

**DESENVOLVENDO UMA ESTRUTURA FUNCIONAL DE LINHA DE ADUBAÇÃO PARA SEMEADORA DE PLANTIO DIRETO**

Edson Lambrecht¹, Mauro Fernando Ferreira², Fabricio Ardais Medeiros³ & Ângelo Vieira dos Reis⁴

1 - Engenheiro Agrícola, Doutorando do PPGSPAF da UFPEL/Pelotas-RS, edsonlambrecht@gmail.com

2 - Engenheiro Agrícola, Professor Adjunto da UFPEL/Pelotas-RS, maurof@ufpel.edu.br

3 - Engenheiro Agrícola, Professor Adjunto da UFPEL/Pelotas-RS, medeiros.ardais@gmail.com

4 - Engenheiro Agrícola, Professor Associado IV da UFPEL/Pelotas-RS, areis@ufpel.edu.br

Palavras-chave:

agricultura familiar
aplicação de fertilizantes
equipamentos agrícolas
metodologia de projeto
modelo de fases

RESUMO

A partir da busca por equipamentos para adubação, 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 demanda de força de tração superior à disponível nas propriedades, além de serem grandes demais e caras. Objetivou-se com o presente trabalho 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.

Keywords:

agricultural equipment
design methodology
family farming
fertilizer application
phase model

FUNCTIONAL STRUCTURE OF A PLANTER FERTILIZER ROW**ABSTRACT**

There is a shortage of fertilizer machines suitable to the needs of family farmers because most of these machines have a power demand higher than what is available in the properties and are too big and expensive. The objective of this study was to use a systematic approach methodology to provide an adequate functional structure suitable for a fertilizer row from a low-power planter for direct seeding, organized by a block diagram. The chosen functional structure accomplished the weight transfer to cut straw and to open fertilizer furrow on the same system. Therefore, this functional structure will allow the development of a simpler and more compact fertilizer row, in accordance to most of the needs of family farmers.

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), com sistemas adaptados a diversas regiões e aos diferentes níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa a tração animal. O SPD vem a ser uma técnica de cultivo 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) relatam que na faixa de 18,0 kW 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 às 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, sendo que o problema de cada um dos autores foram as necessidades de seus clientes. Os autores utilizaram 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).

Objetivou-se com o presente trabalho criar uma estrutura funcional adequada para uma linha de adubação de uma semeadora de baixa potência para o plantio direto, organizada por um diagrama de blocos, constituindo um conjunto de funções para que se possa projetar uma linha de adubação mais simples e compacta, vindo ao encontro das necessidades dos agricultores de base familiar.

MATERIAIS E MÉTODOS

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

A primeira fase foi o Projeto Informacional, onde foram obtidas as particularidades relacionadas ao problema, 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.

A obtenção das necessidades e dos requisitos dos clientes foram obtidas utilizando a metodologia empregada por REIS e FORCELLINI (2006a). O mesmo método foi utilizado para os requisitos de clientes, baseando-se em REIS e FORCELLINI (2006b) classificou-se os requisitos de clientes e determinou-se os requisitos de projeto. 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 do 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. No entanto este conceito de linha de semeaduras se enquadra nos objetivos deste trabalho, que são a redução de peso da semeadora, a redução de custos e a simplicidade de constituição, levando em consideração a facilidade de operação e regulagem do equipamento. Outro foco visado foi a utilização de componentes padronizados, disponíveis no mercado de reposição, o que elimina os custos de desenvolvimento e facilita futuras reposições.

Para a concepção da linha, buscaram-se princípios de simplicidade de fabricação e a possibilidade de incorporar um sistema de mola plana para a aplicação de carga vertical, o que viabilizaria este novo conceito, vindo ao encontro dos requisitos do projeto e dos clientes considerados mais importantes.

Uma equipe de projeto multidisciplinar foi criada, composta por três engenheiros Agrícolas, dois engenheiros Agrônomos, um engenheiro Mecânico e um estudante de Agronomia, foi definido que durante a operação adubação o material (adubo, cobertura vegetal e solo) seria progressivamente modificado por meio 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. Estes fatores interferem significativamente durante a operação de adubação.

A obtenção do escopo do problema, por meio da análise das especificações do projeto e identificação das restrições, conforme sugerem PAHL et al. (2005), se deu estabelecendo 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.

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). O estabelecimento da função global esclarece o problema de projeto e serve como referência para as decomposições funcionais posteriores.

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.

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 dos autores citados pelo fato de desdobrar a função em dosar e depositar sementes, enquanto este estudo preocupa-se na deposição de adubo.

O estabelecimento da estrutura funcional se fez por meio da formulação do problema de maneira abstrata, que são: simplicidade, baixo peso e custo de fabricação. Sua função global foi baseada no fluxo 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 a generalização das mesmas, procurou-se não as restringir, para que vários princípios de solução pudessem ser encontrados, pois nesta tarefa não foi definido o princípio de solução mais adequado.

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, sendo então, utilizada a ferramenta Matriz de Decisão. 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.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da análise das especificações (que foram obtidas a partir do trabalho de STEFANELLO *et al.* (2014) e VIANNA *et al.* (2014) e da identificação 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. Na Figura 1 é apresentado esquematicamente a obtenção do escopo do problema conforme sugerem PAHL *et al.* (2005).

A função global da linha de uma semeadora-adubadora foi definida como: acondicionar fertilizantes adequadamente no solo (Figura 2).

Identificada a função global, 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 10 níveis para combinar os fatores de condução e deposição de material ao solo, resultado da elaboração de três estruturas funcionais alternativas denominadas de “E1”, “E2” e “E3” que estão ilustradas nas figuras 3, 4 e 5 respectivamente.

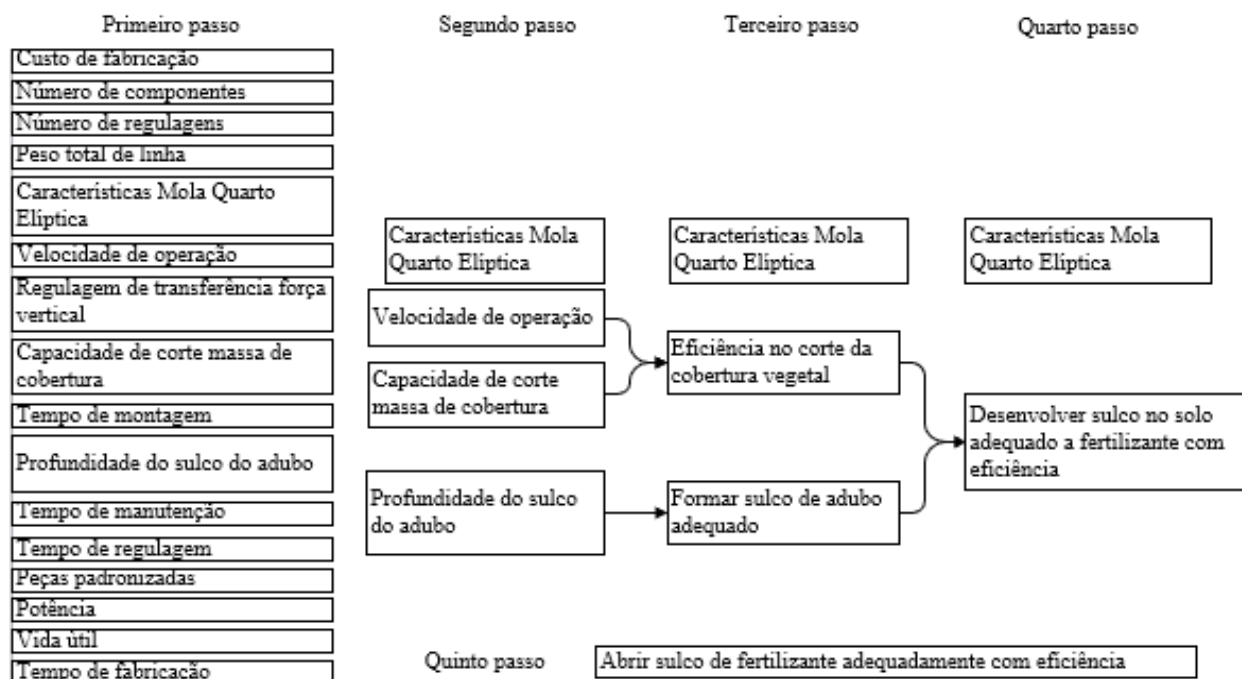


Figura 1. Esquema montado para verificação do escopo do problema com os cinco passos.

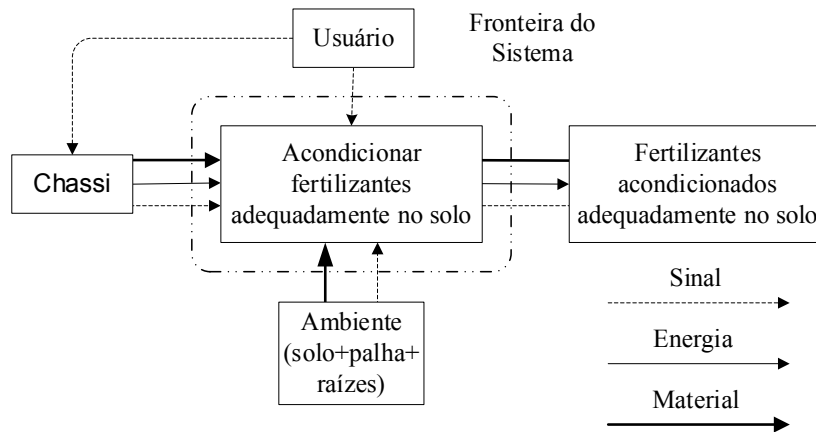


Figura 2. Estrutura funcional global da linha de uma semeadora-adubadora.

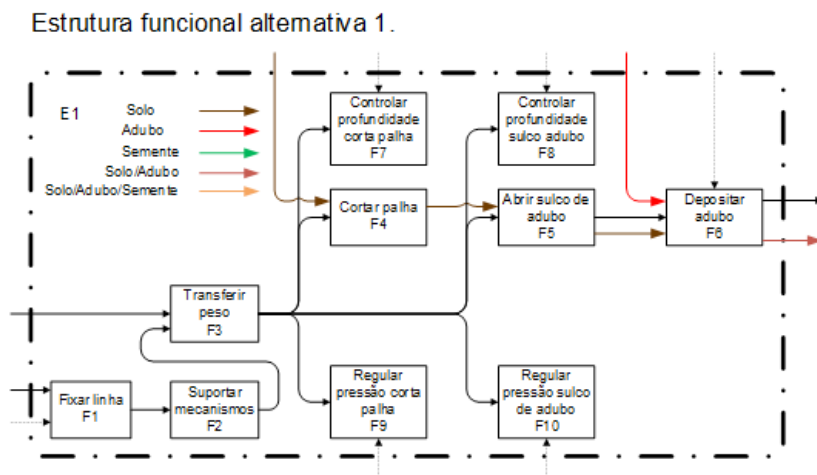


Figura 3. Estrutura funcional, alternativa 1, com transferência independente de peso para corta palha e sulcador de adubo.

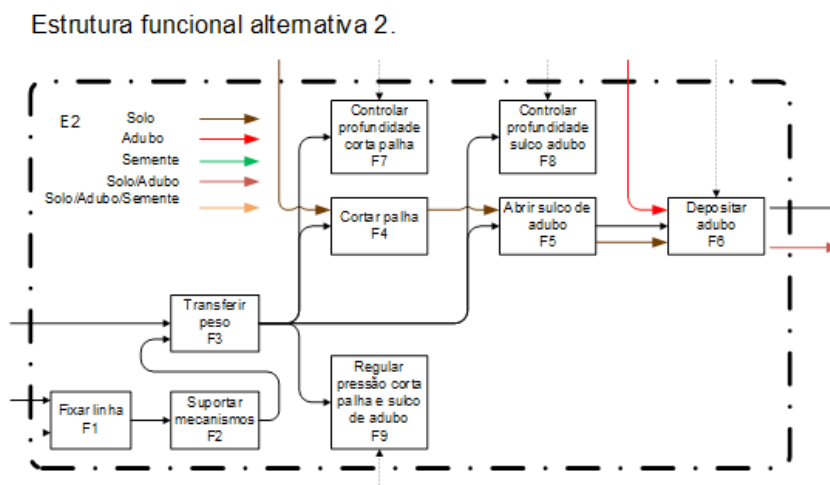


Figura 4. Estrutura funcional, alternativa 2, com transferência de peso corta palha e sulcador de adubo no mesmo sistema.

Estrutura funcional alternativa 3.

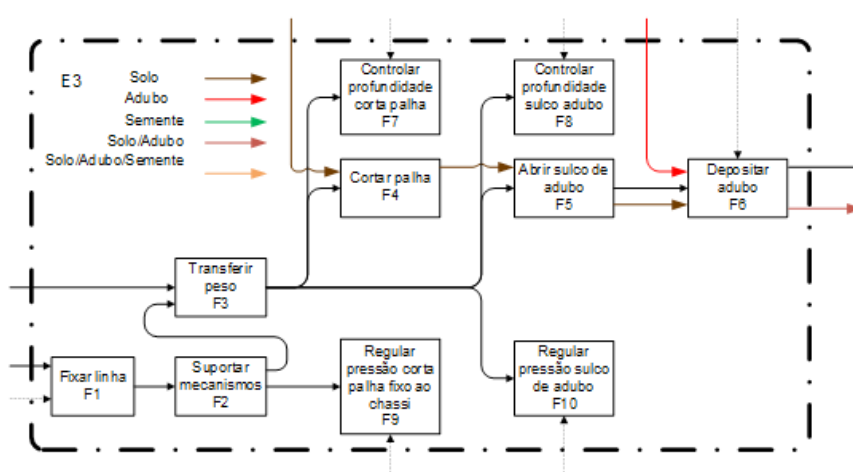


Figura 5. Estrutura funcional, alternativa 3, com transferência independente de peso para sulcador de adubo com corta palha fixo ao chassi.

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
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				606,09	668,72	655,11

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

Nota: Hierarquia dos requisitos vem a ser o estabelecimento, por meio do QFD, da ordem de importância dos níveis de relacionamento entre os requisitos de projeto e os requisitos dos clientes, além da correlação entre os requisitos de projeto.

Os resultados, utilizando a ferramenta Matriz de Decisão, estão descritos na 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.

A estrutura funcional “E2” foi escolhida por apresentar o maior índice de desempenho técnico. 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 adubo, tempo de regulagem e potência necessária do trator. O tipo de semeadora-adubadora apresentada 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.

TEIXEIRA, (2008), STEFANELLO et al. (2010) e STEFANELLO et al. (2014) concluíram ser de grande utilidade o desenvolvimento de estruturas funcionais alternativas para a escolha da melhor, porém, a comparação da estrutura funcional escolhida com as dos autores e demais projetos estudados não foi possível. Isso ocorreu por não apresentarem estruturas funcionais em diagramas de blocos, devido à utilização de outras metodologias de projeto ou por trabalharem com semeadura, com focos diferentes aos da adubação. Contudo 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 (F3) feita simultaneamente para o corte da palha e para o sulcador do adubo (F9).

CONCLUSÕES

- A análise funcional com a criação de três alternativas de sistemas técnicos, possibilitou identificar uma 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, N.L.M.; MACHADO, A.L.T.; FERREIRA, M.F.; REIS, Â.V. 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: p.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**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas - Pelotas. 2013.

MEDEIROS, F.A.; REIS, Â.V.; 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.; 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.; 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.; 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.; 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.; MACHADO, R.L.T.; MORAIS, C.S. 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.. **Projeto conceitual de uma semeadora de milho e feijão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

TEIXEIRA, S.S.; MACHADO, A.L.T.; REIS, Â.V.; 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.; 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>.