

# CARACTERIZAÇÃO DE UM MECANISMO DOSADOR HELICOIDAL DE FERTILIZANTES SÓLIDOS

ANGEL P. GARCIA<sup>1</sup>, CLAUDIO K. UMEZU<sup>2</sup>, NELSON L. CAPPELLI<sup>3</sup>, EDISON RUSSO<sup>4</sup>,

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Mestrando, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP, (019) 3788.1055 e-mail:angel.garcia@agr.unicamp.br

<sup>2</sup> Eng. Eletricista, Pesq. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

<sup>4</sup> Msc. Eng. Eletricista, Faculdade de Eng. Agrícola, Unicamp, Campinas – SP.

**Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB**

**RESUMO:** A maior parte do custo de produção agrícola do Brasil é função da aplicação de fertilizantes. Contudo, os mecanismos dosadores de fertilizante podem provocar uma não uniformidade de aplicação ou uma aplicação que não corresponde ao especificado em manuais dos equipamentos. A aplicação excessiva de fertilizantes pode ser prejudicial às plantas, ao meio ambiente, além do gasto desnecessário de produto. Porém, a falta do mesmo, pode resultar em decréscimo na produtividade. O objetivo deste trabalho é definir as características de um dosador de fertilizante sólido do tipo helicoidal. Foram realizados ensaios para a determinação da potência necessária para o acionamento do equipamento e a curva da taxa de aplicação em função da rotação do eixo do motor. O equipamento apresentou uma taxa de aplicação linear e não demandando uma grande potência para sua operação, mostrando um comportamento adequado para a implementação de sistemas de controle de aplicação a taxas variadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Máquinas agrícolas, fertilizante, taxa de aplicação

## **CHARACTERIZATION OF AN HELICOIDAL FERTILIZER DISTRIBUTOR OF SOLID FERTILIZER**

**ABSTRACT:** The great part of agriculture production costs in Brazil is function of fertilizer application. However, fertilizer mechanisms can give a no uniform application or an application that not correspond to the manual. The excessive in fertilizer application can be damaging to crop, to the environment and product's waste. The lack can make an increase in productivity. The objective of this work was characterizing an helicoidal fertilizer distributor. Tests were made to define the power demand necessary to run the fertilizer distributor and the application rate by engine rotation shaft curve. The equipment showed a linear application rate and didn't demand a great power to operation, so it was adequate to control's variable rate systems application.

**KEYWORDS:** Agricultural machines, fertilizer, application rate

**INTRODUÇÃO:** O custo de produção agrícola do Brasil, comparado com o custo da produção em países como França e Estados Unidos possui diferenças significativas em sua composição. Observa-se que, ao contrário destes países onde grande parte do custo de produção é proveniente do emprego de mão-de-obra, a grande parte dos custos da produção agrícola no Brasil é decorrente da aplicação de fertilizantes (Villar et al., 2004). O dosador de fertilizante do tipo de transportador helicoidal é o mais utilizado comercialmente. Contudo, tais mecanismos podem provocar uma não uniformidade de

aplicação ou uma aplicação que não corresponde ao especificado em manuais dos equipamentos, conforme evidenciado em estudo realizado por Schneider et al. (2005). Com isso, pode haver o excesso na aplicação de fertilizantes, que pode ser prejudicial às plantas e ao meio ambiente, além do gasto desnecessário de produto ou ainda sua falta, que pode resultar em decréscimo na produtividade devido à deficiência de nutrientes (Mialhe, 1996). Uma opção para a maior eficiência e precisão na taxa de aplicação é a utilização de sistemas eletrônicos de controle de aplicação. Em estudo realizado por Menegatti et al. (2004) observou-se que, no sistema de controle eletrônico proposto pelo autor, o erro máximo entre a taxa de aplicação e a aplicação de referência foi de aproximadamente 3%. Para Umezu e Cappelli (2004), os controladores de rotação do tipo PID se mostraram eficazes e versáteis, reduzindo o erro de regime e os erros provenientes das variações provocadas pelo equipamento durante a sua utilização. Nesse sentido se torna interessante um sistema que minimize estes problemas com soluções mais precisas, no que diz respeito à qualidade de aplicação e facilidade de utilização. O objetivo deste trabalho é definir as características de um dosador de fertilizante sólido, fornecendo dados que subsidiem uma futura implementação de um sistema de controle eletrônico neste tipo de equipamento.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os ensaios foram realizados no Laboratório de Instrumentação e Controle na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. O mecanismo dosador que foi avaliado é desenvolvido pela empresa Agrimaq, modelo Fertisystem. Este sistema é utilizado em grande parte dos equipamentos comerciais de dosagem de fertilizante. A Figura 1 mostra o mecanismo dosador de fertilizante.

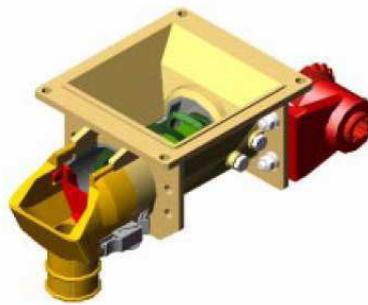


Figura 1. Sistema dosador de fertilizante Fertisystem.

Para o acionamento do dosador foi utilizado um motor elétrico de corrente contínua, marca BOSCH, que opera com uma tensão de 12V, com redutor mecânico acoplado. O controle da velocidade de rotação foi realizado utilizando-se um circuito de potência marca TANDRA, com capacidade de 100A. A rotação do motor foi definida pelo por meio do controle da modulação por largura de pulsos, mais conhecida como PWM. O sinal de controle do tipo PWM foi obtido com o uso de um gerador de funções arbitrário, marca Agilent, modelo 33220A. Nos testes foi utilizado fertilizante com a formulação 4-20-20 (4% de nitrogênio, 20% de fósforo e 20% de potássio). A caracterização física da matéria prima utilizada nos ensaios é apresentada nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Granulometria da matéria-prima utilizada.

Diâmetro da Peneira [mm]	0,30	0,60	0,84	1,19	1,68	2,38	4,76	>4,76
Granulometria [%]	0,12	0,26	0,24	1,11	4,07	24,07	69,54	0,58

Tabela 2. Caracterização do fertilizante.

Densidade Aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	Diâmetro médio ponderado (mm)	Ângulo de Talude (°)
994,40	3,997	38

Para se determinar a demanda de potência do dosador de fertilizantes foram efetuados testes preliminares. Os testes foram realizados com o motor operando em vazio (sem carga) e posteriormente acionando o equipamento dosador em sua rotação máxima com reservatório de fertilizante completo. Durante os teste foi medida da corrente e a tensão que o motor consumia, utilizando um multímetro da

marca Minipa, modelo ET-2507. Com isso, pode-se determinar a potência consumida pelo dosador que é a diferença entre a potência o motor operando em vazio e operando com carga total. A caracterização da taxa média de aplicação do dosador foi obtida por meio da variação da rotação do eixo do motor. Neste ensaio o controle da rotação do motor foi realizado ao se variar a largura do pulso, entre 60 e 99% (com intervalos de 5%). Utilizou-se um tacômetro de contato, marca Tako, modelo TD-100, para a medição da rotação do eixo do dosador. Foi coletada a quantidade aplicada pelo dosador em um período de 10s para cada uma das rotações estabelecidas, medindo-se a massa com uma balança eletrônica, marca Bioprecisa, modelo BB-3000. Para a definição do modelo empírico foram utilizados os dados obtidos experimentalmente, sendo o modelo linear para a equação ajustada, conforme a equação abaixo:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1$$

Onde:

$b_0, b_1$  estimadores dos valores do modelo;

$x_1$  valores dos fatores codificados;

$\hat{y}$  resposta obtida pela variação dos dois valores codificados.

Para a verificação do ajuste do modelo foi utilizado a análise da variância. Para isso, foi determinado o valor do coeficiente de determinação do modelo ( $R^2$ ), como descrito na equação a seguir:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

Onde:

$\hat{y}_i$  é a previsão do valor de y feita pelo modelo proposto;

$\bar{y}$  média global dos pontos;

$y_i$  valor de y obtido experimentalmente.

**RESULTADOS:** Os resultados da demanda de potência requerida pelo dosador e a taxa de aplicação em função da rotação do eixo do motor soa apresentados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

**Tabela 1. Dados obtidos no ensaio preliminar para a determinação da potência e torque requerido pelo dosador de fertilizante.**

Operação	Rotação [rpm]	Rotação [rad/s]	Tensão [V]	Corrente [A]	Potência [W]	Torque [N.m]	Torque [kgf.cm]
Carga	56	5,86	12	12,6	151	26	263
Vazio	56	5,86	12,05	10,13	122	21	212

Com os dados da demanda de potência da Tabela 1 pode-se determinar a potência que o motor entrega ao equipamento, cerca de 29W. Com isso, pode-se, de melhor maneira, determinar o motor mais adequado para este equipamento.

**Tabela 2: Resultados do ensaio de taxa de aplicação em função da rotação do eixo do motor**

PWM [%]	Rotação [rpm]	Rotação [rad.s <sup>-1</sup> ]	Massa [g.s <sup>-1</sup> ]
60	26	2,723	3,05
65	30	3,142	3,4
70	38	3,979	4,41
75	42	4,398	4,94
80	49	5,131	6,19
85	56	5,864	6,53
90	60	6,283	7,91
95	70	7,330	8,84
99	73	7,645	9,13

Com os dados da Tabela 2 é possível se determinar a curva da taxa de aplicação em função da rotação, conforme se observa no gráfico da Figura 2.

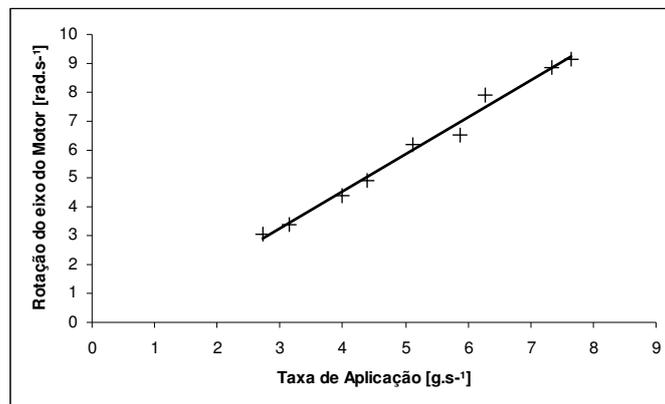


Figura 2. Gráfico da curva da taxa de aplicação [g.s<sup>-1</sup>] em função da rotação do eixo do motor [rad.s<sup>-1</sup>]

Uma curva linear ajustou-se adequadamente à resposta obtida experimentalmente, sendo o coeficiente de determinação igual a 0,989. A equação abaixo mostra a curva da taxa de aplicação (y) em função da rotação do eixo do motor.

$$y = 1,2819 \cdot x + 0,5781$$

**CONCLUSÕES:** Com os dados de potência requerida pelo equipamento e sua curva de aplicação pode-se definir, de forma adequada, estratégias para sistemas de controle para a aplicação de fertilizantes. Sendo assim, o equipamento pode ser utilizado para aplicações a taxas variadas.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Laboratório de Instrumentação e Controle pela cessão de sua infraestrutura para a realização deste trabalho. À CAPES pelo suporte financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

MENEGATI, Franco Antonio; FORCELLINI Fernando Antônio; MARTIN, Carlos Alberto. Avaliação de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 33. São Pedro: EMBRAPA/UNICAMP, jul. 2004, CD-ROM.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: fundação de estudos agrários Luiz de Queiros, 1996.

SCHNEIDER, Paulo A.; FEY, Emerson; ORLANDO, Auri F.; PIVETTA, Laércio A.; FURLAN, Fernando; DALLABRIDA, Willian R. Distribuição de adubos de diferentes fórmulas em mecanismos dosadores de semeadoras-adubadoras. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 34. Canoas: ULBRA, jul. 2005, CD-ROM.

UMEZU, Cláudio Kyioshi; CAPPELLI, Nelson Luis. Controlador de um equipamento vrt para aplicação de fertilizantes sólidos: avaliação do comportamento e ajuste dos parâmetros. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 33. São Pedro: EMBRAPA/UNICAMP, jul. 2004, CD-ROM.

VILLAR, P. M. Del; GAMEIRO, A. H.; DABAT, M. H. **Fatores de eficiência das culturas agrícolas no Brasil: uma comparação com os Estados Unidos e França nos casos de soja, milho e arroz. 2004**. Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acessado em 26 de jan. de 2005.