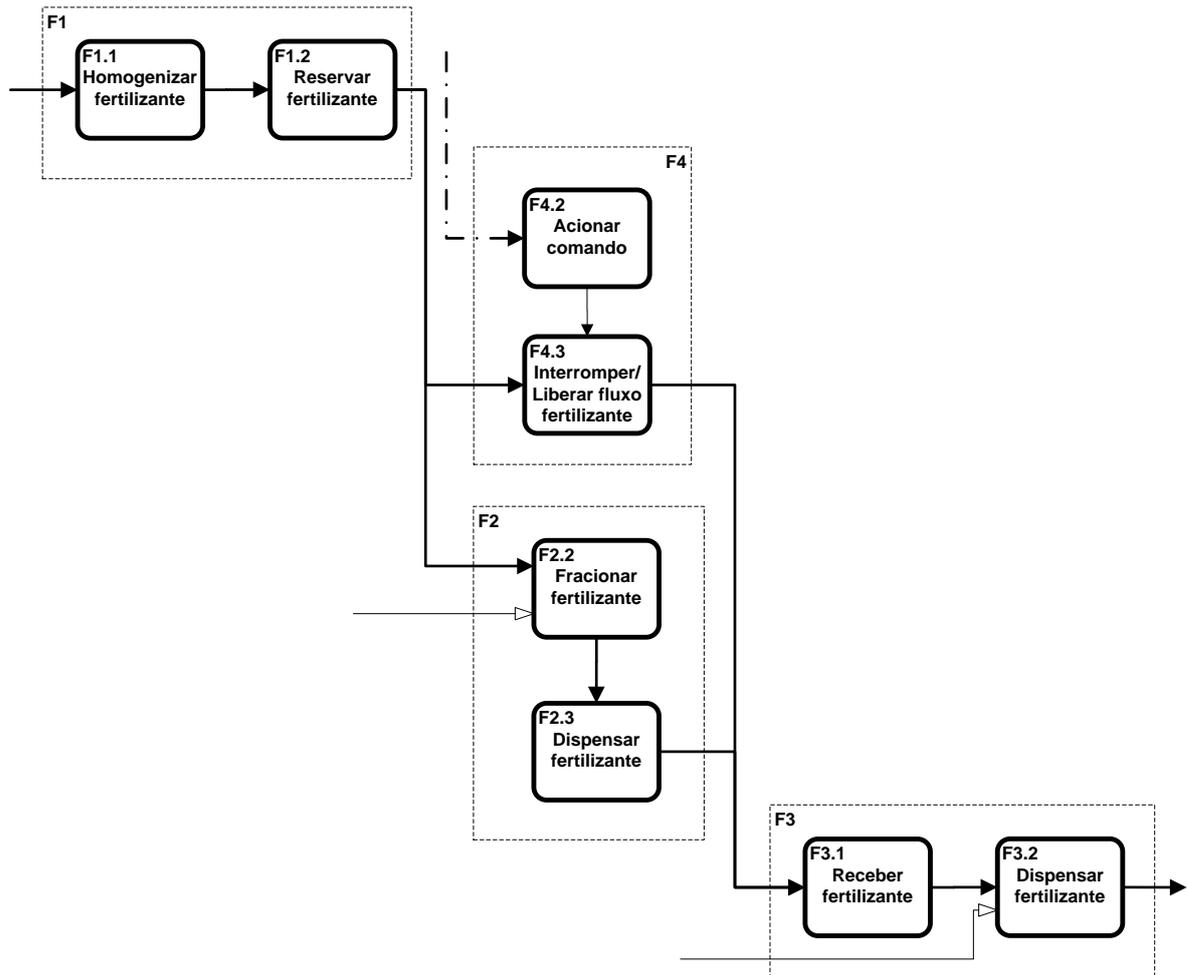


Figura 9 - Desdobramento da estrutura C.

Seleção da estrutura funcional

A fim de identificar a estrutura funcional que melhor se adéqua aos requisitos de projeto, estas foram submetidas à ferramenta Matriz de Decisão.

Os itens referentes às necessidades de clientes foram rearranjados em critérios técnicos e especificações de custo, seguidos de seus pesos relativos.

Os itens *ter manutenção facilitada* e *ser segura*, não possuíam detalhamento suficiente para avaliação nesta fase e foram desconsiderados.

Os itens *ter baixo custo de fabricação* e *ter processos de fabricação corriqueiros*, semelhantes referentes a custos, tiveram seus pesos somados.

O Quadro 9 apresenta a matriz de decisão com seus resultados.

Quadro 9 - Matriz de decisão escolha da estrutura funcional.

REQUISITOS TÉCNICOS E ESPECIFICAÇÕES DE CUSTO DO PRODUTO		ESTRUTURAS FUNCIONAIS		
		A	B	C
Critérios Técnicos (requisitos de clientes)	Fator	Avaliação das estruturas em relação aos requisitos técnicos		
Ter intermitência na aplicação	10	5	10	5
Aplicar fertilizante granulado	7	10	5	10
Ter dosagem variável	7	5	10	1
Ser fácil de regular	4	5	5	5
Ter baixa potência de acionamento	3	5	1	10
Ter capacidade operacional adequada	4	5	10	1
Ter baixo peso	3	5	5	10
Ter peças padronizadas	3	10	10	1
Ter vida útil longa	1	5	5	5
Ter montagem simples	1	5	5	10
ÍNDICE DE DESEMPENHO TÉCNICO		60	66	58
Especificações de custo	Fator	Avaliação das estruturas em relação ao custo		
Custo de operação	8	5	5	5
Custo de manutenção	2	5	5	10
Custo de produção	5	5	5	5
ÍNDICE DE CUSTO		15	15	20
		A	B	C
Relação entre ID e IC		4,00	4,40	2,90

Em função da maior relação entre critérios técnicos e especificações de custos, a estrutura funcional adotada para dar segmento ao projeto foi a de letra B denominada: armazena – provoca intermitência – dose – aplica.

Destacando-se pelos critérios técnicos de ter intermitência na aplicação, onde se entendeu que o fluxo de fertilizante não necessitaria passar pelos comandos de acionamento; ao desvincular-se do fluxo principal da máquina, foi possível optar por princípios de solução referentes a regulagens com mais recursos quanto uma melhor relação de variação de dosagens; por consequência uma melhor relação da capacidade operacional.

Embora a estrutura funcional C possua a melhor pontuação, optou-se pela estrutura funcional B por possuir a melhor relação custo benefício.

Princípios de solução

Nas Figura 10 e Figura 11 está representada a matriz morfológica. Nessa matriz, a primeira coluna é preenchida com as funções parciais, a segunda com as funções elementares e em seguida, as células das linhas, são preenchidas com os princípios de soluções que realizam as funções.

Priorizaram-se soluções amplamente testadas e de fácil aquisição comercial identificadas na bibliografia e em produtos similares, direcionando, assim, métodos de criatividade para a interação destes.

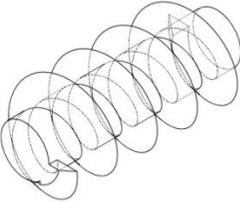
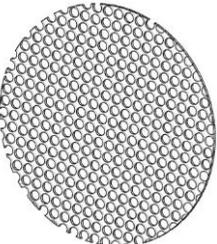
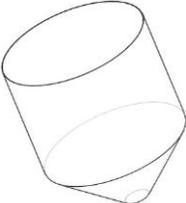
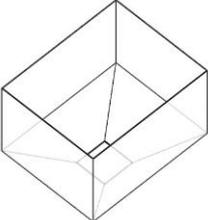
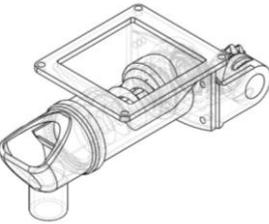
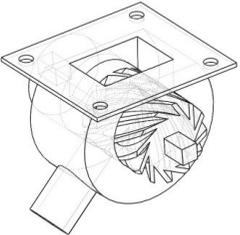
Função Parcial	Função Elementar	Princípio de solução		
Armazenar Fertilizante	F1.1 Homogeneizar Fertilizante	 Homogeneizador de eixo com paletas	 Homogeneizador de rosca helicoidal	 Homogeneizador de peneira
	F1.2 Reservar fertilizante	 Reservatório cilíndrico	 Reservatório quadrado	 Reservatório cônico
	F1.3 Dispensar fertilizante			
Dosar Fertilizante	F2.1 Receber fertilizante	 Dosador de roseta	 Dosador de rosca helicoidal	 Dosador de eixo acanalado
	F2.2 Fracionar fertilizante			
	F2.3 Dispensar fertilizante			

Figura 10 - Matriz morfológica dos princípios de solução adotados para as funções de armazenar e dosar fertilizante.

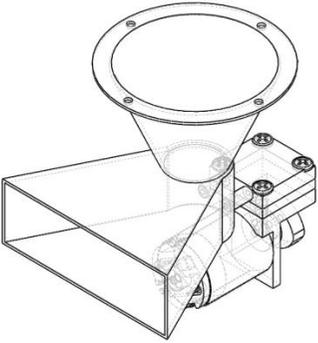
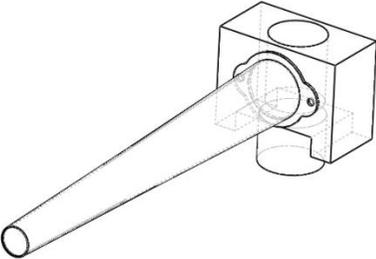
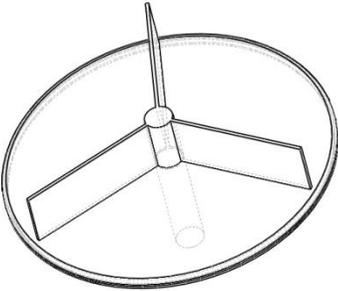
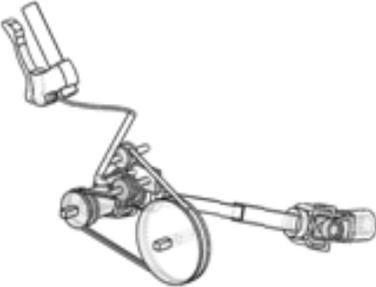
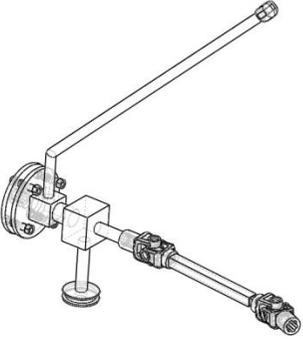
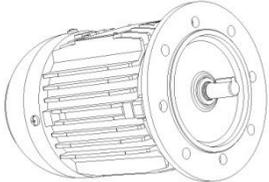
Função Parcial	Função Elementar	Princípio de solução		
Aplicar fertilizante	F3.1 Receber fertilizante	 <p data-bbox="842 627 1106 655">Aplicador pneumático</p>	 <p data-bbox="1245 592 1585 620">Aplicador de braço oscilante</p>	 <p data-bbox="1666 584 1995 644">Aplicador de disco giratório com paletas</p>
	F3.2 Dispensar fertilizante			
Provocar intermitência	F4.2 Acionar comando	 <p data-bbox="801 983 1151 1075">Acionamento por manete, comando de polias e correia, movimento por cardã.</p>	 <p data-bbox="1249 1008 1576 1098">Acionamento por alavanca, comando por embreagem, movimento por cardã.</p>	 <p data-bbox="1671 932 1993 1021">Acionamento por botoeira, comando e movimento por motor elétrico.</p>
	F4.4 Controlar abertura			
	F4.5 Fornecer movimento			

Figura 11 - Matriz morfológica dos princípios de solução adotados para as funções de aplicar e fertilizante e provocar intermitência.

A equipe de projeto priorizou princípios de solução conhecidos, amplamente testados por diversos fabricantes e facilmente encontrados no mercado.

As regulagens dos sistemas não foram descritas nas concepções, pois necessitam de informações importantes que são decorrentes do dimensionamento e leiaute, ambos definidos na fase de projeto preliminar, a qual não está compreendida neste trabalho.

Combinações dos princípios de solução

Quatro combinações foram concebidas distintas umas das outras com o intuito de apreciação e avaliação da equipe de projeto e posterior evolução de um conceito de máquina através de um rearranjo dos princípios de solução que se entende possuírem as melhores características das anteriores.

Conforme a Figura 12, a primeira concepção mostra um reservatório cilíndrico, com um homogeneizador do tipo peneira, dosador helicoidal e aplicador de disco giratório. Um eixo cardã acoplado a TDP transmite movimento a uma caixa de engrenagens de onde é distribuído por um sistema de polias e correia permitindo que o aplicador fique em constante movimento. Também ligado ao acionador está o sistema alavanca embreagem, que por sua vez, controla a aplicação ao fornecer movimento ao dosador. Através do arranjo das engrenagens na caixa é possível efetuar a regulagem do dosador.

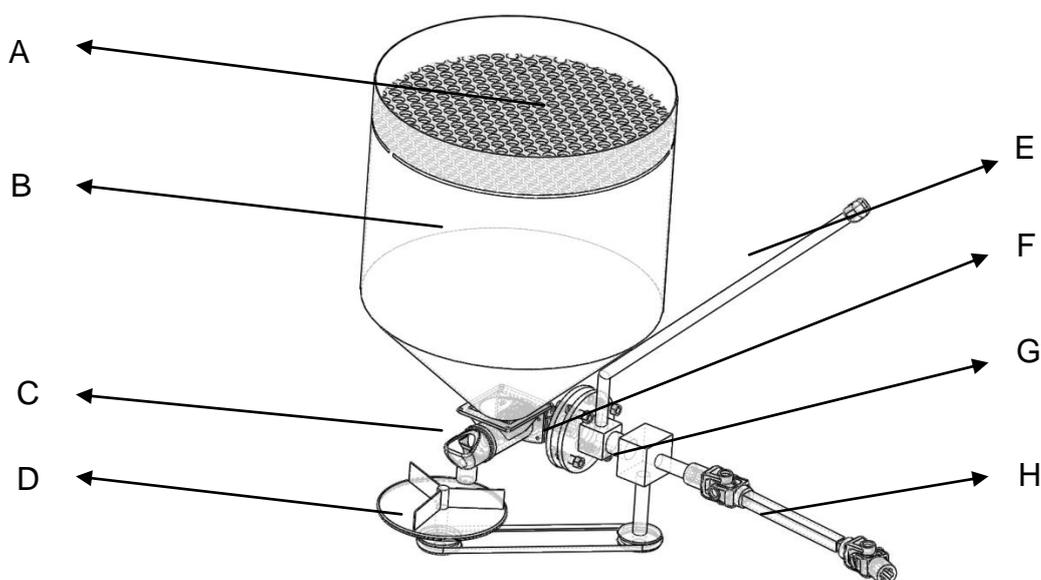


Figura 12 - Concepção A. A) homogeneizador de peneira, B) reservatório cilíndrico, C) dosador helicoidal, D) aplicador de disco giratório, E) comando de alavanca, F) intermitência por embreagem G) caixa de engrenagens e H) eixo cardã.

A Figura 13 apresenta a segunda concepção composta por reservatório cônico, homogeneizador de eixo com paletas, dosador de roseta e distribuidor do tipo tubo oscilante. O acionamento é feito por botoeira que controla um motor elétrico de corrente contínua, alimentado pela bateria do trator, este fornece movimento ao dosador, homogeneizador e ao aplicador por meio de polias e correia.

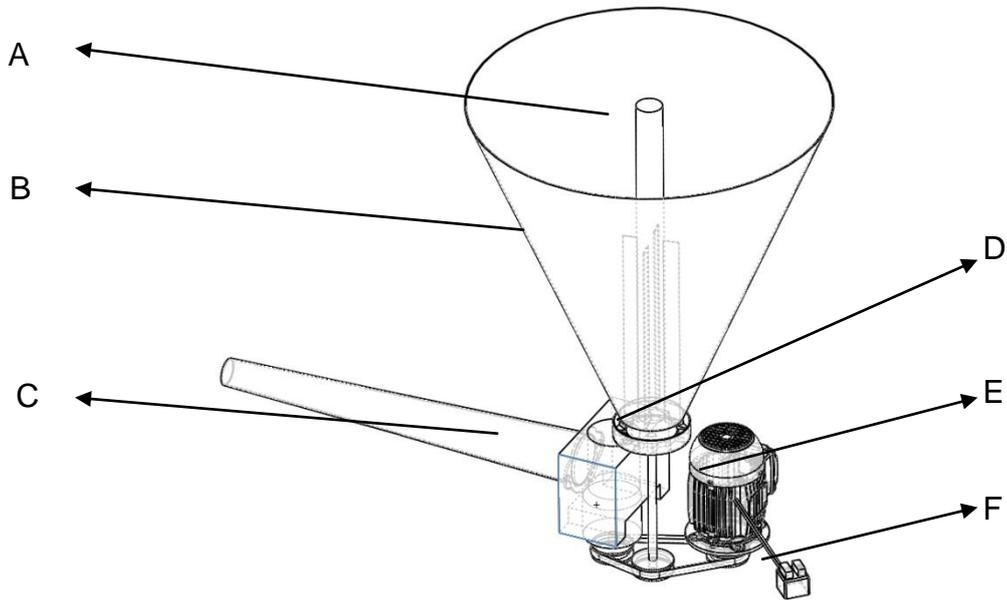


Figura 13 - Concepção B. A) homogeneizador de eixo com paletas, B) reservatório cônico, C) aplicador de braço oscilante, D) dosador de roseta, E) motor elétrico, F) comando de botoeiras.

Na Figura 14 é representada a terceira concepção composta por um reservatório quadrado, dosador do tipo rotor acanalado e aplicador pneumático, que nada mais é do que um compressor de ar, alimentado pela bateria do trator, que promove uma vazão constante de ar pressurizado. O acionamento do dosador é controlado por um manete interligado a um sistema de quatro polias ligadas por uma correia. A primeira polia é conectada a TDP, a segunda transmite movimento ao dosador, a terceira é um elemento pivotante em relação à quarta polia, que serve de esticador da correia. Ao mover a polia três, provoca-se um deslizamento da correia sobre as polias interrompendo a transmissão de movimento ao dosador. Nesta concepção, a homogeneização ocorre diretamente no dosador.

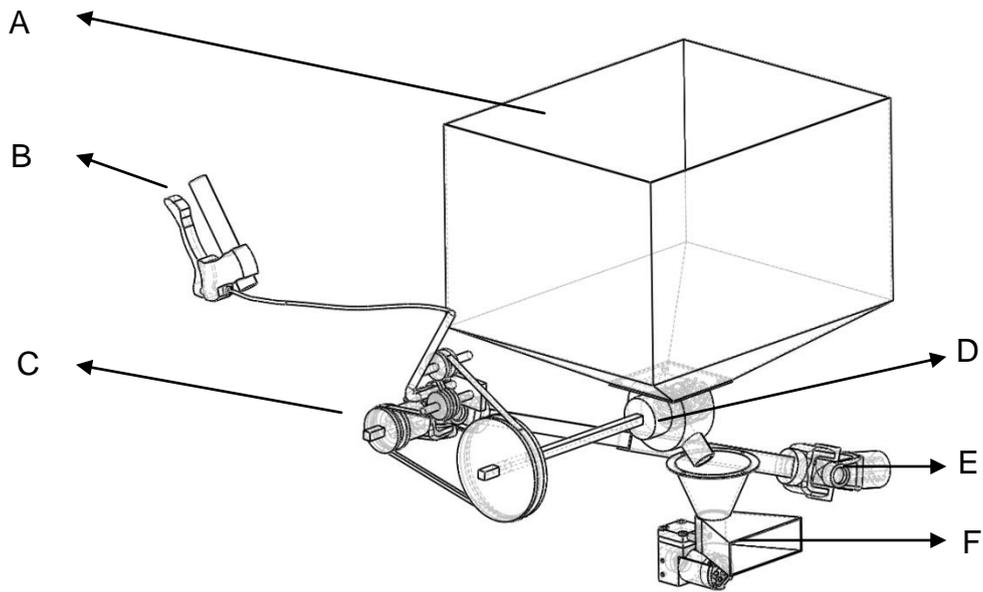


Figura 14 - Concepção C. A) reservatório quadrado, B) acionamento por manete, C) intermitência por correia deslizante, D) dosador de eixo acanalado, E) eixo cardã, F) aplicador pneumático.

Na Figura 15, é representada a quarta concepção composta por um reservatório cônico, com um homogeneizador do tipo peneira, dosador helicoidal movido por um motor elétrico acionado por botoeira. Aplicador de disco giratório movido por um segundo motor elétrico, possibilitando ajustes individuais no aplicador e no dosador.

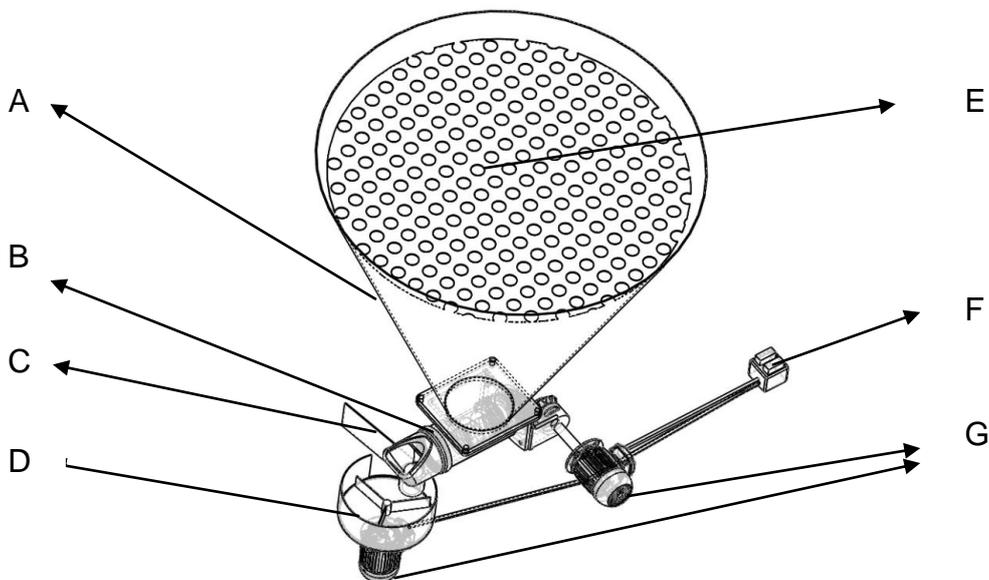


Figura 15 - Concepção D. A) reservatório cônico, B) dosador helicoidal, C) defletor, D) aplicador de disco giratório, E) homogeneizador de peneira, F) comando de botoeiras e G) motor elétrico.

No Quadro 10 estão indicadas as ponderação das três concepções em relação a viabilidade de execução do projeto, assim como as observações de melhorias para cada uma.

Quadro 10 – Quadro de avaliação da viabilidade das concepções.

Concepções	Viável	Condicionalmente viável	Não viável	Observações
A – Reservatório cilíndrico, homogeneizador tipo peneira dosador de rosca helicoidal, aplicador de disco giratório acionamento alavanca / embreagem.		x		Anteparo para direcionamento na aplicação; Mudança do acionamento de varão para manete e cabo de aço.
B – Reservatório cônico, homogeneizador eixo com paletas, dosador de roseta e distribuidor tipo tubo oscilante.		x		Trocar homogeneizador de eixo com paletas por peneira; Tornar a oscilação do aplicador constante, através de outra fonte de movimento.
C – Reservatório quadrado, dosador de eixo acanalado e aplicador pneumático.		x		Sistema de acionamento deve sofrer melhorias, adotando polias planas ou comando elétrico; Acrescentar homogeneizador tipo peneira.
D – Reservatório cônico, homogeneizador tipo peneira, dosador de rosca helicoidal, aplicador de disco giratório, comando elétrico, acionamento por motor elétrico.	x			

No Quadro 11, apresenta-se a matriz de avaliação das concepções criadas, quando a Concepção A foi definida pela equipe de projeto como referência para o seu preenchimento. Os resultados obtidos pelas Concepções B, C e D foram respectivamente, 27, 12 e 44. Sendo assim, relacionando as concepções quanto à adequação aos requisitos de clientes (critérios técnicos), tomando como base os resultados da matriz de avaliação, a Concepção D foi à selecionada, pois apresentou a melhor pontuação.

Quadro 11 - Matriz de avaliação das concepções.

CRITÉRIOS TÉCNICOS		CONCEPÇÕES			
Requisitos de clientes	Fator	A	B	C	D
Ter baixa potência de acionamento	3	0	1	0	0
Ter capacidade operacional adequada	3	0	0	0	0
Ter coeficiente de deposição de fertilizante adequado	5	0	-1	1	0
Ter vida útil longa	1	0	0	0	0
Ter peças padronizadas	3	0	0	0	0
Ter baixo custo de fabricação	4	0	0	0	0
Ter processos de fabricação corriqueiros	1	0	0	0	0
Ter montagem simples	1	0	1	-1	2
Ser de fácil operação	8	0	2	1	2
Ter dosagem variável	7	0	2	0	2
Ter intermitência na aplicação	10	0	0	-1	0
Ter baixo peso	3	0	1	1	1
Ser segura	1	0	1	0	1
Ser capaz de dosar e aplicar fertilizante granulado	7	0	-2	1	0
Ter regulagem	4	0	2	0	2
Ter manutenção facilitada	2	0	0	0	0
		0	27	12	44

A concepção selecionada apresentou maior regularidade não possuindo pontos negativos em nenhum dos critérios avaliados.

Analisando-se os princípios de solução e o arranjo adotado percebe-se que a adoção de dosador de rosca helicoidal é acertada por possuir uma melhor adequação sem pré-homogeneização, o aplicador do tipo disco giratório embora não possuir a melhor pontuação é um princípio de solução amplamente testado e difundido. A natureza elétrica das fontes de movimento no dosador e no aplicador, além de eliminar partes móveis expostas contribuindo para segurança ainda proporcionam uma central de regulagens e comandos individualizados adequando a máquina para as diferentes situações de trabalho.

A concepção selecionada adéqua-se às necessidades dos clientes, visto não apresentar restrições quando aplicada a metodologia da matriz de avaliação, atendendo aos requisitos de clientes e a viabilidade técnica, quanto a sua fabricação.

5 CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível desenvolver uma concepção de uma máquina para aplicação localizada de fertilizantes em pomares, que propõem uma nova técnica de aplicação de fertilizantes granulados aos agricultores familiares, podendo reduzir a mão de obra para a execução das tarefas, bem como o desperdício de fertilizante, obtendo um reflexo econômico positivo.

A concepção desenvolvida neste trabalho possui características que atendem as especificações de projeto. Além disso, a possibilidade de provocar intermitência reflete diretamente na economia de recursos.

A característica de acionamento dos elementos constituintes da máquina tende a promover maior vida útil e compatibilidade com os tratores usualmente utilizados pelos produtores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, N. L. M. **Seleção de Tratores Agrícolas Adequados à Agricultura Familiar**. 2010. 111f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. 1983. 389 p.

CASÃO JR, R. e SIQUEIRA, R. Máquinas para manejo de vegetações e semeadura em plantio direto. In: CASÃO JR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.(ed). **Sistema plantio direto com qualidade**. Iapar / Itaipu Binacional, Londrina / Foz do Iguaçu, 2006. p.85-126.

CAMPOS, A.D. e CARVALHO, F. L. C. Efeito da falta e do excesso d'água na morte precoce do pessegueiro. In: XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, Bahia, v.3:867-868, 1994.

CFS – RS/SC-COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2ª ed. Passo Fundo. SBCS – Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.

EMBRAPA Clima Temperado. **O Cultivo do Pêssego**. Sistemas de Produção, 4. ISSN 1806-9207. Versão Eletrônica, 2005. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/pessego/cap01.htm>> Acesso em: 13.abr.2013.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura**: fundamentos e práticas. Embrapa Clima Temperado, versão eletrônica. Disponível em:<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/index.htm> Acesso em: outubro de 2012.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para representação do produto no projeto conceitual**. 1997. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FORCELLINI, Fernando Antônio. **Projeto conceitual**. Apostila. Nedit, UFSC, Florianópolis, 2003.

FREIRE, C. J. S.; MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. p. 161-187.

FINARDI, N.L. Método de propagação e descrição de porta-enxertos. In: **A Cultura do pessegueiro**. Editado por Carlos Alberto Barbosa Medeiros e Maria do Carmo Bassols Raseira. - Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. p. 100-129.

FREIRE, C. J. da S. **Correção do solo, adubação de pré-plantio e de crescimento do pessegueiro**. Pelotas: Embrapa -CNPFT, 1987. 1 p. (Embrapa - CNPFT. Informativo, 10).

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Rendimento Médio – Safra de 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.net/home/estatistica/indicadores/agropecuaria>>. Acesso em: 08 de outubro de 2012.

MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V.; MORAES, M.B.; ALONÇO, A.S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2.ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2005. 235p.

MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão**. 2004. 296f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 1981. 596p.

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

ORLANDA 2001 - INPI - Protocolo: MU7900727-9 Y1 / Depósito: 31/03/1999 - Publicação: 1567 / 16/01/2001

ORLANDA 2007 - Patente nº - MU8700189-6 U2 Depositante: Francisco José de Queiroz Orlanda (2007): "ADUBADEIRA LATERAL INTERMITENTE"

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

RASEIRA, M. B. C. M A **Cultura do pessegueiro** / editado pó Carlos Alberto Barbosa Medeiros; Maria do Carmo Bassols Raseira. – Brasília: Embrapa – SPI; Pelotas: Embrapa- CPACT, 1998. 350p.:Il.

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

SIMÃO, Salim – **Tratado de fruticultura** /Salim Simão. – Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.:Il.

KAMAQ (1995); Patente nº - PI9500540-4 B,1Nome do Titular: Kamaq Máquinas e Implementos Agrícolas Ltda (BR/SP) (1995): "EQUIPAMENTO DE ADUBAÇÃO INTERMITENTE EM POMARES".

VASCONCELOS, M. B. S. **Desenvolvimento de um dosador de fertilizantes com dupla saída.** 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em AGRONOMIA) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.