



CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Estrutura funcional de uma linha de adubação de semeadoras

Functional structure of a planter fertilizer row

Edson Lambrecht¹; Mauro Fernando Ferreira¹, Fabricio Ardais Medeiros¹, Ângelo Vieira dos Reis¹

RESUMO

Na busca por equipamentos para adubação existentes no mercado, constatou-se a carência de máquinas que se adequam às necessidades dos agricultores familiares, pois estas máquinas, na maioria das vezes, possuem uma necessidade de força de tração superiores às disponíveis nas propriedades, por serem de maior porte e com custo de aquisição elevado. O objetivo deste trabalho foi o de utilizar uma metodologia de projeto com abordagem sistemática para desenvolver uma estrutura funcional adequada para uma linha de adubação de uma semeadora de baixa potência para plantio direto, organizada por um diagrama de blocos. A estrutura funcional escolhida foi a de transferência de peso para cortar palha e sulcador de adubo no mesmo sistema. Esta estrutura funcional permitirá a criação de uma linha de adubação mais simples e compacta, vindo ao encontro de grande parte das necessidades dos agricultores de base familiar.

Palavras-chave: agricultura familiar; metodologia de projeto; modelo de fases.

ABSTRACT

In the search for fertilizer machinery on the market, we found there is a shortage of machines that suit the needs of small holders, because very often these machines demand more power than that available in these farms, because they are too big and expensive. The objective of this study was to use a design methodology with systematic approach, to create an adequate functional structure suitable for a fertilizer row of low-power planter for direct seeding, organized by a block diagram. The chosen functional structure accomplishes the weight transfer to cut straw and to open fertilizer furrow on the same system. This functional structure will allow the creation of a simpler and more compact fertilizer row, in accordance to most of the needs of family-based farmers.

Keywords: family farming; design methodology; phase model.

1. INTRODUÇÃO

Considerando a necessidade de obtenção de equipamentos que proporcionem ao agricultor alternativas que venham a suprir suas carências, torna-se necessário analisar o quanto novas tecnologias possam vir a suprir essas necessidades. Uma das opções para o agricultor de base familiar é a utilização do sistema de plantio direto (SPD), que vem a ser uma técnica de cultivo

¹ UFPel – Universidade Federal de Pelotas – Pelotas/RS - Brasil.

conservacionista em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem, constituindo um conjunto de ações que permitem evitar o excesso de revolvimento mecânico do solo.

Na busca pelas informações sobre equipamentos para semeadura e adubação existentes no mercado, constatou-se a carência de máquinas que se adequam às necessidades dos agricultores familiares, pois muitos desses equipamentos não apresentam características físicas apropriadas à faixa de potência dos tratores utilizados pelos agricultores (TEIXEIRA et al., 2009).

Segundo Reis et al. (2003), as indústrias de máquinas agrícolas em geral, priorizam o desenvolvimento de equipamentos que atendam a demanda de médios e grandes agricultores, criando uma lacuna no desenvolvimento de máquinas e implementos adequados economicamente às pequenas propriedades rurais. Como alternativa esses agricultores realizam, de forma empírica, adaptações e desenvolvimento de equipamentos tecnologicamente limitados. Esse fato é comprovado nos trabalhos de Teixeira et al. (2009), Andersson et al. (2015) e Medeiros et al. (2015), que estudaram em campo a agricultura familiar na região de Pelotas, RS. Os autores obtiveram informações referentes ao tamanho das propriedades rurais pesquisadas, a área destinada à semeadura, principais produtos produzidos e implementos utilizados.

Além disso, Lambrecht et al. (2013) constataram que no comércio há poucas opções de equipamentos que se adequam à agricultura familiar, estes na maioria das vezes possuem uma necessidade de demanda de força de tração superior à disponível nas propriedades, além de serem grande demais e caros.

Em relação a tratores de baixa potência, Niemczewski et al. (2014) relata que na faixa de 18,0kW de potência máxima no motor com tração dianteira auxiliar (TDA), há poucas opções de semeadoras consideradas apropriadas a estas máquinas e que as existentes não satisfazem as necessidades do agricultor.

Os estudos analisados por Stefanello et al. (2014) e Vianna et al. (2014) empregaram uma metodologia de projeto com abordagem sistemática do problema, o autor utilizou o "Modelo de Fases", e esta abordou as fases de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

O modelo de fases se constitui da identificação dos clientes e suas necessidades, estas são convertidas em especificações de projeto, estabelecendo uma estrutura funcional (EF), onde são atribuídos princípios de solução para suas funções, sendo desenvolvida uma concepção. Constituída esta concepção define-se o leiaute do produto, os materiais a serem utilizados, os processos de fabricação e montagem, seus componentes, finalizando com a documentação técnica necessária à sua produção (ROZENFELD et al., 2006 e BACK et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi de criar uma estrutura funcional adequada para uma linha de adubação de uma semeadora de baixa potência para plantio direto, organizada por um diagrama de blocos, constituindo um conjunto de funções para que se possa conceber uma linha de adubação mais simples e compacta, vindo ao encontro das necessidades dos agricultores de base familiar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada pela equipe de projeto baseou-se no Modelo de Fases, o qual tem demonstrado resultados satisfatórios no desenvolvimento de máquinas de pequeno porte destinadas à agricultura familiar (AREND et al., 2005).

A primeira fase de projeto foi o Projeto Informacional, onde foram obtidas as especificações do projeto, formando uma lista de requisitos e especificações que orientaram a geração de soluções, que serviu de base para montar os critérios de avaliação e de tomada de decisão ao longo das fases do processo de desenvolvimento.

O método de obtenção das necessidades e dos requisitos de clientes seguiram o prescrito por Reis e Forcellini (2006a). Em outro trabalho sobre a mesma pesquisa esses autores (Reis e Forcellini, 2006b) classificaram os requisitos de clientes e determinaram, a partir deles, os requisitos de projeto, o que também será empregado. Para formarem as especificações do projeto, os autores relacionaram os requisitos de clientes com os requisitos de projeto utilizando a matriz QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade) e, assim, classificaram estes por ordem de importância.

A segunda fase de projeto foi o Projeto Conceitual, nesta fase a concepção da linha para semeadora-adubadora baseou-se no projeto de Medeiros (2013), esta tese possui inovações que não são relatadas em outras produções científicas que possam servir de referência. Dentre elas, a que mais interessa ao presente trabalho é o uso de uma mola plana, que ao mesmo tempo em que serve de conexão entre o chassi e o sulcador, substitui a tradicional mola helicoidal na transferência de carga vertical ao sulcador. Este conceito de linha de semeadura se enquadra nos objetivos deste trabalho, que são a redução de peso da semeadora, a redução de custos e simplicidade de constituição, levando em consideração a facilidade de operação e regulação do equipamento. Em virtude dessas características, serviu de base no presente projeto. Outro foco visado nesse desenvolvimento foi a utilização de componentes padronizados, disponíveis no mercado de reposição, o que elimina os custos de desenvolvimento e facilita futuras reposições.

A obtenção do escopo do problema conforme sugerem Pahl et al. (2005) deu-se seguindo os cinco passos sugeridos pelos autores. Estes passos foram:

Passo 1: Suprimir vontades mentalmente;

Passo 2: Somente consideraram-se requisitos, que afetavam diretamente as funções e as principais condicionantes;

Passo 3: Converteram-se dados quantitativos em qualitativos, nessa conversão reduziu-se a asserções essenciais;

Passo 4: Ampliou-se de forma adequada o que foi percebido;

Passo 5: Formulou-se o problema de forma neutra quanto à solução.

O estabelecimento da estrutura funcional foi feito por meio da formulação do problema de maneira abstrata e sua função global foi baseada nos fluxos de material, energia e sinal e, a partir desta, foram desdobradas funções parciais, auxiliares e elementares.

Quando criadas cada uma das subfunções (componentes das funções parciais) e funções elementares (componentes das subfunções) se faz necessário o emprego de generalização das mesmas, procurou-se não restringi-las, para que durante a continuação do projeto vários princípios de solução pudessem ser encontrados

Os diferentes arranjos dessas funções originaram, então, as estruturas funcionais alternativas em forma de diagrama de blocos. Na escolha da melhor estrutura funcional o critério empregado foi o atendimento aos requisitos de clientes. Nesse sentido, foi atribuído valor 1 para desempenho baixo, 5 para médio e 10 para alto. Para a matriz de avaliação da melhor estrutura funcional, foram atribuídos valores de +2 para muito melhor, +1 para melhor, 0 para igual, -1 para pior e -2 para muito pior.

3. RESULTADOS

Por meio da análise das especificações e identificações das restrições, foi realizado o diagnóstico do escopo do problema. Verificou-se que o escopo do problema consiste em abrir sulco de fertilizante adequadamente e com eficiência. A Figura 1 apresenta esquematicamente a obtenção do escopo do problema conforme sugerem Pahl et al. (2005). Como foi definido a priori o emprego de uma linha de adubação com o uso de uma mola plana para aplicação de cargas, esse aspecto aparece na obtenção do escopo do problema.

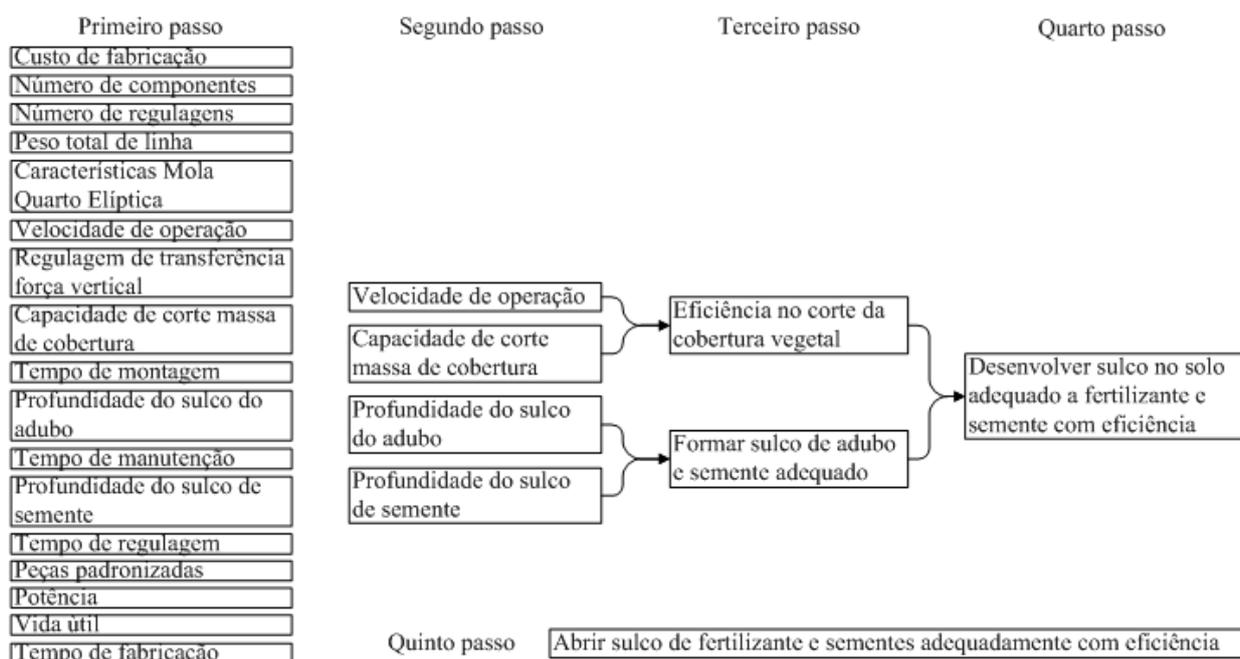


Figura 1. Esquema montado para verificação do escopo do problema com os cinco passos.

Uma equipe de projeto multidisciplinar foi criada, composta por três engenheiros Agrícolas, dois engenheiros Agrônomos, um engenheiro Mecânico e um estudante de agronomia. Estes foram escolhidos por apresentarem conhecimentos específicos na área de máquinas agrícolas e por estarem executando função de professor, estudante de pós-graduação ou de bolsistas do SPAF e do NIMEq. Foi definido que durante a operação semeadura-adubação o material (adubo, sementes, cobertura vegetal e solo) é progressivamente modificado através dos diversos mecanismos da linha que interagem com o meio ambiente e o usuário até que a operação seja finalizada. Isso se deve ao fato de se possuir diversas variáveis que são integradas a este procedimento como: composição,

densidade e umidade do solo, além de relevo da área trabalhada. Esses fatores interferem significativamente durante a operação de adubação.

Foi estabelecida então a função global do sistema técnico, que foi representada pelas entradas e saídas de material, energia e sinal em relação a um sistema periférico que delimita a fronteira entre a máquina e suas interfaces (ambiente e usuário). A função global da linha de uma semeadora-adubadora foi definida como: acondicionar fertilizantes adequadamente no solo. O estabelecimento da função global esclarece o problema de projeto e serve como referência para as decomposições funcionais posteriores (Figura 2).

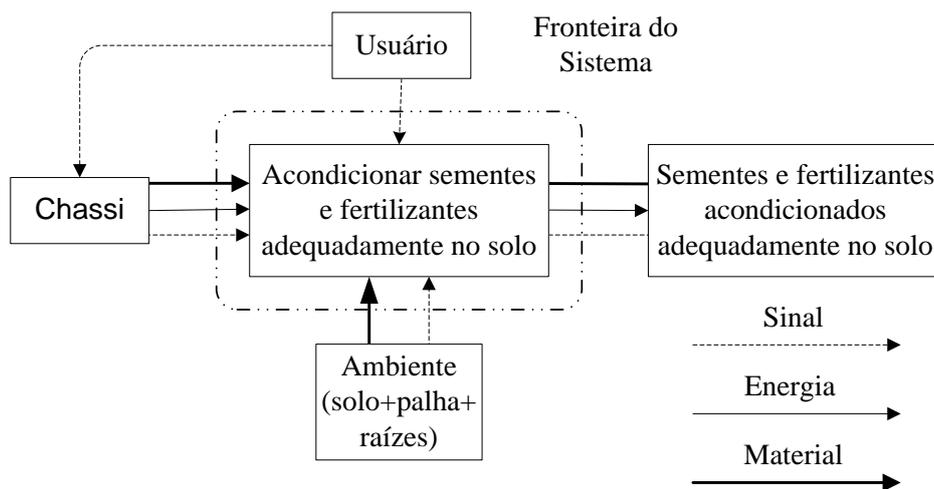


Figura 1. Estrutura funcional global da linha de uma semeadora-adubadora.

A partir da função global do sistema, foram estabelecidas funções parciais das quais algumas necessitaram de um segundo desdobramento, formando assim as chamadas funções elementares.

Foram identificadas as funções "F1 Fixar linha", "F2 Suportar mecanismos", "F3 Transferir peso", "F4 Cortar palha" e "F5 Abrir sulco do adubo", como desdobramento de primeiro nível da função global, foram constituídos outros 18 níveis e 2 subníveis para combinar os fatores de condução e deposição de material ao solo.

Posteriormente foram obtidas as estruturas funcionais, baseadas em parte à utilizada por Reis e Forcellini (2002) para o julgamento de concepções de semeadoras e no presente trabalho essas estruturas foram mais detalhadas, sendo complementadas com funções auxiliares e elementares que se fizeram necessárias para a operação de adubação.

Para projeto de deposição de adubo em semeadoras de pequeno porte baseou-se na metodologia de Stefanello et al. (2014) que apresentaram uma estrutura funcional semelhante, porém, referia-se a uma Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana. Esta estrutura funcional diferencia-se do autor citado pelo fato de desdobrar a função em dosar e depositar sementes, enquanto este estudo preocupa-se na deposição de adubo. Para o presente estudo foram elaboradas três estruturas funcionais alternativas para que fossem submetidas a análise.

Deu-se continuidade, então, na seleção da estrutura funcional mais pertinente ao projeto, foi utilizada a ferramenta Matriz de Decisão (Tabela 1). Os critérios técnicos adotados foram os requisitos de

projeto, o critério custo não foi analisado separadamente por ser apenas um, sendo este então considerado critério técnico.

Tabela 1. Matriz de decisão para escolha das estruturas funcionais

Critérios Técnicos	O que se quer	Hierarquia dos requisitos	Peso dos requisitos	Estruturas Funcionais		
				E1	E2	E3
Requisitos de projeto						
Custo de fabricação	↓	235	10,00	1	10	10
Número de componentes	↓	223	9,49	1	10	10
Número de regulagens	↑	199	8,47	10	10	5
Peso total da linha	↓	184	7,83	5	5	10
Transferência força vertical adequada	↑	163	6,94	10	10	5
Velocidade de operação	↑	130	5,53	5	5	5
Regulagem de transferência de força vertical	↑	128	5,45	10	5	1
Capacidade de corte de massa de cobertura	↑	127	5,40	10	5	1
Tempo de montagem	↓	120	5,11	5	1	5
Profundidade do sulco do adubo	↑	117	4,98	10	5	10
Tempo de manutenção	↓	115	4,89	5	5	10
Profundidade do sulco de semente		101	4,30	10	10	10
Tempo de regulagem	↓	84	3,57	5	10	5
Peças padronizadas	↑	78	3,32	10	5	10
Potência	↓	71	3,02	10	10	5
Vida útil	↑	68	2,89	10	5	5
Tempo de fabricação	↓	67	2,85	5	5	10
Soma total Critério Técnico				616,09	678,72	665,11

Obs.: Pontuação das estruturas funcionais: 10 = alto, 5 = médio e 1 = baixo.

As estruturas funcionais "E1" (Figura 3), "E2" (Figura 4) e "E3" (Figura 5) estão demonstradas abaixo. A estrutura funcional "E2" foi escolhida por apresentar o maior índice de desempenho técnico (Figura

4). Dentre os critérios técnicos destacam-se os relacionados aos aspectos de custos e funcionais que estão associados à operação do equipamento (custo de fabricação, número de componentes e número de regulagens). Também foram determinantes a transferência força vertical adequada, profundidade do sulco de semente, tempo de regulagem e potência necessária do trator. O tipo de semeadora-adubadora apresentado pelos resultados demonstra a necessidade de equipamentos diferenciados aos encontrados no mercado, verificando-se que há falta de opções eficientes de equipamentos disponíveis para a execução do processo de adubação.

Estrutura funcional alternativa 1.

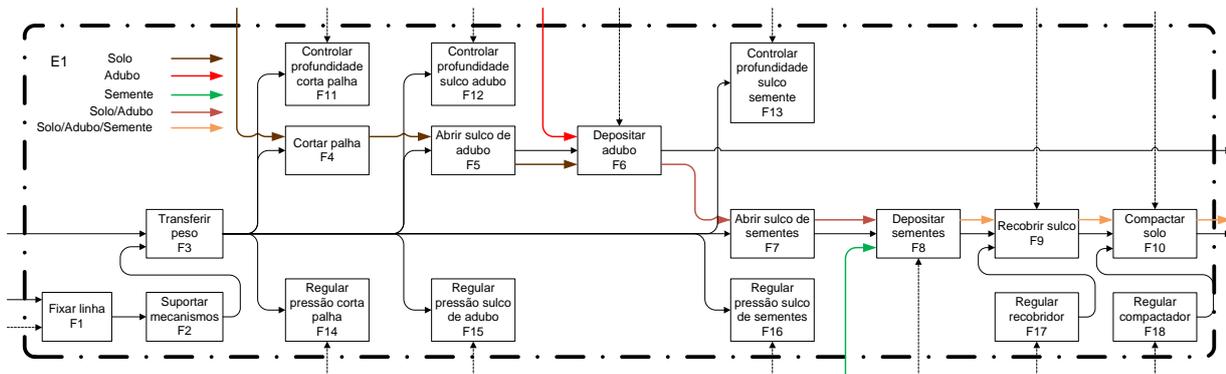


Figura 2. Estrutura funcional com transferência independente de peso para corta palha, sulcador de adubo e sulcador de semente.

Estrutura funcional alternativa 2.

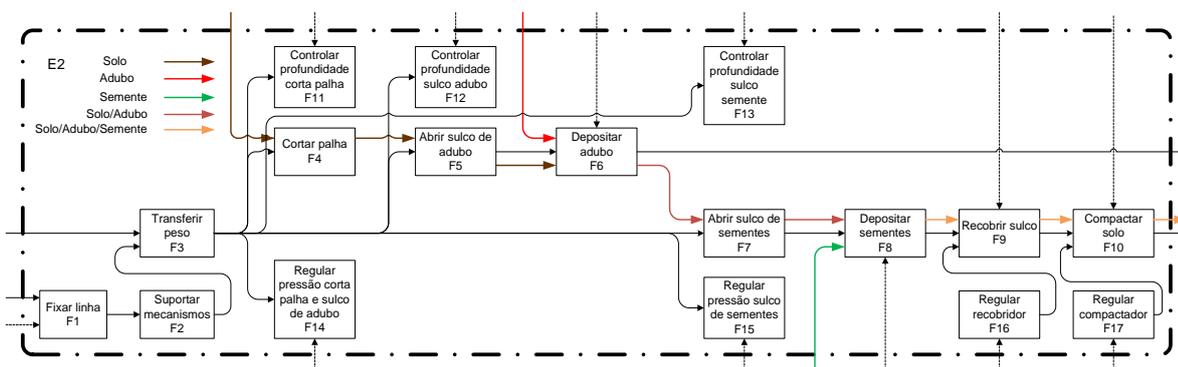


Figura 3. Estrutura funcional com transferência de peso corta palha e sulcador de adubo no mesmo sistema.

Estrutura funcional alternativa 3.

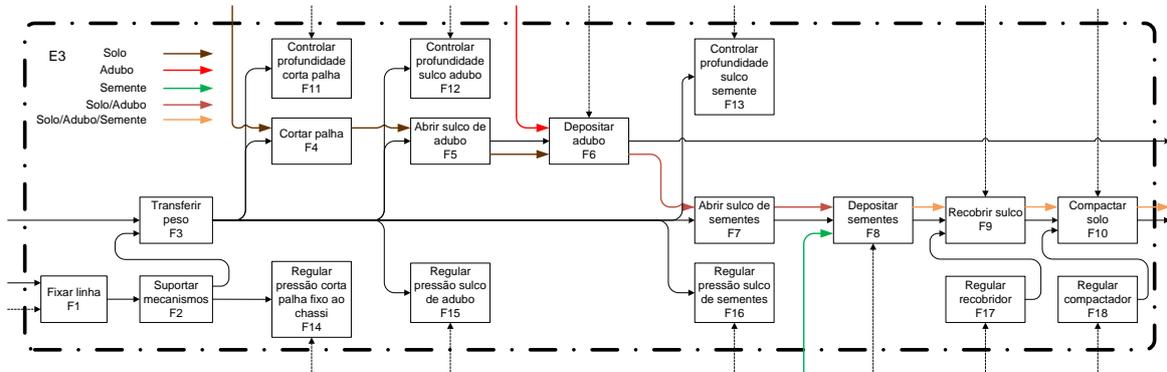


Figura 4. Estrutura funcional com transferência de peso corta palha e sulcador de adubo no mesmo sistema.

Foram desenvolvidas estruturas funcionais semelhantes por Stefanello et al. (2010) e Stefanello et al. (2014) em projetos de dispositivos para semeadura e deposição de sementes para semeadoras. Estes autores concluíram ser de grande utilidade o desenvolvimento de estruturas funcionais alternativas

para a escolha da melhor solução. Pode-se dizer que o desenvolvimento de estruturas funcionais, principalmente comparando a metodologia do diagrama de blocos, facilita a escolha da melhor alternativa, diminuindo a complexidade do projeto, concordando com os autores citados.

A estrutura funcional escolhida se caracteriza por integrar o corte da palha e a abertura do sulco do adubo em um único sistema, possuir menor quantidade de componentes e de ter a transferência de carga vertical feita simultaneamente (F3) para o corte da palha e para o sulcador do adubo (F7).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise funcional com a criação de três alternativas de sistemas técnicos, possibilitou identificar uma possível inovação, que se mostrou adequada (matriz de decisão) para solucionar de forma otimizada o problema de projeto. Esta estrutura funcional permitirá a criação de uma linha de adubação mais simples e compacta, vindo ao encontro de grande parte das necessidades dos agricultores de base familiar.

5. REFERÊNCIAS

ANDERSSON, N. L. M.; MACHADO, A. L. T.; FERREIRA, M. F.; REIS, Â. V. dos. Índices de Depreciação, Ergonomia, Segurança, Nível de ruído e Manutenção como Parâmetros de Avaliação em Tratores Agrícolas de quatro rodas. **Rev. Fac. Agron. La Plata** (2015) Vol 114 (Núm. Esp.1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio: 95-100.

AREND, L.; F.; FERNANDO A.; WEISS, A. Desenvolvimento e testes de uma semeadora-adubadora modular para pequenas propriedades rurais. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2005.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008. p. 648.

LAMBRECHT, E.; TROGER, H. C. H.; TEIXEIRA, S.; FERREIRA, M. F.. Tratores e semeadoras-adubadoras de baixa potência: Determinação da estabilidade longitudinal em função das características dimensionais e ponderais. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA. **Anais...** Fábrica de Negócios - Fortaleza - CE - Brasil: [s.n.], 2013.

MEDEIROS, F. A.. **Desenvolvimento de uma semeadora adubadora para plantio direto com sulcador rotativo acoplado em tratores de rabiças**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas - Pelotas. 2013.

MEDEIROS, F. A.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, A. L. T. ; MACHADO, R. L. T.; STEFANELLO, G.. Use of walking tractor powered rotary tiller in no-tillage system. **Revista Ciência Agronômica** (UFC. Online), v. 46, p. 54-63-63, 2015.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T.. Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas. **Eng. Agríc.** [online]. 2014, vol.34, n.1, pp.161-170. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000100017>.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.. **Projeto na Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6a edição, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 411p., 2005.

REIS, Â. V.; MENEGATTI, F. A.; FORCELLINI, F. A.. O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 4., 2003, Gramado. **Anais...**, Gramado, RS, Brasil., v. 1, p. IV CBGDP, 6 a 8 de out de 2003.

REIS, Â.V. dos; FORCELLINI, F.A.. Functional analysis in the evaluation of four concepts of planters. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.969-975, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v32n6/12741.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2016. doi: 10.1590/S0103-84782002000600009.

REIS, Â. V. D.; FORCELLINI, F. A.. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 309-320, jan/abr 2006a. ISSN 1809-4430.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A.. obtenção de especificações para o projeto de um mecanismo dosador de precisão para sementes miúdas. **Engenharia Rural**, v.17, p.47-57, 2006b.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: - Uma Referência para Melhoria do Processo**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. p. 542.

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, R. L. T.. Desenvolvimento de mecanismo dosador-depositor rotativo de sementes graúdas para agricultura familiar. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 6., 2010, Chillán. **Anais...** Chillán: UC, 2010. p.1-16.

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, R. L. T.; MORAIS, C. S. de. Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana. **Ciência Rural** [online]. 2014, vol.44, n.9, pp.1583-1588. ISSN 1678-4596. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130020>.

TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V. dos; e OLDONI, A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Eng. Agríc.** [online]. 2009, vol.29, n.1, pp.162-171. ISSN 0100-6916. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000100016>.

VIANNA, L. R.; REIS, Â. V. dos; MACHADO, A. L. T. Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para disco horizontal. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental** [online]. 2014, vol.18, n.10, pp.1086-1091. ISSN 1415-4366. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1086-1091>.