

## **TESTES EXPERIMENTAIS DO CONSUMO DE POTÊNCIA NO EIXO DE ACIONAMENTO DE UMA ADUBADORA A TAXA VARIÁVEL PARA USO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**ANTONIO CARLOS VALDIERO<sup>1</sup>, RONEI OSVALDO ZIECH<sup>2</sup>, MAURÍCIO DA  
SILVA PINTO<sup>3</sup>, JOÃO ANTONIO CERVI<sup>4</sup>, LUIZ ANTONIO RASIA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Dr. Eng. Mec., bolsista Produtividade CNPq, DCEEng/UNIJUÍ Campus Panambi, (55) 3375-4466, valdiero@unijui.edu.br

<sup>2</sup> Mestrando Mod. Mat., bolsista CNPq, DCEEng/UNIJUÍ Campus Panambi

<sup>3</sup> Mestrando Mod. Mat., DCEEng/UNIJUÍ Campus Panambi

<sup>4</sup> M. Eng. Agr., DCEEng/UNIJUÍ Campus Panambi

<sup>5</sup> Dr. Eng. Ele., DCEEng/UNIJUÍ Campus Panambi

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** Apresentam-se os testes experimentais do consumo de potência no eixo de acionamento de uma adubadora a taxa variável voltada para aplicações na agricultura de precisão. O problema abordado é a necessidade de estimativa da potência real consumida em dispositivos dosadores de fertilizantes utilizados na agricultura de precisão, permitindo a adequada especificação do sistema de potência para acionamento e a validação da modelagem e controle a taxa variável. O objetivo é medir e avaliar o consumo de potência de uma adubadora comercial a diferentes taxas de adubação com fertilizante usual. A metodologia utilizada é baseada na análise das necessidades, no projeto e na construção de uma bancada instrumentalizada com motor hidráulico para testes do protótipo da adubadora. O protótipo experimental foi testado no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ com apoio da IMASA, do FINEP e do CNPq. Os testes com a adubadora montada permitiram o cálculo dos valores de vazão volumétrica consumida e da pressão de carga no motor hidráulico, possibilitando assim a estimativa da potência consumida. Esta pesquisa visa contribuir para mecanização da agricultura de precisão de baixo custo e no desenvolvimento de inovações para transferência tecnológica em empresa nacional fabricante de semeadora-adubadora.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubadora a taxa variável, mecanização da agricultura de precisão, dosador de fertilizante

### **EXPERIMENTAL TESTS OF POWER CONSUMPTION ON THE DRIVE SHAFT OF A VARIABLE RATE FERTILIZER FOR USE IN PRECISION AGRICULTURE**

**ABSTRACT:** This work presents experimental tests of power consumption on the drive shaft of a variable rate fertilizer targeted for applications in precision agriculture. The addressed problem is the need to estimate the actual consumed power in fertilizer dosing devices used in precision agriculture, allowing the correct specification of the power system to drive and the validation of modeling and variable rate control. The aim is to measure and to evaluate the power consumption of a commercial fertilizer in different fertilization rates with usual fertilizer. The used methodology is based on the needs analysis, design and construction of an instrumented bench with hydraulic motor for fertilizer prototype testing. The experimental prototype was tested at the Innovation Center for Automatic Machines and Servo Systems (NIMASS) in UNIJUÍ University with support by IMASA, FINEP and CNPq. Tests with fertilizer mounted allowed the calculation of the volumetric flow rates consumed and the load pressure of the hydraulic motor, thus enabling the estimated consumed power. This research

intends to contribute for the low cost mechanization of precision agriculture and the innovations development to technology transfer in fertilizer-seeder manufacturer national company.

**KEYWORDS:** variable rate fertilizer, precision agriculture mechanization, fertilizer applicator

## **INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta os testes do protótipo experimental de uma adubadora de fertilizante sólido a taxa variável com cinco dosadores helicoidais montados numa bancada instrumentalizada, cujos resultados permitem identificar a potência consumida e priorizar aspectos de melhoria do projeto do acionamento e do sistema de controle a taxa variável.

De acordo com diversos autores (MACHADO et al., 2015; MOLIN,2004; SCHUELLER, 1992), na agricultura de precisão já se tem um avanço na elaboração dos mapas de variabilidade (por exemplo: mapas de produtividade e de fertilidade) e no Sistema de Posicionamento Global (GPS), sendo que o desafio atual é a precisão das máquinas de aplicação à taxa variável (MACHADO et al., 2015).

A agricultura de precisão é uma forma moderna de gerenciamento agrícola que permite a aplicação e a integração modular das diversas tecnologias inovadoras para o tratamento localizado das culturas, uma vez conhecida a variabilidade espacial dos fatores determinantes da produtividade, busca-se a aplicação de dosagens distintas de fertilizante de acordo com a necessidade do solo.

Dentro deste contexto, Machado et al. (2015) ressaltam a importância da atuação precisa das máquinas agrícolas para o desenvolvimento da agricultura de precisão e do manejo localizado. Schueller (1992) destaca que a aplicação de defensivos e fertilizantes tem sido área de concentração de esforços em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias.

O principal problema abordado neste trabalho é a necessidade de estimativa da potência real consumida em dispositivos dosadores de fertilizantes utilizados na agricultura de precisão, permitindo a adequada especificação do sistema de potência para acionamento e a validação da modelagem e controle a taxa variável.

Daí a importância da pesquisa e desenvolvimento de um equipamento inovador e apropriado que contribua para melhoria funcional da aplicação de fertilizantes sólidos no contexto da agricultura de precisão.

A próxima seção apresenta uma breve revisão bibliográfica da aplicação de tecnologias inovadoras em sistemas agrícolas, na sequência descreve-se a metodologia utilizada e, logo em seguida, tem-se uma breve descrição da bancada instrumentalizada construída para os testes de avaliação do consumo de potência. Os resultados obtidos nos testes de consumo de potência dos dosadores a taxa variável são então apresentados. Por fim, têm-se as conclusões e perspectivas futuras da pesquisa.

## **BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Esta seção apresenta uma breve revisão bibliográfica com uma visão geral do potencial de aplicação de tecnologias que podem ser utilizadas em sistemas agrícolas para o aumento da produção com a redução de custos e a proteção dos recursos naturais e da saúde humana. A FIGURA 1 ilustra um exemplo de fluxo de trabalho dividido em etapas e tarefas características de um sistema agrícola, onde se faz um paralelo da diversidade de tecnologias

modernas integráveis e aplicáveis a cada etapa, mesmo diante das variabilidades casual e sistemática dos atributos do solo, do clima, das pragas e das condições de manejo, produção e conservação.

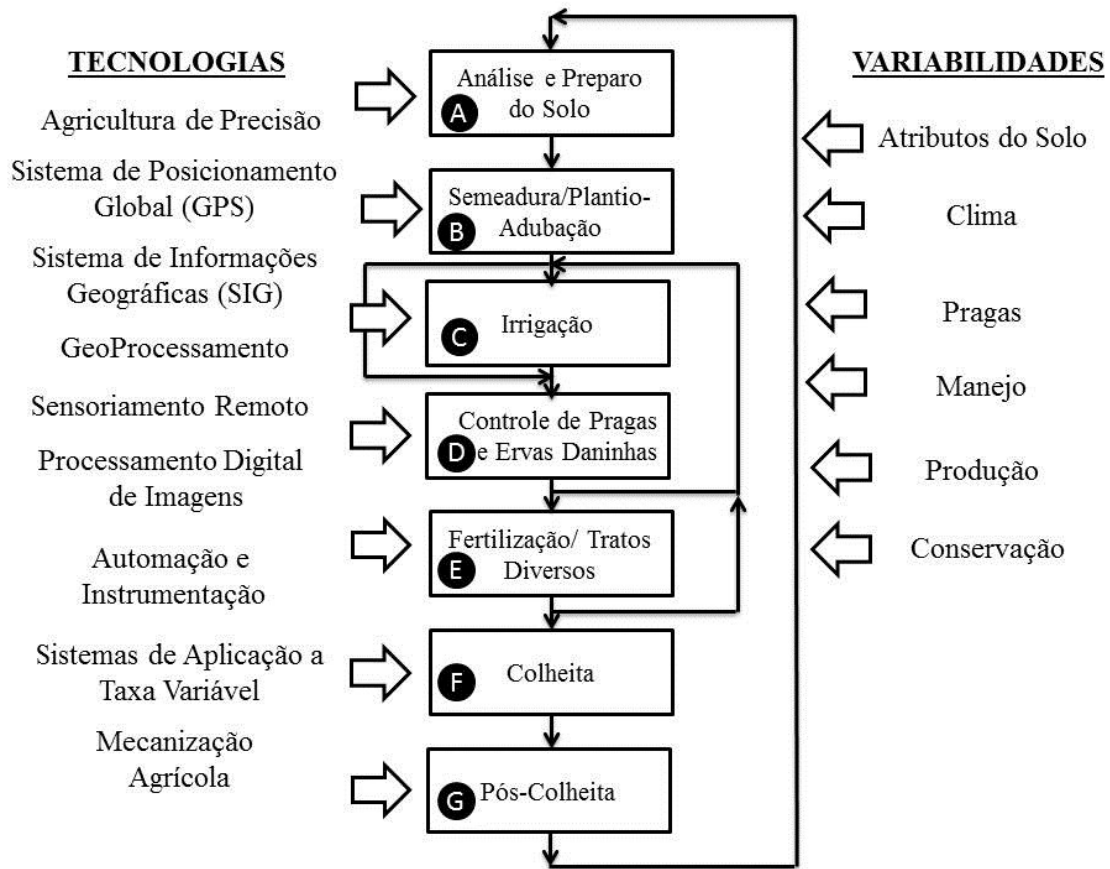


FIGURA 1. Diagrama esquemático de um exemplo de fluxo de trabalho num sistema agrícola e o potencial de aplicação de tecnologias no contexto da variabilidade dos atributos do solo, do clima, das pragas e das condições de manejo, produção e conservação. (Fonte: Valdiero et. al., 2015)

A aplicação de tecnologias em sistemas agrícolas inicia-se com a humanização do trabalho pesado e repetitivo por meio da mecanização agrícola desde a etapa (A) de análise e preparo do solo, onde se desenvolvem equipamentos para coleta de amostras, para determinação da estrutura do solo e da camada compactada, para a análise dos atributos do solo (ph, nutrientes, matéria orgânica, etc) e sua devida correção; até a etapa final (G) de beneficiamento, armazenagem e transporte, que também pode incluir a certificação do produto agrícola (impurezas, orgânicos, etc.). A mecanização agrícola pode ser feita na sua forma mais simples composta de mecanismos, de sistemas de produção e transmissão de potência e comandos manuais, ou desenvolvida em alto nível tecnológico com módulos de eletrônica embarcada, sistema de posicionamento global (GPS), automação e robotização, sistemas de aplicação de taxa variável, sistemas de controle automático, sensoriamento, processamento digital de imagens, sensoriamento remoto e/ou sistemas informatizados de geoprocessamento, de informações geográficas e de planejamento agrícola.

A agricultura de precisão é uma forma moderna de gerenciamento agrícola das etapas e atividades da produção de uma cultura. Ela permite a aplicação e a integração modular das

diversas tecnologias inovadoras para o tratamento localizado das culturas, uma vez conhecida a variabilidade espacial dos fatores determinantes da produtividade. A agricultura de precisão trouxe importantes contribuições para os sistemas agrícolas, produzindo novos níveis de eficiência nos aspectos quantitativos e qualitativos. Diante deste cenário, é possível perceber a profissionalização do produtor e a utilização de um nível tecnológico maior, como sementes melhoradas, fertilizantes, análise e correção do solo, plantio direto, máquinas e implementos agrícolas que utilizam sensores e aparelhos de posicionamento global (GPS) para levantamento de dados e aplicação de insumos à taxa variável (UMEZU, 2003). Analisando esses avanços tecnológicos, as semeadoras-adubadoras são fundamentais para a agricultura de precisão. Além do plantio direto e da adubação a taxa variável, esse equipamento permite o tratamento detalhado sobre os pontos específicos para a aplicação de diversos insumos, favorecendo a preservação dos recursos naturais. Para Neri e Nery (2015), a agricultura de precisão pode ser utilizada para elevar a eficiência econômica da adubação em áreas cultivadas.

Nesse sentido, Machado et al. (2015), ressalta que para o desenvolvimento da agricultura de precisão é necessário à atuação precisa das máquinas agrícolas e do manejo localizado. Molin (1997), já observava que mesmo após o mapeamento da área de cultivo, são necessários equipamentos para aplicações precisas de acordo com a necessidade de cada ponto, considerando a heterogeneidade do solo. A principal dificuldade encontrada para a dosagem e aplicação de fertilizantes à taxa variável está relacionada à precisão dos dispositivos dosadores, mostrando diferenças entre a taxa pretendida e a taxa real de descarga. Reis e Forcellini (2006) aplicaram um questionário de campo com agricultores, pesquisadores, vendedores e projetistas com o objetivo de identificar as principais necessidades para o desenvolvimento de um dosador de precisão. De acordo com os autores, as principais necessidades apontadas são: facilidade na regulagem de aplicação, precisão e fácil manutenção.

A partir do sistema de informações geográficas é possível ter as informações espaciais referentes à produtividade e fertilidade do solo e então a etapa (B) de semeadura e adubação pode incluir a tecnologia de aplicação de adubo a taxa variável a partir de um receituário agrônomo. A FIGURA 2 ilustra um esquema de funcionamento de uma concepção de semeadora-adubadora a taxa variável.



FIGURA 2. Esquema de sensoriamento e controle de uma semeadora-adubadora a taxa variável. (Fonte: Valdiero et. al., 2015)

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o sucesso do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da bancada experimental instrumentalizada para avaliação da potência consumida na adubadora a taxa variável, utilizou-se de metodologias de Gerenciamento de Projetos e Desenvolvimento de Produtos (GPDP), conforme proposto nas melhores literaturas científicas da área (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2009; BACK et. al, 2008; BRALLA, 1999). A metodologia adotada na execução do projeto compôs-se da definição da estratégia competitiva (foco, produto e campo) com alinhamento e sinergia do parceiro apoiador (empresa fabricante de semeadora-adubadora), da sistematização das etapas de desenvolvimento científico-tecnológico, do uso de infraestrutura laboratorial (equipamentos, softwares e instrumentação) num espaço físico adequado e de recursos humanos qualificados (pesquisadores doutores, mestres e especialistas, além de auxiliares) na UNIJUÍ Campus Panambi (Campus Temático Metal Mecânico), mantida pela Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – FIDENE.

A FIGURA 3 apresenta as principais etapas da metodologia de projeto de P&D com enfoque na etapa de testes e modificações do protótipo da bancada para avaliação do consumo de potência de adubadoras. Uma visão sistemática do planejamento de testes de equipamentos é apresentada por Back e Leal (1991), com a discussão dos diversos tipos de testes aplicados ao longo das fases do ciclo de vida do produto, sendo que em cada fase pode-se realizar um tipo de teste apropriado.

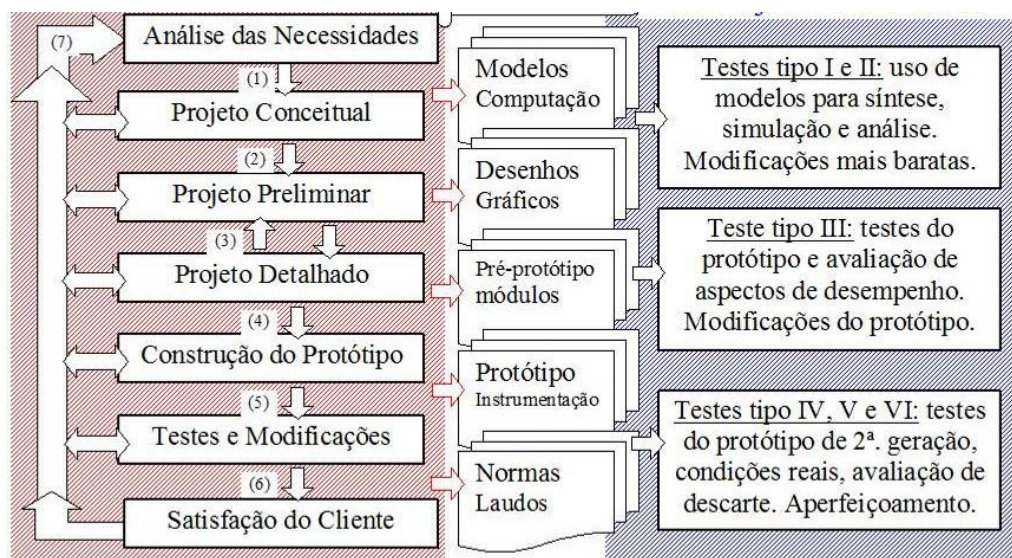


FIGURA 3. Processo de desenvolvimento de produto: etapas da metodologia de Pesquisa Aplicada e os tipos de Testes do Protótipo da bancada.

Neste trabalho são apresentados os resultados do teste tipo III que é utilizado na fase final do projeto detalhado e na fase de fabricação do protótipo dos módulos, onde é possível realizar testes experimentais e demonstrações formais num protótipo da bancada em laboratório. Um planejamento de testes tipo III do protótipo pode constituir-se numa série de testes individuais que visam avaliar os aspectos principais de desempenho das funções para as quais foi projetado.

## DESCRIÇÃO DA BANCADA INSTRUMENTALIZADA PARA TESTES

A bancada instrumentalizada foi projetada e construída para realizar os testes experimentais de uma adubadora composta por um conjunto de dosadores helicoidais de fertilizantes por transbordo. Foi testado o dosador comercial da marca FertiSystem, cujo desenho é mostrado na FIGURA 4.

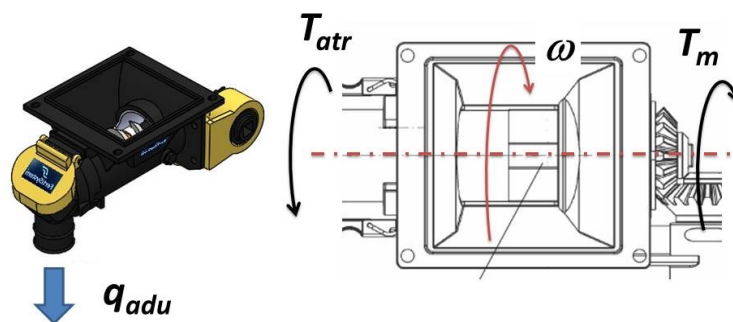


FIGURA 4. Desenho do dosador helicoidal de fertilizantes por transbordo da marca FertiSystem e seu diagrama de corpo livre.

A FIGURA 5 apresenta um desenho esquemático da bancada instrumentalizada para testes de consumo de potência de adubadoras de fertilizantes sólidos e na FIGURA 6 é mostrada a fotografia do protótipo da bancada. Os deslocamentos angulares do eixo do motor hidráulico e do eixo de acionamento dos dosadores são medidos por sensores do tipo encoder incremental e as pressões do fluido hidráulico por transdutores. Para a aquisição de sinais e o comando da bancada utiliza-se uma placa eletrônica dSPACE 1104 montada em microcomputador.

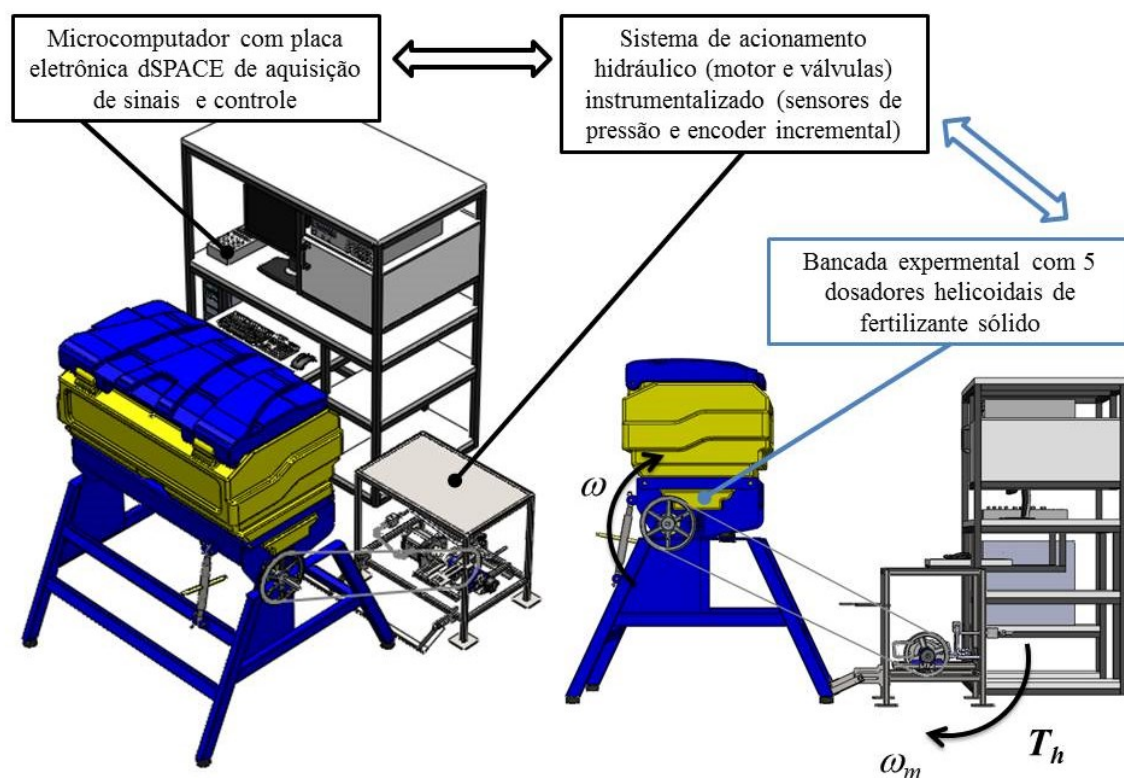


FIGURA 5. Projeto da bancada de testes de consumo de potência de adubadoras.

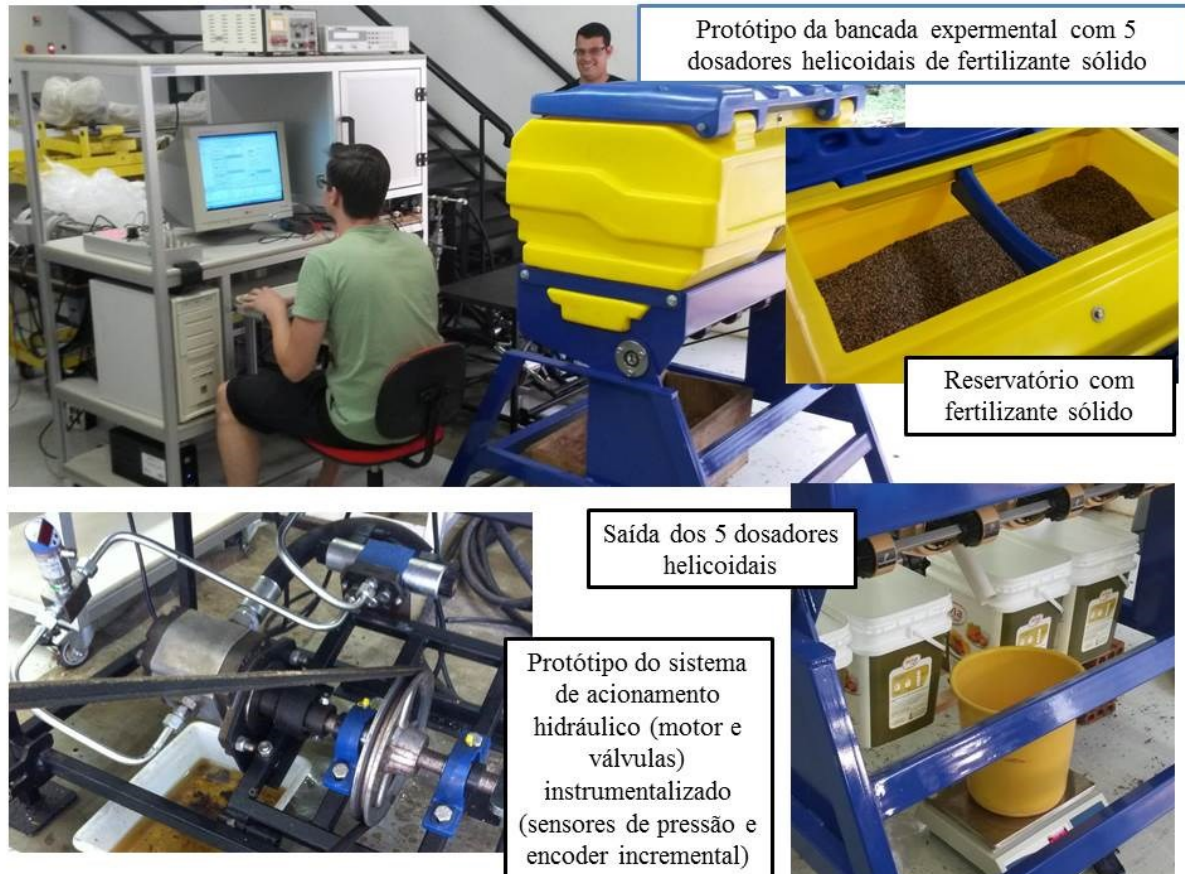


FIGURA 6. Protótipo da bancada de testes de consumo de potência de adubadoras com destaque para o sistema de acionamento hidráulico, reservatório de fertilizante e saída dos dosadores com medição da massa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados dos testes de consumo de potência de adubadoras. A partir da placa eletrônica de aquisição de sinais são realizadas as medições do deslocamento angular e das pressões de carga no motor hidráulico no protótipo descrito na seção anterior. Pode-se estimar a potência consumida na adubadora de fertilizantes através da medição da potência hidráulica  $P_{hid}$  fornecida pelo motor e dada pela Equação (1):

$$P_{hid} = p \cdot Q \quad (1)$$

onde  $p$  é a pressão de carga no motor hidráulico obtida por meio da medição com transdutores de pressão e  $Q$  é a vazão volumétrica no motor.

A vazão volumétrica pode ser calculada multiplicando-se o deslocamento volumétrica (característica construtiva do motor, no presente igual a  $37,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{rotação}$ ) pela rotação medida nos encoders incrementais).

A FIGURA 7 mostra a dinâmica temporal das pressões no motor hidráulico durante o funcionamento da adubadora em um dos testes realizados com o reservatório vazio e com fertilizante sólido. Nota-se que as pressões no motor hidráulico apresentam picos quando os dosadores estão trabalhando com adubo, o que é esperado devido à característica do fertilizante sólido, mas mantem uma faixa de valores durante a dosagem de fertilizante. Este fato evidencia que os vazamentos de ar foram minimizados e que as novas vedações do protótipo estão adequadas. Considerando-se um trecho do movimento do eixo do motor de acionamento da adubadora entre os instantes de 20 a 120 segundos na FIGURA 8, pode-se avaliar a rotação do motor e sua velocidade angular durante os testes.

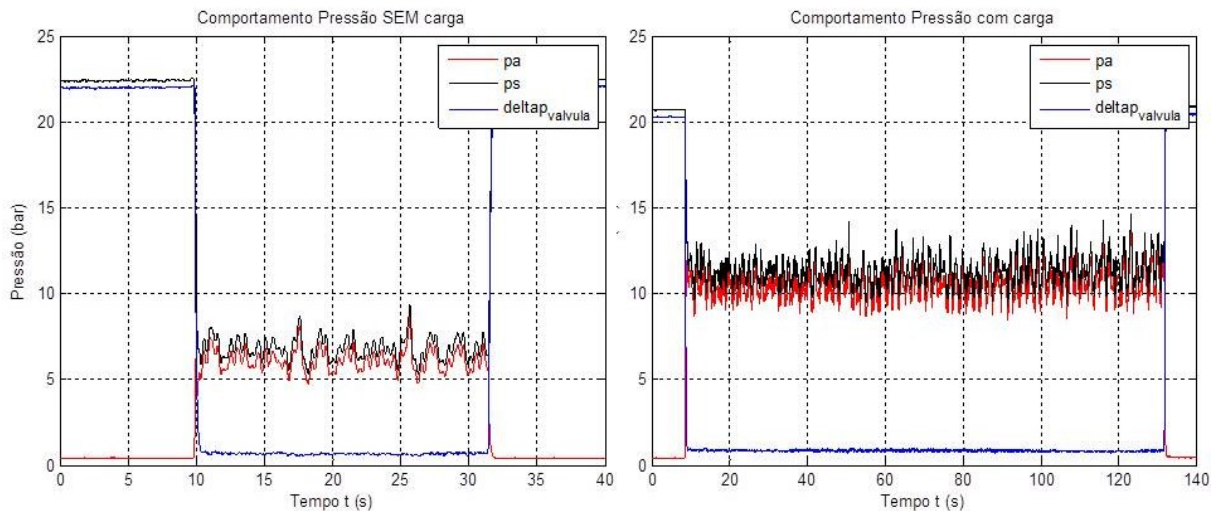


FIGURA 7. Gráfico das pressões no motor hidráulico ( $p_a$  é a pressão de carga) para pressão de suprimento  $p_s$ .

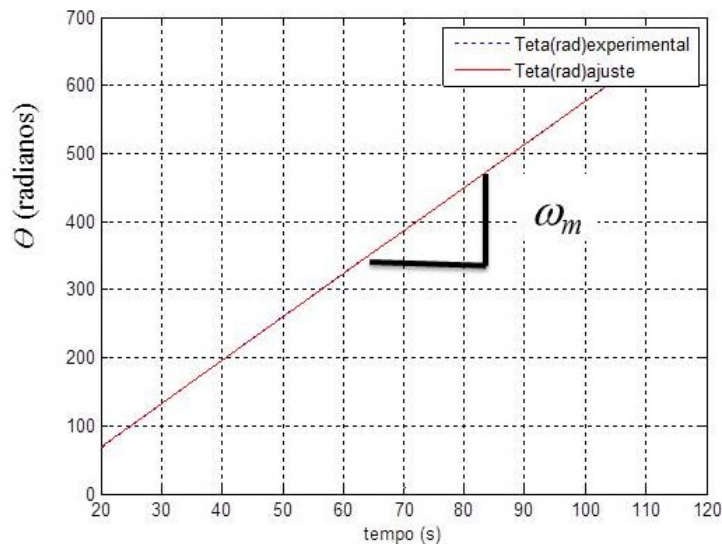


FIGURA 8. Gráfico do movimento do eixo do motor de acionamento da adubadora entre os instantes de 20 a 120 segundos.

Nos testes de laboratório, os resultados permitiram avaliar os seguintes aspectos: facilidade de avaliar diversas condições de trabalho da adubadora (vazia, cheia, na horizontal e com diferentes inclinações); potência média consumida de 100 kWatts e pico em 125 kWatts na pior condição e para a adubadora com 5 dosadores.

## CONCLUSÕES

Os resultados dos testes da bancada instrumentizada com motor hidráulico, desenvolvida em um projeto de pesquisa aplicada, mostram a importância da utilização de uma metodologia de projeto com forte ação de gestão e com a utilização de ferramentas modernas para avaliação do comportamento do equipamento e da melhoria e melhor dimensionamento do seu projeto. Muitos aspectos observados nos testes do protótipo experimental demonstrativo permitiram avaliar a potência consumida para fins de dimensionamento e especificação do acionamento hidráulico da adubadora. Pretende-se assim contribuir para o desenvolvimento de novos equipamentos no contexto da agricultura familiar.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores também são agradecidos à FAPERGS e ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica e desenvolvimento tecnológico, à UNIJUÍ pelo apoio e incentivo na realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri: Manole, 2008. 601 p.
- BACK, N.; LEAL, L. C.M. *Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais*. Revista Produção. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 61-69, outubro/1991.
- BRALLA, J. G. *Handbook of product design for manufacturing*. 2. ed. New York: McGraw Hill, 1999.
- FURLANI, C. E. A. et al . Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. *Cienc. Rural*, Santa Maria , v. 35, n. 4, p. 920-923, Aug. 2005.
- MACHADO, O. D. da C. et al . Acurácia das semeadoras-adubadoras à taxa variável. *Cienc. Rural*, Santa Maria , v. 45, n. 7, p. 1205-1213, July 2015 .
- MOLIN, J. P. *Tendências da Agricultura De Precisão no Brasil*. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, n. 19, p. 1–10, 2004.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (guia PMBOK)*. 4 ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2009.
- SCHUELLER, J. K. *A review end integrating analysis of Spatially-Variable Crop Control of crop production*. Fertilizar Research, The Hague, vol. 33, p. 1573-0867, 1992.
- VALDIERO, A. C., HECK, T. G., SILVA, J. A. G. Tecnologias inovadoras aplicadas em sistemas agrícolas. In: *Sistemas agropecuários e saúde animal*. 1 ed. Ijuí : UNIJUÍ, 2015, v.1, p. 63-86.