

**PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SELEÇÃO DE ENGRENAGENS DE  
UMA SEMEADORA ADUBADORA DE PRECISÃO<sup>1</sup>**

Pablo Pereira Corrêa Klaver<sup>2\*</sup>, Ricardo Ferreira Garcia<sup>2</sup>, Welington Gonzaga Vale<sup>2</sup>,  
José Sá Vasconcelos Júnior<sup>2</sup>, Delorme Corrêa Júnior<sup>2</sup>

**Resumo:** O uso de programas computacionais no setor agrícola permite atingir objetivos específicos na área. Dentre esses, um dos mais complexos é a seleção adequada de máquinas e implementos agrícolas, visando a otimização de operações agrícolas, devido, principalmente, à grande variedade de equipamentos existentes no mercado e a gama de tarefas e situações de trabalho que estas são submetidas no campo. O objetivo deste trabalho, desenvolvido em PHP, foi selecionar as engrenagens do sistema de transmissão de uma máquina semeadora adubadora de precisão para regulagem da densidade de sementes, facilitando e tornando, de maneira mais rápida, a determinação das engrenagens a serem utilizadas na máquina. A partir do programa desenvolvido, tornou-se possível a execução de tarefas para cálculos para a seleção de engrenagens de forma simplificada através da internet.

**Palavras-chave:** engrenagens, mecanização agrícola, programação.

**COMPUTATIONAL PROGRAM FOR SELECTING GEARS OF A PRECISION  
FERTILIZER SOWER**

**Abstract:** The use of computer programs in agricultural sector could achieve specific objectives in area. Among these, one of most complex is the selection of farm machinery and implements for optimization of agricultural operations, primarily due to wide variety of equipment on market and range of tasks and work situations that they are subjected in the field. This study, developed in PHP, aimed to select the gears of transmission system of a seeding machine, precision seeder for adjustment of seed density, making it easier and, more quickly, determination of the gears to be used in machine. The developed program made possible to performing tasks for calculations for selection of gears in a simple way via Internet.

**Keywords:** gears, agricultural machinery, programming.

---

<sup>1</sup> Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Av. Alberto Lamego, 2000 - Campos dos Goytacazes (RJ) – CEP.: 28013-600. \*E-mail: garcia@uenf.br. Autor para correspondência.

## INTRODUÇÃO

Com o aumento das populações e a necessidade de se produzir mais alimentos, com um número cada vez menor de pessoas empregadas na agricultura, as operações agrícolas começaram a ser mecanizadas (GARCIA et al., 1998), e a grande variedade de máquinas agrícolas disponíveis hoje, para realizar estas operações permite ao agricultor uma escolha adequada para atender a sua demanda. Porém, as características de cada modelo variam e podem interferir no desenvolvimento da cultura, negativamente ou positivamente desde o plantio até a colheita.

Atualmente, há a necessidade do aumento da eficiência em todos os setores da economia para a manutenção da competitividade, especialmente no setor agrícola. A otimização do projeto, adequação de maquinário, práticas de irrigação, desenvolvimento de sistemas de informação geográfica e de posicionamento global e muitas outras técnicas estão proporcionando à agricultura ganhos crescentes, permitindo aumento da produção com redução de áreas cultivadas, insumos e danos ambientais.

Ao oferecer vantagens no setor agrícola, com aumentos de produtividade, a informática também vem conquistando espaço neste setor. O uso dos computadores na agricultura aumentou consideravelmente nos últimos dez anos, período em que ocorreu rápido desenvolvimento na tecnologia, redução no tamanho do equipamento e no seu preço final. No caso do produtor rural, o computador auxilia na coleta, armazenamento e processamento de dados e informações de maneira mais eficiente nos mais variados processos produtivos do setor. Assim, a informação passa a ser extremamente valiosa e deve ser considerada como mais um insumo no processo produtivo (KLAVAR, 2009).

Com o surgimento de empresas especializadas e o trabalho dos órgãos governamentais de pesquisa e de assistência técnica, hoje, já existe uma quantidade considerável de programas específicos voltados para o campo (MEIRA et al., 1996).

Segundo Klaver (2006), uma das ferramentas atuais mais usadas para o desenvolvimento de programas de comunicação via internet é o PHP (Hypertext Preprocessor). O fato de seu código ser executado no servidor permite que computadores com poucos recursos de processamento executem-no. Este tipo de utilização torna mais fácil o uso do programa, uma vez que não existe a necessidade de instalação de arquivos específicos e o usuário pode ter acesso em locais diferentes ou acesso remoto, utilizando algum dispositivo de conexão sem fio.

O uso da informática e programas computacionais no setor agrícola permite atingir objetivos específicos na área. Dentre esses, pode-se dizer que um dos mais complexos é a seleção adequada de máquinas e implementos agrícolas, devido, principalmente, à grande variedade de equipamentos existentes no mercado.

Mercante et al. (2010), utilizando a linguagem de programação Borland Delphi 3.0, desenvolveram o *software* PRAPRAG, ferramenta para selecionar máquinas e implementos agrícolas que apresentam o menor custo por área ou por quantidade produzida, bem como, planejar a aquisição de máquinas para a propriedade agrícola, do ponto de vista técnico e econômico. O *software* mostrou-se uma ferramenta útil e uso amigável, proporcionando maior rapidez, segurança e confiabilidade ao processo produtivo e econômico das propriedades, na seleção e aquisição de conjuntos mecanizados agrícolas, e na determinação de custos com a mão de obra utilizada.

Lopes et al. (1995) desenvolveram um programa computacional, em linguagem Pascal, para selecionar um sistema de mecanização agrícola, visando atender às exigências técnicas e econômicas de uma propriedade agrícola. Com o uso do programa desenvolvido, observaram-se resultados satisfatórios, nas condições em que foi testado, concluindo-se que poderia se constituir numa ferramenta de grande utilidade na seleção do sistema de mecanização agrícola.

A seleção de pulverizadores agrícolas que se adaptem às necessidades da propriedade é um processo trabalhoso, sendo uma das etapas mais importantes dentro do processo produtivo. Neste sentido, Baio et al. (2004) desenvolveram um modelo de programação linear com o objetivo de auxiliar na seleção de pulverizadores de barras, baseado no menor custo horário do equipamento. O modelo matemático desenvolvido facilitou a realização da análise de sensibilidade que foi processada em um tempo muito pequeno.

Zanoni et al. (2007) propuseram um trabalho com o objetivo de desenvolver e implementar um sistema computacional orientado a objetos na linguagem Java capaz de realizar o dimensionamento mecânico de um sistema de produção agrícola utilizando informações de máquinas armazenados em um banco de dados. Foi possível, com a utilização do sistema computacional, reduzir o longo tempo que era necessário para efetuar os cálculos para cada operação do sistema de produção agrícola em análise.

Com a finalidade de avaliar a influência do atraso no dimensionamento da frota e no custo da operação de colheita, devido à importância da cultura e da pontualidade, Borges et al. (2006) avaliaram a influência do atraso no dimensionamento da frota e no custo da operação de colheita. Para tanto, desenvolveram um modelo computacional em linguagem Borland® Delphi 5.0, em que a entrada de dados inclui os atributos da região agroclimática, da colhedora e das cultivares de soja. O resultado é a renda líquida como indicador da pontualidade na operação para a colhedora selecionada. O programa foi utilizado para simular cenários numa propriedade na região de Ponta Grossa - PR, e os valores obtidos revelaram que a frota de colhedoras da propriedade opera com capacidade ociosa, produzindo renda líquida abaixo do potencial.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional utilizando a linguagem PHP e baseado na norma ASAE D497.4 – Agricultural Machinery Management Data

(ASAE, 2003), para calcular a seleção de engrenagens de uma semeadora adubadora de precisão de forma simplificada, utilizando a internet.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ.

Um programa computacional para seleção de engrenagens de uma semeadora adubadora de precisão foi desenvolvido em linguagem PHP, sendo utilizado o programa Macromedia Dreamweaver MX para a edição da linguagem de marcação do hipertexto e PHP. No desenvolvimento, utilizou-se o banco de dados MySQL, que é um sistema de gerenciamento de banco de dados que utiliza a linguagem SQL (Structured Query Language, ou Linguagem de Consulta Estruturada) como interface.

O programa computacional foi desenvolvido para ser executado via internet, bastando o usuário ter acesso à rede para entrar no endereço que disponibiliza o programa, sendo hospedado em um servidor que se encontra em um provedor de serviços de internet nos EUA, que conta com capacidade de 300 MB.

A semeadora adubadora de precisão conta com um sistema de transmissão de potência do rodado transmitindo ao setor de distribuição de sementes e insumos, acionado por engrenagens dentadas, correntes e eixos. A correta deposição de sementes e insumos no campo, atingido o estande pré-estabelecido, só pode ser atingido por meio da escolha adequada da relação de transmissão da máquina.

Após a entrada de dados, o programa retornará o resultado das engrenagens a serem utilizadas no sistema de transmissão, de acordo com o modelo de máquina selecionado.

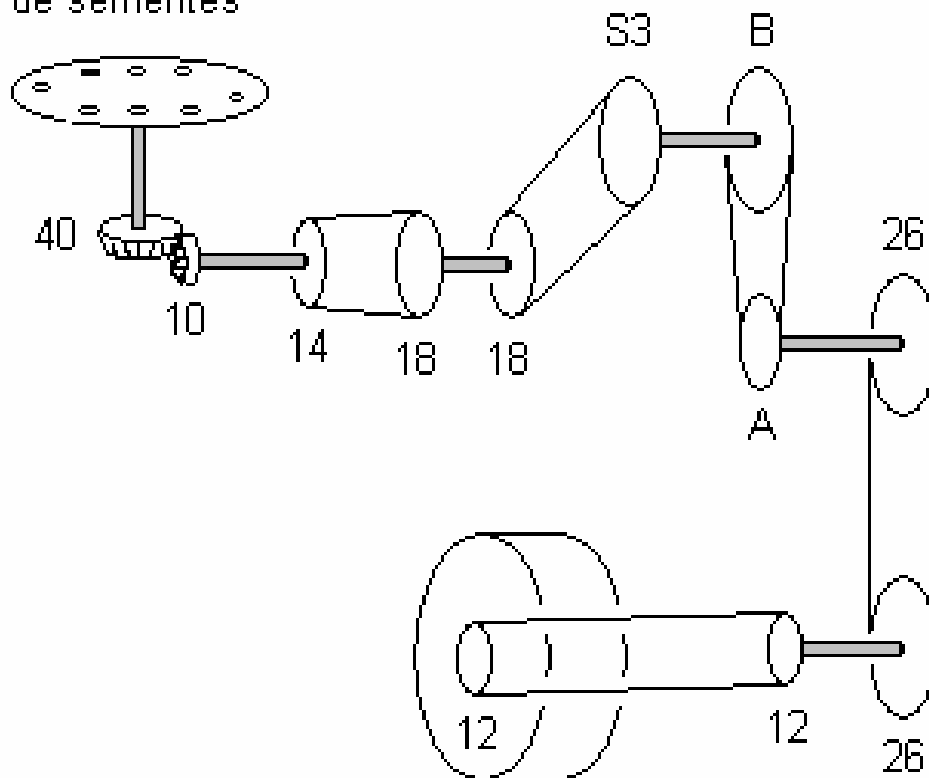
Com a utilização deste programa computacional, buscar-se-á a rapidez na saída

de dados, combinado com cálculos precisos de regulagens das engrenagens, tornando-se, assim, uma ferramenta facilitadora de cálculos e consulta a tabelas.

O primeiro modelo de semeadora adubadora de precisão utilizado na avaliação

é a SEED-MAX PCR 2226, que apresenta mecanismo de dosagem de sementes do tipo disco perfurado horizontal. O sistema de acionamento do disco de distribuição de sementes é composto por engrenagens, correntes e eixos e é apresentado na Figura 1.

Disco de distribuição  
de sementes



Roda de acionamento

**Figura 1** - Esquema do sistema de acionamento do disco de distribuição de sementes da semeadora de precisão SEED-MAX PCR 2226.

No sistema de transmissão com pares engrenados, considerando-se a ausência de deslizamento entre duas engrenagens acionadas por corrente dentada, ou contato direto, pode-se considerar que a velocidade linear de ambas tem o mesmo valor. Nas engrenagens posicionadas no mesmo eixo, considera-se a mesma frequência entre elas.

No sistema de transmissão de engrenagens, considera-se como relação de transmissão a relação do produto do número de dentes das engrenagens motoras pelo

produto do número de dentes das engrenagens movidas.

Sabendo-se que o número de furos que deverão passar pelo ponto de liberação de sementes no mecanismo dosador, para cada volta da roda acionamento, corresponde à relação entre o perímetro da roda e o espaçamento entre sementes, e considerando-se que a relação de transmissão a ser estabelecida pela semeadora é igual ao número de furos, por volta da roda pelo número de furos do dosador, obtém-se a Equação 1, para o cálculo das engrenagens

intercambiáveis  $A$ ,  $B$ , e  $S3$  a serem utilizadas no processo de semeadura.

$$EES = \frac{p}{nf} \frac{12}{12} \frac{26}{26} \frac{B}{A} \frac{18}{S3} \frac{14}{18} \frac{40}{10} \quad (1)$$

Em que,

$EES$ : espaçamento entre sementes, m;  
 $P$ : perímetro da roda motriz da semeadora, m;  
 $nf$ : número de furos do disco dosador, e  
 $A, B$  e  $S3$ : engrenagens do sistema de transmissão.

O espaçamento entre sementes é calculado, utilizando-se a Equação 2.

$$EES = \frac{10000}{NS \cdot e} \quad (2)$$

Em que,

número de sementes por área, sementes  $ha^{-1}$ ; e  
 $S$ : espaçamento entre linhas de plantio, m;

O número de sementes por área é calculado, utilizando-se a Equação 3.

$$NS = \frac{NP}{G \cdot S \cdot I \cdot E \cdot D} \quad (3)$$

Em que,

$NP$  número de plantas por área,  
 : plantas  $ha^{-1}$ ;  
 $G$ : índice de germinação, decimal;  
 $S$ : índice de sobrevivência, decimal;  
 $I$ : índice de impurezas, decimal;  
 $E$ : índice de enchimento dos discos, decimal, e

$D$ : índice de deslizamento do rodado motriz, decimal.

Para a avaliação do programa computacional desenvolvido, utilizou-se a metodologia GQM (Goal Question Metric) (GLADCHEFF, 2001).

Foram disponibilizados a 31 alunos dos cursos de Agronomia e Zootecnia, da UENF, um endereço eletrônico na internet permitindo o acesso livre para executar o programa. Todos os alunos haviam concluído as disciplinas de Mecânica Aplicada e Mecanização Agrícola. Os alunos, depois de fazerem uso do programa, responderam questionários de avaliação do mesmo, contendo os seguintes tópicos: funcionalidade, objetivo, projeto visual, compatibilidade, aplicabilidade, confiabilidade e usabilidade. As opções de resposta eram sim, médio ou não, com espaço para respostas adicionais quando necessárias. Com base nos dados coletados por meio dos formulários respondidos, realizou-se uma avaliação estatística utilizando-se o teste t de Student a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa computacional para seleção de engrenagens para semeadoras adubadoras de precisão apresenta para o usuário uma tela inicial, onde o usuário faz inserção dos índices normalmente utilizados na regulagem da máquina semeadora, como densidade de plantas por área recomendada, e índices de germinação, pureza, sobrevivência, deslizamento do rodado da semeadora, enchimento dos discos, e o espaçamento entre linhas de semeadura (Figura 2).

**Cálculo de Engrenagens de Semeadoras de Precisão**

Pop   
 POP = população de sementes recomendada para a área, plantas/ha

G   
 G = índice de germinação, decimal

P   
 P = índice de pureza, decimal

S   
 S = índice de sobrevivência, decimal

D   
 D = patinagem, decimal

E   
 E = índice de enchimento, decimal

e   
 e = espaçamento entre linhas, m

**Calcular**

**Figura 2** - Tela de inserção dos índices empregados na regulagem da semeadora.

Em seguida, o programa apresenta o resultado do número de sementes por área que a máquina deve soltar, e disponibiliza a opção para inserção do número de furos do disco dosador de sementes (Figura 3).

**Cálculo de Engrenagens de Semeadoras de Precisão**

**Resultado NSm = Número de sementes/metro**

NSm nf

Insira abaixo o valor de sementes/metro (NSm) calculado acima e o número de furos do disco (nf) utilizado na máquina para buscar os valores dos eixos A e B.

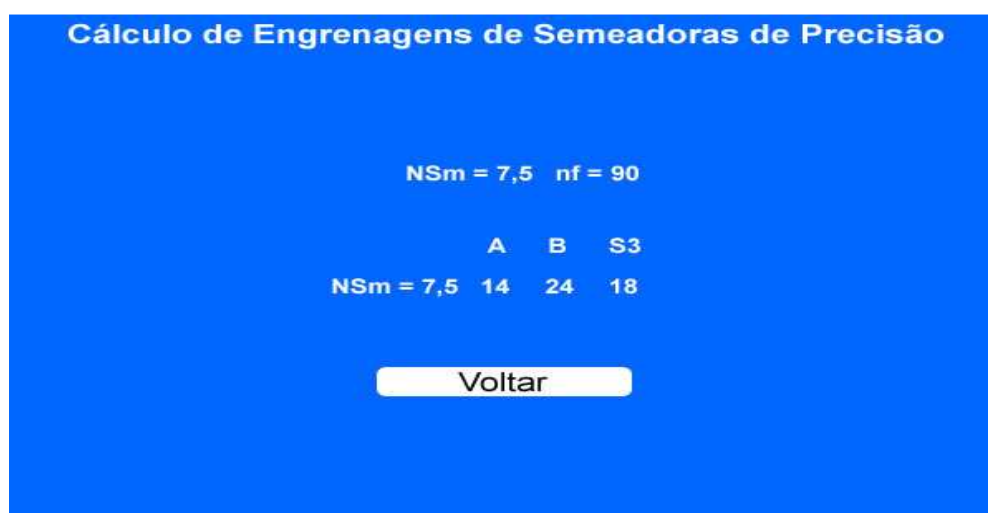
**Calcular**

**Figura 3** - Tela de resultado da densidade de sementes e inserção do valor de furos do disco dosador.

Após a entrada dos dados, o programa exibe o resultado do número de sementes por metro que a máquina semeadora deve soltar, e os valores das engrenagens que o usuário deve escolher para atingir determinado

número de sementes, calculado pelo programa (Figura 4).

A Tabela 1 apresenta o resultado da avaliação do programa computacional para seleção de engrenagens para semeadoras adubadoras de precisão.



**Figura 4** - Tela de resultados com número de sementes por metro e valores das engrenagens a utilizar.

**Tabela 1** - Avaliação do programa computacional desenvolvido.

Característica		Opinião		
Funcionalidade	Sim	92,38%	± 15%	a
	Médio	29,29%	± 13%	b**
	Não	15,24%	± 9%	b**
Objetivo	Sim	100%	± 9%	a
	Médio	0%	± 0%	b
	Não	15,24%	± 9%	c
Projeto visual	Sim	89,85%	± 16%	a
	Médio	29,29%	± 13%	b**
	Não	20,25%	± 11%	b**
Compatibilidade	Sim	37,54%	± 15%	a**
	Médio	20,25%	± 11%	a**
	Não	84,46%	± 17%	b
Aplicabilidade	Sim	94,78%	± 14%	a
	Médio	29,29%	± 13%	b
	Não	9,54%	± 6%	c
Confiabilidade	Sim	100%	± 9%	a
	Médio	15,24%	± 9%	b
	Não	0,00%	-	c
Usabilidade	Sim	99,09%	± 12%	a
	Médio	24,89%	± 12%	b
	Não	0,00%	-	c

\*\* Percentuais seguidos por pelo menos uma mesma letra na coluna de cada característica do programa não diferem entre si pelo intervalo de confiança t de Student a 5% de significância.

Conforme Tabela 1, na avaliação do programa computacional, em relação à sua característica de funcionalidade, foi observado que 92,38% dos entrevistados aprovaram o programa. Nos quesitos objetivo e confiabilidade do programa, foi observado que 100% dos entrevistados o aprovaram. Em relação à característica de projeto visual, foi observado que 89,85% dos entrevistados aprovaram o programa, enquanto que em relação à sua característica de compatibilidade, foi observado que 84,46% dos entrevistados o aprovaram. De acordo com a avaliação da característica de

aplicabilidade, foi observado que 94,78% dos entrevistados aprovaram o programa, e em relação à sua característica de usabilidade, foi observado que 99,09% dos entrevistados aprovaram o programa. Não foram computados votos de desaprovação do programa neste quesito.

## CONCLUSÕES

A partir do programa computacional desenvolvido, tornou-se possível a execução de tarefas para cálculos de seleção de engrenagens para semeadoras de precisão de forma simplificada, usando a internet sem a necessidade de instalação de programas específicos.

O programa obteve boa aprovação em itens específicos como funcionalidade, objetivo, projeto visual, compatibilidade, aplicabilidade, confiabilidade e usabilidade.

O programa permite livre acesso a qualquer usuário que interessar, não possuindo senha ou regra para sua execução, porém os códigos fontes dos programas são indisponíveis aos usuários, protegendo os direitos autorais dos desenvolvedores.

O programa apresenta a vantagem de ser oferecido sem a necessidade de arquivo de instalação, bastando o usuário ter acesso a rede internet. Porém, há a versão de instalação remota no modo PHP-GTK, caso o usuário não tenha acesso à internet.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Standards 2003. Agricultural Machinery Management Data**. St. Joseph, 2003. ASAE D497. 4.

BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R.; BALASTREIRE, L.A.; CAIXETA FILHO, J.V. Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 355-363, 2004.

BORGES, I.O.; MACIEL, A.J.S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 131-141, 2006.

GARCIA, R.F.; QUEIROZ, D.M.; GARCIA, R. Otimização do projeto de um rotor de corte de uma colhedora de forragem. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 17, p. 92-104, 1998.

GLADCHEFF, A.P. **Um instrumento de avaliação da qualidade para software educacional de matemática**. 2001. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

KLAVER, P.P.C. **Desenvolvimento de programas computacionais visando a otimização de operações agrícolas mecanizadas**. 2009. 55 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

KLAVER, P.P.C. **Desenvolvimento de fórum eletrônico de discussão on line sobre clínica fitossanitária e análise sobre a atividade no Brasil**. 2006. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006.

LOPES, J. D. S.; MANTOVANI, E. V.; PINTO, F. A. C., QUEIROS, D. M. Desenvolvimento de um programa computacional para selecionar, economicamente, um sistema de mecanização agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 537-542, 1995.

MEIRA, C. A. A.; MANCINI, A. L.; MAXIMO, F. A.; FILETO, R.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. Agroinformática: qualidade e produtividade na agricultura.



Cadernos de **Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 175-194, 1996.

MERCANTE, E., SOUZA, E.G., JOHANN, J.A., GABRIEL FILHO, A., URIBE-OPAZO, M.A. PRAPRAG - Software para planejamento racional de máquinas agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 322-333, 2010.

ZANONI, A. P.; BORGES, J. C. N.; RIBEIRO, L. G. C. **Dimensionamento em software do sistema agrícola mecanizado**. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.