

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PROJETO CONCEITUAL DE UMA BANCADA INSTRUMENTALIZADA PARA TESTES DE UM SISTEMA DOSADOR DE ADUBO À TAXA VARIÁVEL COM ACIONAMENTO HIDRÁULICO

Ronei Osvaldo Ziech, roneiziech@gmail.com¹
Mauricio da Silva Pinto, mauriciospinto@gmail.com¹
Felipe Oliveira Bueno, felipe.ob127@yahoo.com¹
João Antonio Cervi, joao.cervi@unijui.edu.br¹
Nataniel Cavagnolli, nataniel-cavagnolli@bol.com.br¹
Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹
Luiz Antônio Rasia, rasia@unijui.edu.br¹

¹ Universidade Regional da Fronteira Noroeste (UNIJUI), Caixa Postal 121, Cep 98280-000, Panambi- RS.

Resumo: O objetivo é apresentar o projeto conceitual de uma bancada instrumentalizada para testes de um mecanismo dosador de adubo com acionamento hidráulico. Dentro do contexto da agricultura de precisão, que trata da administração e gerenciamento localizado do solo, os dosadores de adubo à taxa variável tem a finalidade de permitir a aplicação de adubo com dosagem específica de acordo com as necessidades localizadas do solo. O principal problema encontrado para a dosagem e aplicação de fertilizantes à taxa variável está relacionado à precisão dos dispositivos dosadores, apresentando diferenças entre a taxa pretendida e a taxa real de descarga. Buscando-se alternativas para resolução do problema, desenvolveu-se a concepção de uma bancada instrumentalizada com um sistema de aquisição, em tempo real, para testes experimentais da taxa de aplicação de fertilizantes. Os testes permitem a determinação dos parâmetros de um modelo matemático formulado para a dinâmica do dosador de adubo. Os resultados obtidos ilustram as características do sistema dosador de adubo e a validação do controle à taxa variável. A metodologia de projeto utilizada é baseada na análise das necessidades de utilização do equipamento e do projeto conceitual. A bancada experimental foi desenvolvida no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUI com apoio da IMASA, do FINEP e do CNPq. 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: Bancada experimental, Dosador de adubo, Taxa variável.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente na agricultura é fundamental o conhecimento das características e necessidades do solo para o desenvolvimento da produtividade nas lavouras. Diante desta realidade, a agricultura de precisão busca fazer em grandes áreas o que pequenos agricultores fizeram historicamente, o tratamento individualizado de cada parte da propriedade considerando os avanços científicos existentes (Molin, 2008). De acordo com Schueller (1992), agricultura de precisão é uma filosofia de trabalho pode ser entendida através do cuidado detalhado do solo e da cultura considerando as diferenças da lavoura, reduzindo os custos da produção e os impactos ambientais.

Além do estudo das propriedades existentes no solo, o tratamento individualizado de cada pequena porção de área cultivada tem proporcionado o aprimoramento dos sistemas agrícolas e produzido novos níveis de eficiência nos aspectos quantitativos e qualitativos. Essa eficiência é resultado da profissionalização do produtor e a utilização de um nível tecnológico maior, como sementes melhoradas, fertilizantes, análise e correção do solo, plantio direto, tecnologias inovadoras (Valdiero *et al.*, 2015) em 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).

Em relação à adubação, distintos pesquisadores abordam a necessidade de qualidade na aplicação de fertilizantes para evitar a perda de produtividade e o desperdício de material utilizado. Sobre isso, Machado *et al.* (2015), ressalta a necessidade da atuação precisa das máquinas agrícolas. O autor realizou um levantamento sobre o desempenho dos equipamentos de aplicação de defensivos à taxa variável e verificou a baixa acurácia, além de distorções na dosagem de adubo de muitos desses equipamentos. 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.

Contudo, na literatura específica encontram-se diversos autores com diferentes propostas para potencializar a precisão da adubação à taxa variável. Destacam-se Umezu (2003) que aborda um sistema de dosagem à taxa variável com acionamento de um motor hidráulico e controle do sistema realizado com o auxílio de um aplicativo computacional para assegurar a precisão das rotações desejadas para os dosadores; Garcia (2011) que trabalha com um sistema de controle fuzzy para dosadores helicoidais de fertilizantes com acionamento elétrico; Martins (1999) estuda o comportamento de um dosador helicoidal utilizado por uma semeadora-adubadora de trigo e utiliza o dosador para a aplicação de fertilizantes sólidos à taxa variável; Dellamea (2008) realiza uma avaliação da eficiência da adubação à taxa variável em áreas manejadas com agricultura de precisão no Rio Grande do Sul, com diferentes níveis tecnológicos e apresenta resultados relacionados ao aumento da produtividade e a economia na quantia total de insumos.

No entanto, apesar das diferentes abordagens referentes à precisão da adubação à taxa variável não há referência bibliográfica específica sobre o projeto conceitual de uma bancada para testes experimentais que permitem a implementação de sistemas completos e que apresentem as características técnicas de um sistema real de aplicação localizada de fertilizantes. Portanto, a principal contribuição deste trabalho é apresentar um projeto conceitual de uma bancada experimental instrumentalizada para testes de um sistema dosador de adubo à taxa variável com acionamento hidráulico, com o objetivo analisar a dinâmica do sistema dosador, em condições controladas, para a determinação de parâmetros e validação do modelo matemático de controle.

Nesse sentido, a bancada para testes experimentais de um sistema dosador de adubo permite a aquisição, em tempo real, de dados e parâmetros que influenciam na precisão do sistema dosador. Outro fator importante relacionado aos testes é a comparação entre taxa pretendida e a taxa real de descarga, ou seja, se a quantidade de adubo necessária para correção dos nutrientes do solo é igual à quantidade de adubo na saída do dosador. Facilitando assim a investigação de problemas relacionados à aplicação localizada de fertilizantes.

Descreve-se na seção seguinte a análise das necessidades e logo após o projeto conceitual de uma bancada instrumentalizada para testes de um sistema dosador de adubo à taxa variável acionado hidraulicamente, utilizando-se para isto da metodologia de projeto de sistemas mecatrônicos (Valdiero e Rasia, 2016).

2. ANÁLISE DAS NECESSIDADES

A etapa de análise das necessidades visa identificar as reais necessidades para o projeto de pesquisa e desenvolvimento dentro do contexto do ciclo de vida do produto, resultando no conhecimento dos requisitos e restrições de projeto (Valdiero, 2008).

Em relação às principais dificuldades encontradas para a aplicação de fertilizantes à taxa variável, 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 regulação de aplicação, precisão e fácil manutenção.

De acordo com Linsingen (2001), a utilização de um motor hidráulico justifica-se porque esses sistemas possuem características relevantes a esta aplicação, tais como:

- a) Baixa relação peso/potência, ou seja, a possibilidade de grandes forças e torques elevados através de motores relativamente pequenos;
- b) Bom comportamento em relação ao tempo, ou seja, resposta rápida à partida e inversão de movimento sob carga, devido aos baixos momentos de inércia;
- c) Adaptação automática de força ou torque;
- d) Possibilidade de variação contínua de torque e rotação nos atuadores rotativos, por meio de controle e ajuste;
- e) Sistemas adequados tanto para o controle de processos em que o movimento é rápido quanto para o movimento de precisão extremamente lento;
- f) Segurança eficaz contra sobrecargas através do uso de válvulas limitadoras de pressão, evitando danos ao sistema;
- g) Lubrificação dos componentes pelo próprio fluido de trabalho;
- h) Armazenamento de energia relativamente simples, por meio de acumuladores hidropneumáticos;
- i) Possível combinação com sistemas mecânicos, elétricos e pneumáticos;
- j) Utilização em condições ambientais adversas, desde que os devidos cuidados construtivos sejam considerados.

Algumas limitações também são apresentadas por Linsingen (2001), as quais são:

- a) Custo elevado comparado aos sistemas mecânicos elétricos compatíveis;
- b) Perda de potência ocasionada pelo atrito viscoso;
- c) Perdas ocasionadas por vazamentos internos e externos, devido a folgas, que diminuem a eficiência do sistema e comprometem a precisão dos movimentos;

d) A compressibilidade do fluido hidráulico, apesar de por norma se considerar incompressível, tal não é totalmente correto. Pois, pode-se comprometer a precisão de deslocamento e a sincronização dos movimentos dos atuadores (motores lineares ou rotativos);

e) A presença de ar livre no sistema, que pode provocar movimento não uniforme e pulsante dos atuadores;

f) Elevada dependência da temperatura, provocando-se alteração da viscosidade do fluido.

Diante dessas necessidades, a construção da bancada favorece a redução de custos, a redução no tempo de testes, o aumento da eficiência e a identificação de falhas no sistema com maior rapidez. Através de um projeto conceitual de uma bancada instrumentalizada para testes de um sistema dosador de adubo à taxa variável com acionamento hidráulico, objetiva-se detalhar o mecanismo aplicador de torque (sistema de acionamento) e apresentar uma alternativa de realizar testes experimentais para contribuir para o avanço tecnológico empregado nas semeadoras-adubadoras utilizadas na agricultura de precisão.

Atualmente, semeadoras-adubadoras são equipamentos agrícolas responsáveis pelo plantio direto e adubação à taxa variável. Esse equipamento permite ainda o tratamento detalhado sobre os pontos específicos para a aplicação de insumos, favorecendo a preservação do meio ambiente e reduzindo os custos com a produção.

No mercado nacional existem diversos modelos de semeadoras-adubadoras para a utilização em pequenas, médias e grandes propriedades. Considerando-se o sistema dosador das semeadoras-adubadoras, existem vários fatores que influenciam no desempenho e no funcionamento ideal dessas máquinas agrícolas. Fator importante é a umidade do fertilizante, podendo ocorrer formação de “pelotas” durante a aplicação. Para isso, os dosadores helicoidais são os mais recomendados para a solução desse tipo de problema por possuírem uma rosca sem fim e quebrarem com facilidade essas “pelotas”. Além de resolver o problema da umidade, os dosadores helicoidais por transbordo da Fertisystem, desenvolvidos pela empresa Agromac, apresentam os melhores resultados em relação aos demais modelos encontrados no mercado. Esses dosadores possuem a opção de regulagem da dosagem de fertilizante através da mudança do “passo” da rosca sem fim (passo rosca sem fim de $\frac{3}{4}$, 1", $1\frac{1}{2}$ " e 2") . De acordo com a empresa fabricante, os menores passos ocorrem menores oscilações na dosagem de fertilizantes, mesmo em ambientes com inclinações longitudinais (Siqueira, 2007).

No entanto, além de um dosador que garanta a qualidade é necessário o controle preciso da aplicação de fertilizantes para evitar adubações desnecessárias ou quantidades ineficientes. Para auxiliar na solução do problema, um modelo matemático de controle será utilizado para relacionar o torque do sistema de acionamento com a quantidade de adubo despejada. Os testes realizados através de uma bancada com acionamento hidráulico permitem o cálculo dos valores de vazão volumétrica consumida e pressão de carga, possibilitando mensurar a potência exigida pelo sistema e o torque do motor para o acionamento do sistema dosador.

O uso da adubação corresponde diretamente ao aumento dos ganhos de produtividade, ressaltando desta forma a necessidade da eficiência nessa etapa para maximizar os retornos em relação aos investimentos. Do ponto de vista do processo produtivo, o NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) se trata de uma forma mais rápida, eficiente e de menor custo operacional, devido à vantagem das mais diversas combinações de proporção de cada nutriente, de acordo com a cultura explorada. Exemplo característico desse tipo de adubação ocorre em lavouras produtora de grãos como milho, soja, girassol e outras.

Em relação à adubação, devem-se considerar ainda os problemas que podem interferir na produtividade e na viabilidade econômica das lavouras. Dentre os principais problemas, pode-se destacar o excesso de umidade durante a aplicação que causa o empedramento do adubo, ocasionando diferenças na aplicação do adubo na planta e prejudicando o desenvolvimento vegetativo e produtivo das culturas. Esse fenômeno resulta em uma massa com tamanho maior que das partículas originais, o que exige maior força dos componentes mecânicos para a descompactação das “pedras” de adubo.

Outra necessidade é a fonte de potência. No país, os tratores são utilizados em maior escala e permitem o acoplamento das semeadoras-adubadoras, no engate de três pontos do sistema hidráulico ou pelo acionamento da tomada de potência (TDP), responsável em proporcionar potência aos implementos agrícolas (Balastreire e Coelho, 2000). Através disso, pode-se variar a quantidade de sementes ou adubo que são depositados no solo através do controle da vazão na bomba hidráulica.

Em relação à velocidade de deslocamento do trator, deve ser definida levando-se em consideração o projeto de cada trator e a relação de transmissão do motor para TDP. A seguir, na Tab. 1, apresenta-se a relação entre velocidade de plantio e quantidade de adubo por hectare.

Tabela 1. Relação entre velocidade e quantidade de adubo por hectare

Referências	Mínima	Máxima
Velocidade de Plantio	4 km/h	12 km/h
Quantidade de adubo por hectare	140 kg/h	363 kg/h

A partir da análise das necessidades a seção seguinte descreve o projeto conceitual e a concepção da bancada experimental instrumentalizada para testes de um sistema dosador de adubo à taxa variável.

3. PROJETO CONCEITUAL E CONCEPÇÃO DA BANCADA EXPERIMENTAL

O projeto conceitual é a parte do processo de projeto onde as técnicas de criatividade, a elaboração de estruturas de funções, a procura por princípios de solução, suas combinações na síntese de concepções e as técnicas de avaliação são aplicadas com o propósito de se chegar a uma solução conceitual viável e capaz de resolver o problema (Valdiero, 2008).

Para o desenvolvimento da bancada foram utilizados os recursos e equipamentos disponíveis no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), da Universidade Regional da Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul, campus Panambi, RS. Além disso, o projeto teve auxílio de uma empresa local fabricante de implementos agrícolas que desenvolveu o sistema com os dosadores de adubo, detalhado com maior ênfase no decorrer do trabalho. O projeto conceitual da bancada instrumentalizada é constituído pelos seguintes sistemas: sistema de controle (1), sistema de acionamento (2) e sistema dosador à taxa variável (3), conforme Fig. 1.

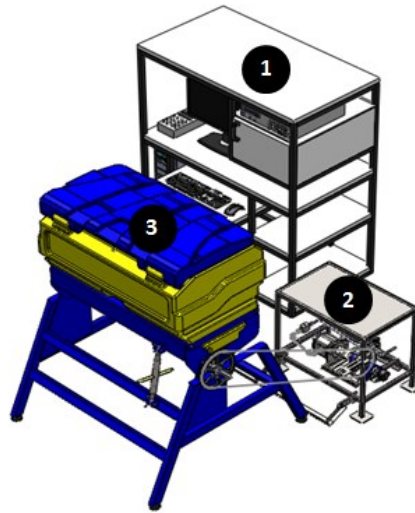


Figura 1. Sistemas integrantes da bancada experimental de testes.

A seguir descreve-se o mecanismo dosador, apresenta-se o modelo matemático para o controle da adubação à taxa variável e detalha-se os sistemas integrantes da bancada experimental de testes.

3.1 Mecanismo Dosador e Modelo Matemático

Para o mecanismo dosador, utiliza-se o dosador de adubo helicoidal por transbordo da *Fertisystem*, mostrado na Fig. 2, responsável em realizar o transporte do adubo até a saída do sistema. Os dosadores de alta precisão de adubo foram desenvolvidos para efetuar com regularidade e precisão a distribuição de fertilizantes, seu funcionamento faz com que o adubo seja impulsionado pela rosca sem fim, conduzindo até uma câmara de represamento, até que transborde em quantidades volumétricas, uniformes e homogêneas pelo regulador para o bocal de descarga. A distribuição precisa e uniforme favorece a absorção dos fertilizantes pelas plantas em quantidades corretas, favorecendo o desenvolvimento vegetativo e produtivo.

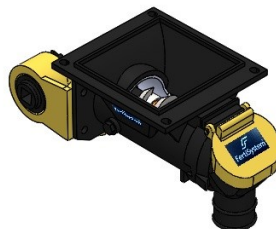


Figura 2. Dosador de adubo

A identificação dos esforços atuantes é essencial para o processo de construção e validação do modelo de controle da bancada. Avaliando-se a relação entre a rotação do eixo de acionamento do dosador e a vazão mássica, é possível verificar que a saída da quantidade de adubo q_{adu} (kg/s/linha) depende da velocidade angular ω (rad/s). O acionamento

do dosador é realizado através de um torque do motor T_m (N.m). Além disso, considera-se o torque de atrito T_{atr} (N.m) que ocorre devido ao atrito contrário ao movimento, causado pelos mancais e no contato com o adubo. I_{eq} (kg.m²) representa o momento de inércia equivalente do sistema de transmissão mecânica do acionamento do dosador, B (N.m.s) é caracterizado pela dissipação de energia devido ao atrito do sistema. Considerando, os parâmetros descritos formula-se o seguinte modelo matemático de acordo Ziech et al. (2016), como mostrado na Eq. (1).

$$I_{eq} \cdot \dot{\omega} + B \cdot \omega = T_m \quad (1)$$

Em relação ao acionamento hidráulico do sistema dosador, pode-se realizar o monitoramento da pressão e da velocidade angular, objetivo base para o desenvolvimento da pesquisa e controle da adubação à taxa variável. Para isso, deve-se considerar que o cálculo da potência hidráulica requerida em um sistema através dos valores de pressão e de vazão de fluido, desprezando-se alguns fatores como atrito e perdas de escoamento (Linsigen, 2001), segundo a Eq. (2):

$$P_h = \frac{(p \cdot Q)}{0,6} \quad (2)$$

onde:

P_h = potência hidráulica [W];
 Q = vazão [lpm].
 p = pressão de carga [bar].

A vazão pode ser obtida através da Eq. (3), descrita a seguir:

$$Q = D \cdot \omega \quad (3)$$

onde:

D = deslocamento volumétrico [m³/rad];
 ω = velocidade angular [rad/s].

Considerando-se a equação do movimento, que segundo De Negri (2001), o torque do motor (T_m), desenvolvido por qualquer tipo de motor hidráulico, pode ser expresso em relação ao produto do deslocamento volumétrico pela pressão:

$$T_m = D \cdot p \quad (4)$$

Considerando o dosador de adubo, o torque do motor (T_m) deverá vencer os esforços devido ao momento de inércia, atritos e outras cargas. Utilizando-se a equação (1) e substituindo T_m por $D \cdot p$, tem-se:

$$I_{eq} \cdot \dot{\omega} + B \cdot \omega = T_m \quad (5)$$

O projeto da bancada instrumentizada com motor hidráulico assemelha-se ao esquema geral de um circuito hidráulico apresentado na Fig. 3. Neste circuito temos uma unidade de potência e condicionamento hidráulico, uma válvula de controle direcional e um atuador, além dos elementos que geram informações para o sistema de controle.

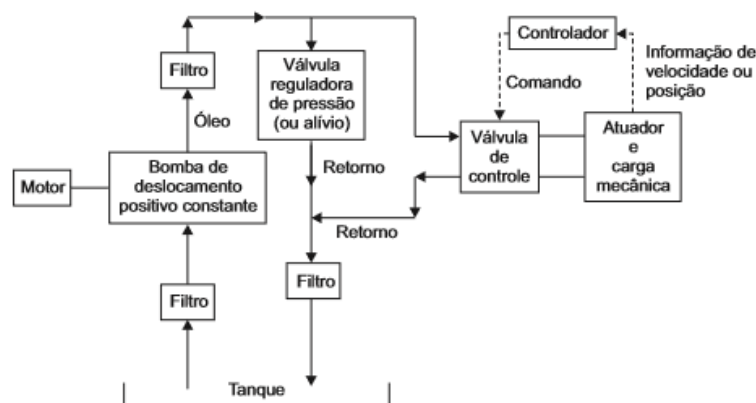


Figura 3. Esquema geral de um circuito hidráulico com controle por válvula.

Além disso, é possível realizar o controle do sistema por uma válvula *on/off* de 4 vias e 3 posições, conforme Fig 4. Neste circuito temos ainda a unidade de potência e condicionamento hidráulico, o motor hidrostático, três sensores de pressão e um encoder.

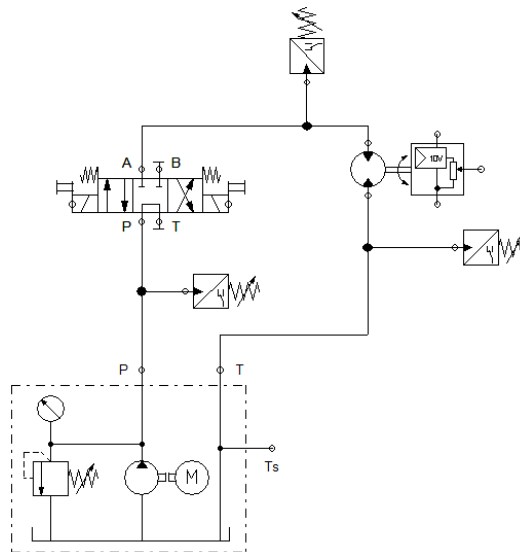


Figura 4. Circuito hidráulico proposto.

3.2 Sistema de Controle

Para o sistema de controle, um sistema informatizado será incluso no projeto para maior eficiência e velocidade de desenvolvimento da bancada (Almeida, 2000). A bancada vai contar com um sistema de controle composto por um computador, responsável pela visualização dos dados e interface com o operador. Além disso, uma fonte controladora, HP com 24 VDC (1), é utilizada para alimentar as válvulas do sistema e evitar possíveis danos ou alterações. Ao computador está ligado uma placa móvel dSPACE 1104 (2) responsável pela captura e armazenagem dos dados da bancada de testes, a qual utiliza a integração com o software Matlab/Simulink e permite a captura, controle e manipulação dos dados em tempo real através da construção de uma interface gráfica, possibilitando-se a análise detalhada dos resultados obtidos, conforme Fig. 5.

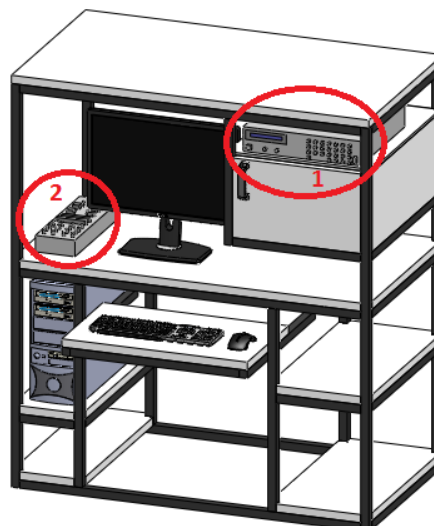


Figura 5. Sistema de controle da bancada instrumentada.

A parte de controle da bancada é composta ainda por um encoder incremental responsável em converter movimentos angulares e lineares em informações úteis, transformando para monitoramento da velocidade angular do motor hidráulico e três sensores para mensurar a pressão do sistema hidráulico. Com os dados dos testes experimentais, pretende-se avaliar a potência necessária para o acionamento da dosadora e realizar o desenvolvimento e validação de um modelo matemática para o sistema de controle de dosagem e aplicação de adubo à taxa variável.

3.3 Sistema de Acionamento

O sistema de acionamento é apresentado na Fig. 4 com os componentes montados e na Fig. 6 com os componentes detalhados através de forma explodida. O projeto foi desenvolvido com o auxílio do *software* CAD SolidWorks.

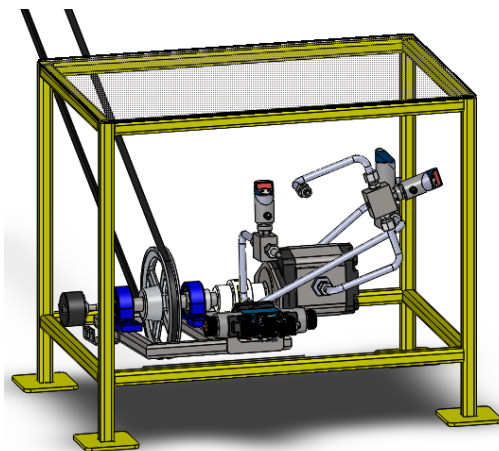


Figura 6. Sistema de acionamento hidráulico.

Como ilustrado na Fig. 7, o motor hidráulico (2) é parafusado a um flange fabricado em “chapa de 1/4” (um quarto de polegada), o qual é fixado ao quadro móvel; a este mesmo quadro está soldados a dois suportes, sendo um deles para a fixação do encoder incremental (4) e o outro para fixação da placa de ligação (12); para a transmissão do movimento rotativo do motor hidráulico até o módulo do equipamento é utilizada uma polia de alumínio (10) de diâmetro 200 mm (duzentos milímetros) de perfil A, a qual está montada a um eixo (8); o eixo do motor hidráulico (2) está acoplado ao da polia (8) através de um acoplamento de dentes arqueados (9) que é composto por dois cubos de aço e uma capa de nylon; o posicionamento do eixo da polia é feito por mancais (6) e rolamentos (7); o “encoder” incremental (4) está montado na ponta do eixo (8) da polia, o qual possui um rebaixo; a válvula (3) está posicionada através de uma placa de ligação (12) que possui tamanho padrão para recebê-la e saída com tamanho de rosca padronizados para conexões G1/4 (15); as tubulações (14) são conectadas à válvula (3) através da placa de ligação (12) e das conexões (15), e ao motor hidráulico (2) através das conexões (15); entre os tubos (14) estão montados blocos de metal (13) com roscas G1/4 em quatro posições, sendo dois orifícios utilizados para unir os tubos, um orifício para conectar o pressostato (5) e um último orifício que está bloqueado, mas que pode receber algum outro elemento se for preciso; e por último temos uma correia de perfil A (11).

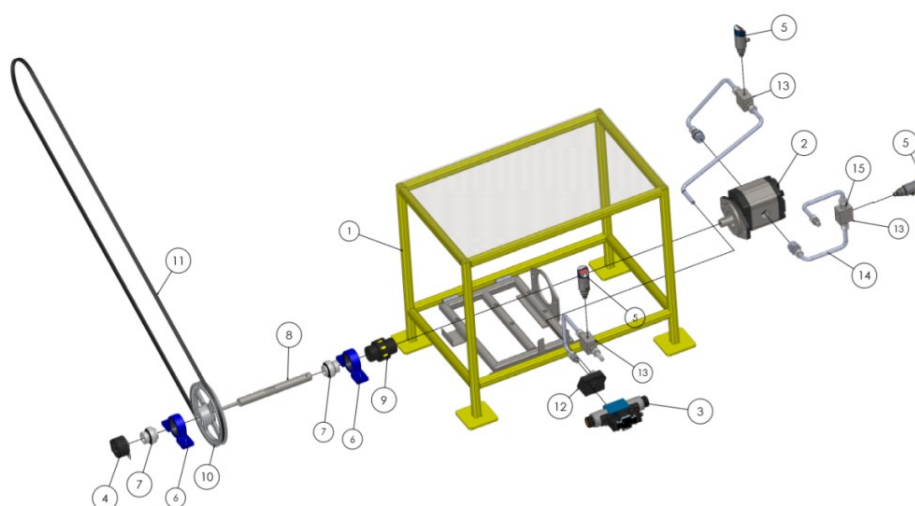


Figura 7. Vista explodida dos componentes da bancada instrumentalizada com motor hidráulico.

A Tabela 2 mostra a lista de materiais utilizados no projeto da bancada experimental que foram ilustrados anteriormente.

Tabela 2. Componentes da bancada experimental.

Item	Descrição
1	Estrutura tubular
2	Motor hidráulico <i>Hybel SM17 TN38</i>
3	Válvula proporcional direcional 4/3 <i>Bosch Rexroth 4WRAE</i>
4	Encoder Incremental <i>Hohner Série 75</i>
5	Pressostato eletrônico <i>Bosch Rexroth</i>
6	Mancal de rolamento P205
7	Rolamento Ø25mm GE25-KRR-B
8	Eixo Ø25mm c/ rebaixo para encoder Ø10mm
9	Acoplamento de dentes arqueados furo Ø25 mm
10	Polia de alumínio Ø200mm Perfil A
11	Correia perfil A 120
12	Placa de ligação TN4 tipo G467 (G1/4)
13	Bloco 4 roscas tipo G1/4
14	Tubulação Ø9mm
15	Conexões G1/4

O motor hidráulico é o principal componente desta bancada. A partir da potência transmitida por ele, os estudos serão realizados para melhor dimensionamento de módulos e equipamentos utilizados na indústria agrícola, otimizando o desenvolvimento do sistema de adubação à taxa variável e consequentemente o desenvolvimento da agricultura de precisão.

De acordo com Linsingen (2001), nos motores hidráulicos de deslocamento positivo a energia é transferida principalmente em forma de pressão, uma vez que a variação de energia cinética é pequena quando comparada com a energia total transferida, podendo portanto, ser desprezada, ou seja, a conversão de energia por este processo sofre pouca ou praticamente nenhuma influência considerável da velocidade do fluido, massa específica ou inércia do eixo de acionamento.

Outra componente fundamental para o sistema de acionamento é a válvula de direcionamento. Para a execução dos testes experimentais, será utilizada, inicialmente, uma válvula direcional 4/3 (quatro vias/3 posições) com solenóide da fabricante *Bosch Rexroth*. A principal vantagem para uso da válvula proporcional direcional *on/off* com solenoide é o baixo custo financeiro em relação aos outros modelos de válvula que possuem valor de compra elevado, como por exemplo as servo-válvulas.

3.4 Sistema Dosador de Adubo

O sistema dosador de adubo é a terceira parte da bancada experimental para testes. Esse sistema foi desenvolvido em parceria com empresa local fabricante de implementos agrícolas. Possui um depósito para o adubo, cinco dosadores FertiSystem ligados por um eixo de acionamento, o qual possui em sua extremidade uma polia para engate da correia que será ligado ao sistema de acionamento hidráulico e ainda possui um sistema de regulação angular, como ilustrado na Fig. 8.

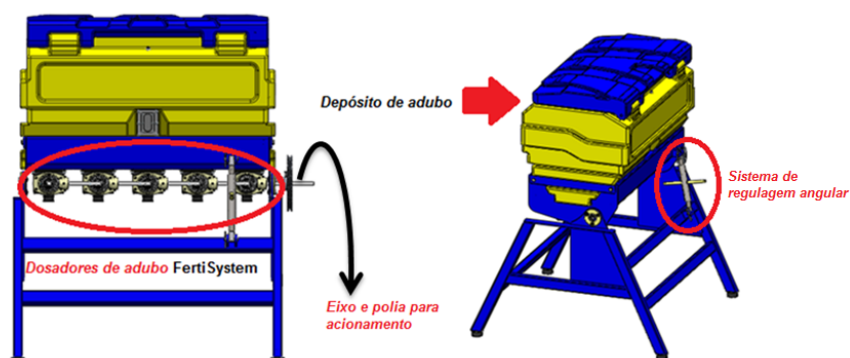


Figura 8. Desenho da bancada dosadora de adubo projetada.

4. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com a realização da análise das necessidades e do projeto conceitual de uma bancada experimental instrumentalizada para testes de um sistema dosador de adubo, procurou-se desenvolver o projeto de um sistema mecatrônico experimental para abordagem da dinâmica de funcionamento e validação de um dosador a taxa variável. A concepção da bancada foi apresentada de acordo com as necessidades reais das semeadoras-adubadoras, objetivando-se contribuir para o aperfeiçoamento da adubação à taxa variável e possibilitar o estudo de diferentes situações em um ambiente controlado, com aquisição de dados em tempo real. Além de contribuir para a mecanização da agricultura de precisão de baixo custo e para o desenvolvimento de inovações para transferência tecnológica em empresa nacional fabricante de semeadora-adubadora. A próxima etapa já está em andamento e é a construção do protótipo e a realização dos testes experimentais do sistema dosador de adubo à taxa variável acionado hidráulicamente.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores são agradecidos pela disponibilidade da infraestrutura laboratorial do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), instalado a partir do apoio financeiro do FINEP, SEBRAE, CNPq, CAPES, FAPERGS e de empresas parceiras do Arranjo Produtivo Local (APL) Metal-Mecânica, em especial do apoio da empresa IMASA.

6. REFERÊNCIAS

- Almeida, F. , 2000, "Estudo e Escolha de Metodologia para o Projeto Conceitual", Revista de Ciencia e tecnologia, Vol. 8, pp. 31–42.
- Balastreire, L. A.; Coelho, J. L. D. , 2000, "Aplicação Mecanizada de Fertilizantes e Corretivos", Boletim Técnico No. 7, ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), pp. 1–53.
- Dellamea, R. B. C. , 2001, "Eficiência da Adubação à Taxa Variável em Áreas Manejadas com Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul", Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- De Negri, Victor J., 2001, "Princípios gerais da hidráulica e pneumática", Florianópolis.
- Garcia, A. P. , 2011, "Sistemas de Controle Fuzzy para Dosadores Helicoidais de Fertilizantes com Acionamento Elétrico", Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Linsingen, I. V. , 2001, "Fundamentos de Sistemas Hidráulicos", Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis.
- Machado, O. D. DA C. et al. , 2015, "Acurácia e Tempos de Resposta de Máquinas para Aplicação de Defensivos Agrícolas à Taxa Variável", Ciência Rural, Vol. 45, No. 3, pp. 440–449.
- Martins, M. DE M., 1999, "Desenvolvimento de um Dosador Helicoidal Visando sua Utilização em Equipamentos de Aplicação Localizada de Fertilizantes Sólidos", Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Molin, J. P., 1997, "Agricultura de precisão. Parte I: O que é e estado da arte em sensoriamento", Engenharia Agrícola, Vol. 17, No. 2, pp. 97–107.
- Molin, J. P. , 2008, "Agricultura de Precisão: situação atual e perspectivas", Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade", pp. 89–98, Piracicaba.
- Schueller, J. K. , 1992, "A review end integrating analysis of Spatially-Variable Crop Control of crop production", Fertilizer Research, The Hague, 33:1573-0867.
- Siqueira, R., 2008, "Milho: Semeadoras-Adubadoras para Sistema Plantio Direto com Qualidade", Textos extraídos e adaptados das palestras apresentadas no IX Seminário Nacional de Milho Safrinha (Dourados- MS, novembro de 2007) e no XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Londrina-PR.
- Martins, M. M. , 1999, "Desenvolvimento de um Dosador Helicoidal Visando sua Utilização em Equipamentos de Aplicação Localizada de Fertilizantes Sólidos", Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) , Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Umezu, C. K., 2003, "Sistema de Controle de um Equipamento de Formulação, Dosagem e Aplicação de Fertilizantes Sólidos a Taxas Variáveis", Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Valdiero, A. C., 2008, "Inovação e desenvolvimento do projeto de produtos industriais", Ijuí:Unijuí.
- 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.
- Valdiero, A.C.; Rasia, L.A., 2016, "Gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos mecatrônicos", In: Valdiero, A.C.; Thesing, N.J. (Eds.), Desafios em Engenharia Industrial, Ed. Unijuí, Ijuí, Brasil.
- Ziech, R. O. et al., 2016, "Modelagem Matemática da Dinâmica do Eixo de um Sistema Dosador de Adubo à Taxa Variável," Resumo das Comunicações do XXXVI CNMAC (Submetido e Aprovado), Gramado.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL TEST BENCH A COMPOST FEEDER TO VARIABLE RATE WITH ELECTRIC DRIVE

Ronei Osvaldo Ziech, roneiziech@gmail.com¹
Mauricio da Silva Pinto, mauriciospinto@gmail.com¹
Felipe Oliveira Bueno, felipe.ob127@yahoo.com¹
João Antonio Cervi, joao.cervi@unijui.edu.br¹
Nataniel Cavagnolli, nataniel-cavagnolli@bol.com.br¹
Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹
Luiz Antônio Rasia, rasia@unijui.edu.br¹

¹ Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, DECEEng/UNIJUI/Câmpus Panambi/Caixa Postal 121/CEP 98290-000, Panambi-RS, Brasil.

Abstract. *The goal is to present the conceptual design of an instrumented bench for testing of a metering mechanism fertilizer hydraulic drive. Within the context of precision agriculture, which deals with the administration and management located in the soil, at a variable rate fertilizer dosing is intended to allow the application of fertilizer with specific dosage according to the localized soil needs. The main problem for the dosage and application of fertilizers to the variable rate is related to the accuracy of dosing devices, with differences between the desired rate and the actual rate of discharge. Seeking to alternatives for solving the problem, we developed the design of an instrumented bench with an acquisition system in real time, for experimental tests of the fertilizer application rate. The tests allow the determination of the parameters of a mathematical model formulated for dynamic dosing of fertilizer. The results illustrate the doser system characteristics of fertilizer and control validation to the variable rate. The methodology used design is based on analysis of user needs equipment and conceptual design. The experimental facility was developed in the Innovation Center for Automatic Machines and Systems Servo (NIMASS) of UNIJUI with support from Imasa, the FINEP and CNPq. This research aims to contribute to the mechanization of low cost precision agriculture, and developing innovations to technology transfer in national company seeder manufacturer.*

Keywords: *Experimental bench, Doser fertilizer, Variable rate.*