

# SISTEMA ELETRÔNICO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

## ELECTRONIC SYSTEM FOR DATA ACQUISITION IN AGRICULTURAL MACHINES

ANTÔNIO LILLES TAVARES MACHADO<sup>1</sup>  
CARLOS RICARDO TREIN<sup>2</sup>  
RENATO MACHADO DE BRITO<sup>3</sup>

### RESUMO

A fim de quantificar-se e analisar-se corretamente a relação máquina agrícola-solo faz-se necessário a aquisição de dados que sejam ao mesmo tempo precisos, confiáveis, de fácil e rápida obtenção. Tal tarefa vem a ser facilitada por meio da utilização de equipamentos eletrônicos, os quais devem basear-se em três princípios básicos: precisão adequada, custo acessível e boa robustez. Devido, principalmente, ao fato das instrumentações disponíveis para a aquisição de dados com máquinas agrícolas serem de custo e manutenção bastante elevados, o Setor de Máquinas e Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, em conjunto com o Laboratório de Instrumentação Eletro-Eletrônico do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, buscaram o desenvolvimento de um sistema eletrônico de aquisição de dados para máquinas agrícolas. A instrumentação descrita neste trabalho teve como objetivo principal ser precisa, confiável, robusta, de fácil manuseio e custo acessível, apresentando também facilidade de manutenção e ampliação. Os resultados demonstram que os objetivos buscados foram plenamente alcançados.

**Palavras-Chaves:** Instrumentação Eletrônica, Aquisição de Dados, Mecanização Agrícola.

---

<sup>1</sup>Prof. Adjunto, Doutor, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, Campus Universitário, Caixa Postal - 354, CEP 96001-970, Pelotas, RS, (0xx53)2757260, e-mail:lilles@ufpel.edu.br;

<sup>2</sup>Prof. Adjunto, Doutor, Depto. de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS

<sup>3</sup>Prof. Titular, Doutor, Depto. de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, UFRGS

Recebido: Set/07

Aprovado: Dez/07

## ABSTRACT

To quantify soil-machine relationship, it is necessary to obtain data which is, at the same time accurate, reliable and of easy attainability. This is only gotten through the use of electronic instrumentation, which should be based on three basic principles: appropriate precision, accessible cost and good strength. Due to the fact that available instrumentation for agricultural machines data acquisition is costly and require high maintenance, the Machines and Agricultural Mechanization Sector of the DER-FAEM-UFPel, together with the Electronic Instrumentation Laboratory of the DEE-EE-UFRGS, developed a new system of data acquisition for agricultural machines. The system described in this work had as main objectives the accuracy, being robust and of easy handling, accessible cost and at the same time of easy maintenance and amplification. The results showed that the objectives were fully achieved.

**Keywords:** Electronic Instrumentation, Data Acquisition Systems, Agricultural Mechanization.

## INTRODUÇÃO

Ao executar-se o projeto de uma máquina agrícola, deve-se, inicialmente, ter o pleno entendimento dos efeitos que estas máquinas proporcionam ao solo, bem como da reação do mesmo à máquina. Para tanto, são utilizadas ferramentas da mecânica do solo em conjunto com parâmetros de projeto de máquinas agrícolas, com o objetivo de modelar e desta forma prever a maneira como se comporta esta inter-relação. A ciência que procura correlacionar aspectos que se encontram na interface máquina-solo é chamada de dinâmica do solo.

De acordo com CASÃO JUNIOR & CHANG (1993), as pesquisas com dinâmica do solo procuram estudar a relação entre forças que são aplicadas por máquinas e implementos agrícolas e a resultante reação do solo. O estudo da relação solo-máquina e a tentativa de estabelecimento de modelos matemáticos associados a esta relação são a base desta ciência (MACHADO, 2001), e PAYNE (1956) afirma que o conhecimento das teorias da mecânica dos solos pode proporcionar novas idéias em projetos de máquinas agrícolas, reduzindo bastante o tempo gasto em testes e trabalhos de campo.

Para avaliar o desempenho de equipamentos ou solucionar os problemas causados por eles ao solo ou à planta em laboratórios, há necessidade de estabelecer condições semelhantes àquelas em que os equipamentos estão trabalhando no campo, e verificar os pontos positivos e negativos durante a operação. A aquisição de dados é um dos

principais problemas enfrentados por engenheiros e pesquisadores responsáveis pelo projeto e testes de máquinas agrícolas, devido à alta complexidade dessas máquinas. Para estabelecer os parâmetros relacionados ao seu desempenho, uma série de variáveis precisam ser monitoradas, e a versatilidade do sistema de aquisição se torna importante na sua adaptação a diferentes pesquisas (GARCIA et al., 2003).

A análise correta e precisa da relação máquina-solo, vem a ser diretamente dependente de dados precisos e confiáveis. Além da precisão e confiabilidade dos dados é fundamental que estes sejam obtidos de forma fácil e rápida.

A preocupação com a obtenção de dados confiáveis de forma rápida e precisa, por meio da utilização de instrumentação eletrônica, encontra-se estabelecida há bastante tempo. ARRIVO & DI RENZO (1998) desenvolveram um sistema de aquisição de dados para máquinas agrícolas bastante versátil. Sua função principal era medir a força de tração, velocidade, rotação, torque da tomada de potência do trator e a profundidade de trabalho dos equipamentos quando em situação de trabalho, entretanto o mesmo também apresentava a possibilidade de atender pesquisas mais específicas.

MANTOVANI et al. (1999), trabalhando com automação na avaliação de tratores e implementos agrícolas constataram que os testes de desempenho destes conjuntos, por meio da utilização de instrumentação eletrônica,

permitem que se tenha uma grande capacidade de trabalho, em razão da facilidade de programação e operação da cadeia de medições. Já SILVEIRA et al. (2005), desenvolveram um sistema de aquisição automática de dados para o levantamento de informações referentes ao trabalho do trator no campo, tais como posição do veículo, consumo de combustível, rotação do motor e velocidade de deslocamento, obtendo bons resultados em suas observações.

Verifica-se, portanto, que para uma adequada análise da relação solo-máquina agrícola se faz necessária a aquisição de dados de campo, que sejam ao mesmo tempo confiáveis e precisos. Isto pode ser obtido através da utilização de instrumentações eletrônicas que estejam adequadas para uso em testes de máquinas agrícolas. Normalmente este tipo de equipamento apresenta valor de aquisição elevado, o que as vezes impede a sua obtenção. Outro fator importante diz respeito aos sistemas, em si, os quais são de arquitetura fechada, causando dificuldades quando da necessidade da realização de consertos ou ampliação dos mesmos.

Neste sentido procurou-se através de um trabalho conjunto entre o Setor de Máquinas e Mecanização Agrícola (SMMA) do Departamento de Engenharia Rural (DER) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), o Setor de Máquinas Agrícolas (SMA) do Departamento de Solos (DS) da Faculdade de Agronomia (FA) da Universidade Federal do Rio

Grande do Sul (UFRGS) e o Laboratório de Instrumentação Eletro-Eletrônico (LIEE) do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Escola de Engenharia (EE) da UFRGS, o desenvolvimento de um sistema eletrônico de aquisição de dados a campo para máquinas agrícolas.

O objetivo principal do trabalho foi o de obter um sistema de aquisição de dados que fosse ao mesmo tempo preciso, confiável, robusto, de fácil manuseio, de baixo custo de aquisição e manutenção, e que pudesse ser ampliado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema eletrônico de aquisição de dados para máquinas agrícolas foram utilizados transdutores e sensores que geram sinais elétricos analógicos ou digitais. O sistema é alimentado por uma bateria de 12V e o controle dos sinais elétricos é feito por meio de um microcontrolador PIC modelo 16C73A. Possui também um display de cristal líquido de duas linhas com 16 caracteres e um conjunto de três teclas, o que permite fácil e rápida visualização dos dados, sua seleção e configuração de aquisição.

Os dados adquiridos pelo equipamento são armazenados numa memória RAM, com capacidade para 8 Kbytes. Esta memória possui uma bateria interna de lítio, que mantém os dados gravados mesmo que o equipamento seja desligado. A transferência dos dados adquiridos para um computador portátil, é feita

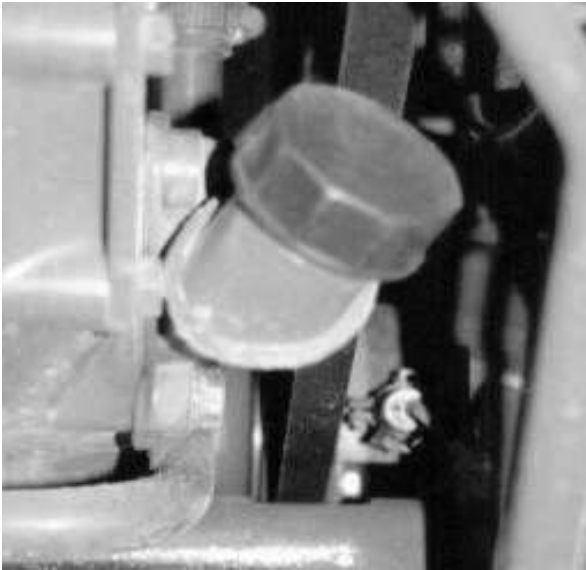


**Figura 1** - Sistema coletor e processador de sinais com transferência para o computador portátil.

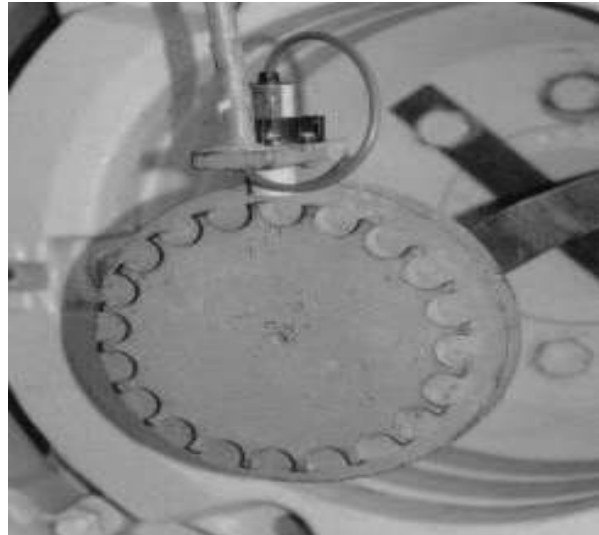
através de uma interface RS-232 serial. O sistema coletor/processador de dados e o computador portátil podem ser visualizados na Figura 1.

A aquisição de dados é obtida por meio de quatro canais digitais e dois canais analógicos. A captação dos sinais digitais ocorre por meio de sensores indutivos que medem a rotação de trabalho do motor do trator (Figura 2), rotação das rodas traseiras, direita e esquerda do trator (Figura 3) e rotação de uma

roda odométrica localizada junto ao implemento agrícola (Figura 4). Os canais analógicos são responsáveis pela obtenção do esforço de tração produzido pelo implemento (Figura 5) e sua profundidade de atuação, durante todo o percurso (Figura 6). Nos testes realizados utilizou-se extensômetros elétricos colados diretamente numa haste de escarificador, a fim de verificar-se o esforço de tração exigido por este equipamento. O sistema também permite que, as informações referentes ao esforço de



**Figura 2** - Sensor de rotação do motor do trator.



**Figura 3** - Sensor de rotação das rodas do trator.



**Figura 4** - Sensor de rotação da roda odométrica.



**Figura 5** - Sensor de esforço de tração acoplado a haste do escarificador.



**Figura 6** - Sensor de profundidade de trabalho do equipamento.

tração dos equipamentos testados sejam obtidas por intermédio da utilização de modelos comerciais de células de carga.

O sistema de aquisição de dados foi testado na Estação Experimental da FA da UFRGS, localizada entre a Latitude  $30^{\circ} 05' 27''$  sul e a Longitude  $51^{\circ} 40' 18''$  oeste e no Campo Experimental do SMMA do DER-FAEM-UFPel, o qual se encontra localizado entre a Latitude  $31^{\circ} 52' 00''$  sul e a Longitude  $52^{\circ} 21' 24''$  oeste. Nos testes foram utilizadas parcelas de 50m de comprimento.

Usou-se um trator marca SLC-John Deere modelo 5600-TDA, como elemento tracionante,

e um escarificador de hastes, marca Jan, modelo Jumbo-Matic, com ponteira estreita (figura 7), como elemento tracionado. Procurou-se manter a profundidade de trabalho em 0,20m, e a velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento próxima a 3 km.h-1. A aquisição da distância real percorrida, velocidade de trabalho e profundidade de atuação da ferramenta foi obtida continuamente durante todo o percurso, através do giro e oscilação vertical de uma roda odométrica, a qual foi colocada lateralmente à haste do escarificador, conforme pode ser observado na Figura 7.



**Figura 7** - Conjunto trator-escarificador utilizado nos testes de campo.

O procedimento de aquisição da profundidade de trabalho, de forma contínua, durante todo o percurso da ferramenta foi obtido pela utilização de um potenciômetro localizado junto a um braço de alavanca onde está fixada a roda odométrica (Figura 6).

Para a calibração do sistema e verificação da precisão dos resultados, utilizou-se em conjunto com o equipamento uma célula de carga, previamente calibrada, marca Alfa modelo 1101, com capacidade para 5000N, para comparação da força de tração.

Com relação à velocidade de trabalho, o deslocamento do conjunto trator-implemento quando de seu trabalho nas parcelas de teste foi cronometrado nos testes, para aferição da velocidade e comprovação da precisão do sistema.

A verificação da precisão do sistema com relação à obtenção da profundidade de trabalho foi realizada através da abertura de trincheiras, método padrão, em vários pontos do percurso do implemento. As medidas foram feitas com auxílio de uma régua.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

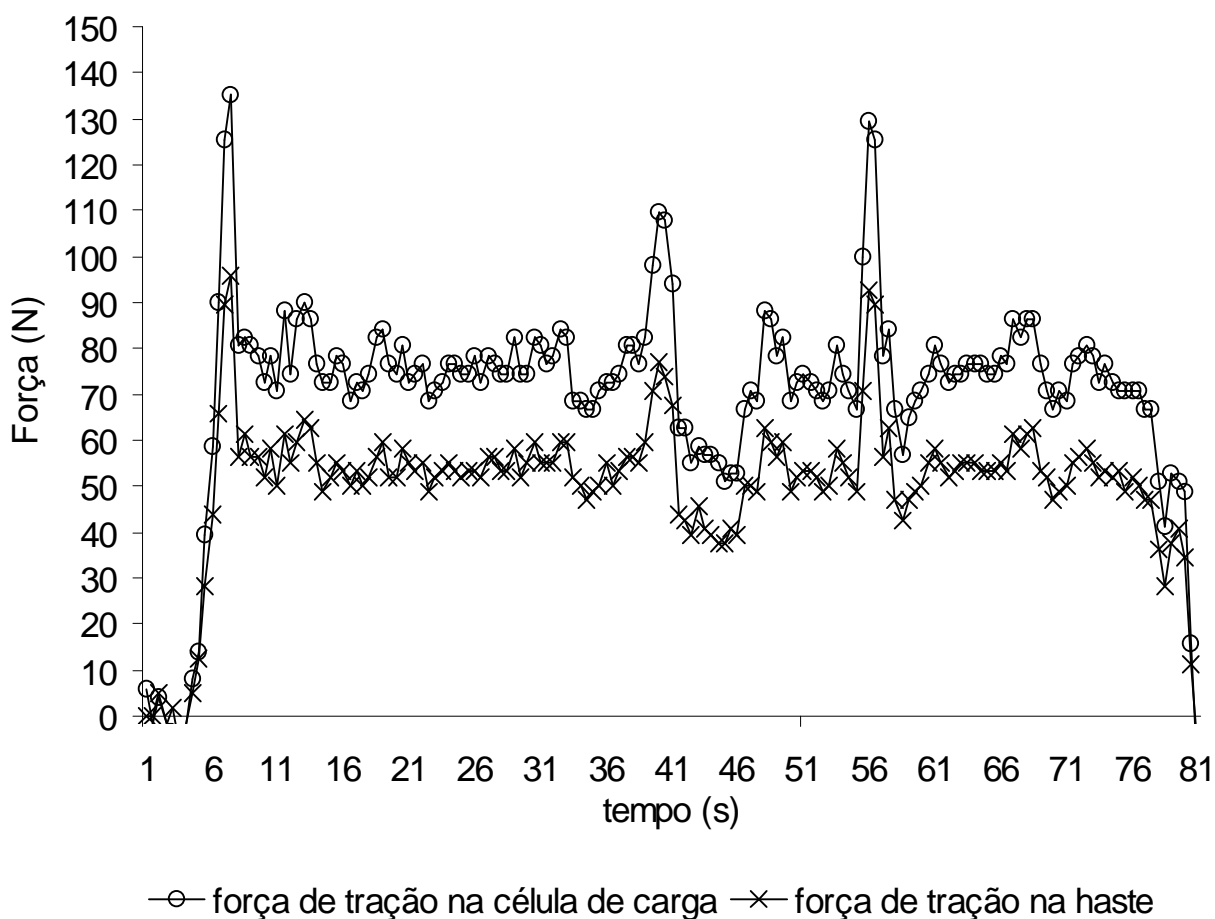
O sistema portátil de aquisição de dados mostrou-se eficiente e de fácil operação, visto ter sido projetado para ser ajustado e comandado por instruções no "display". Os comandos de início e fim da aquisição de dados do evento (teste do trator-implemento), bem como a transmissão destes ao computador portátil são simples. A transferência dos dados armazenados no sistema para o computador portátil ocorre num período de tempo bastante reduzido.

Seu custo de montagem é inferior ao custo dos equipamentos similares encontrados no mercado brasileiro (em torno de 20%). O sistema tem a vantagem de permitir a obtenção do esforço de tração, da rotação do motor do trator, da rotação das rodas do trator, do deslocamento do conjunto trator-implemento, da velocidade e da profundidade de trabalho do equipamento, durante todo o percurso de aquisição de dados.

A obtenção da profundidade real de trabalho do equipamento durante todo o percurso, é da maior importância, pois simplifica esta operação, agilizando-a, pois a mesma normalmente é feita em um número finito de pontos escolhidos ao acaso, manualmente, através da abertura de trincheiras e utilização de réguas.

Conforme SALIRE et al. (1994), medir manualmente a profundidade de trabalho de implementos é bastante difícil. Salientam que novas técnicas para a aquisição deste fator deveriam ser desenvolvidas.

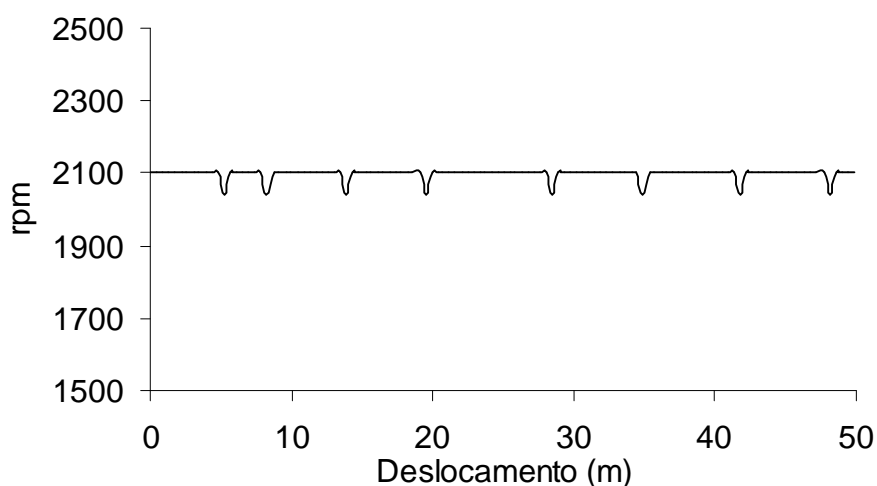
Na Figura 8, podem ser observadas as curvas do esforço de tração, da haste do implemento, utilizada nos testes, obtidas pela célula de carga (colocada entre a barra de tração e o implemento) e pelos extensômetros elétricos colados diretamente na haste do escarificador. As observações destes esforços foram realizadas no mesmo momento e a diferença de valores, entre a célula de carga e extensômetros, deve-se ao esforço para deslocar o chassi do equipamento, o qual é somado ao esforço da haste, na célula de carga. A certeza do bom funcionamento do sistema de mediação acoplado a haste do escarificador, pode ser comprovada pelo efeito "off-set" de uma curva em relação à outra.



**Figura 8** - Gráfico comparativo entre o esforço de tração obtido na célula de carga e aquele adquirido.

Na Figura 9, é mostrada a rotação do motor do trator em relação ao seu deslocamento, permitindo uma análise

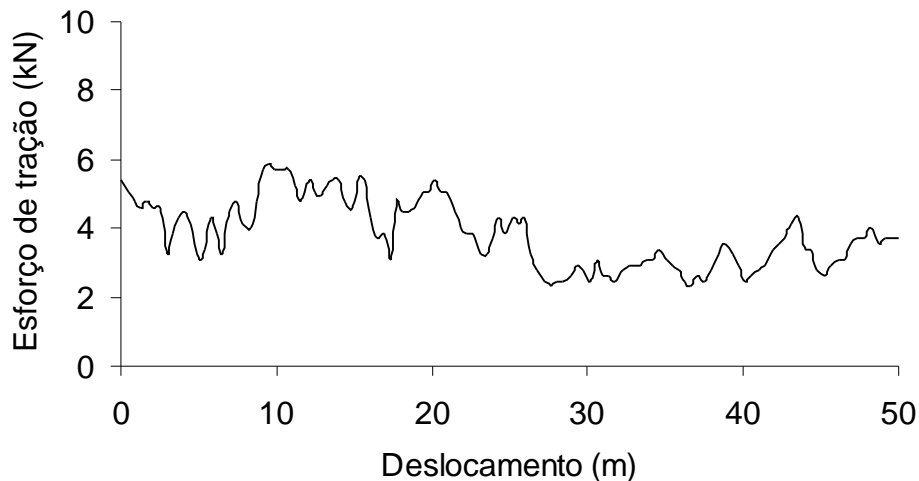
comparativa entre a rotação do motor do trator e as demais variáveis adquiridas e calculadas.



**Figura 9** - Gráfico da rotação do motor do trator em função da distância percorrida.

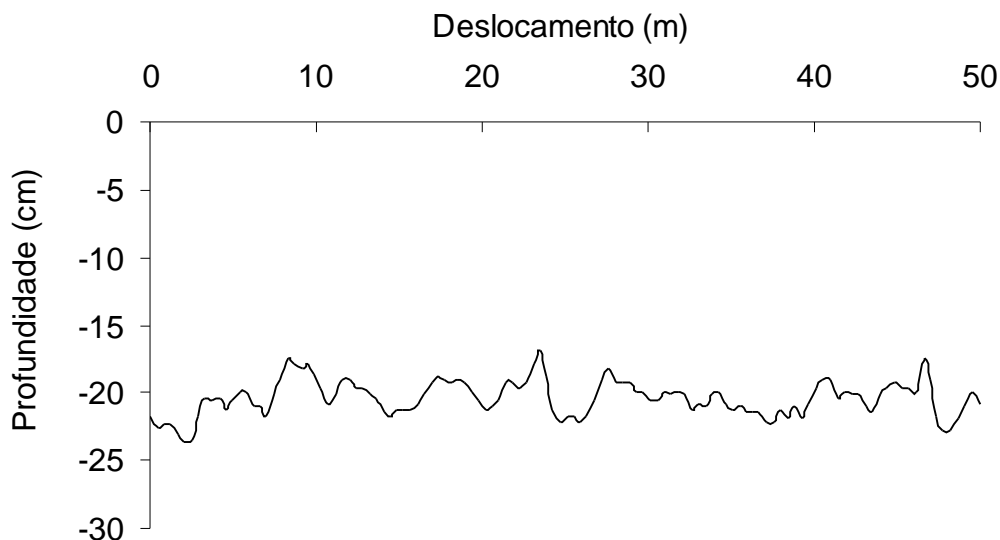
O esforço de tração do equipamento também pode ser relacionado ao seu deslocamento, permitindo desta forma a análise

deste fator em qualquer momento e qualquer ponto dentro da parcela experimental (Figura 10).



**Figura 10** - Gráfico do esforço de tração da haste do escarificador em função da distância percorrida.

A profundidade de atuação de uma haste de escarificador, durante todo o percurso da parcela, pode ser visualizada através do gráfico mostrado na Figura 11.



**Figura 11** - Profundidade de trabalho do escarificador em função da distância percorrida.

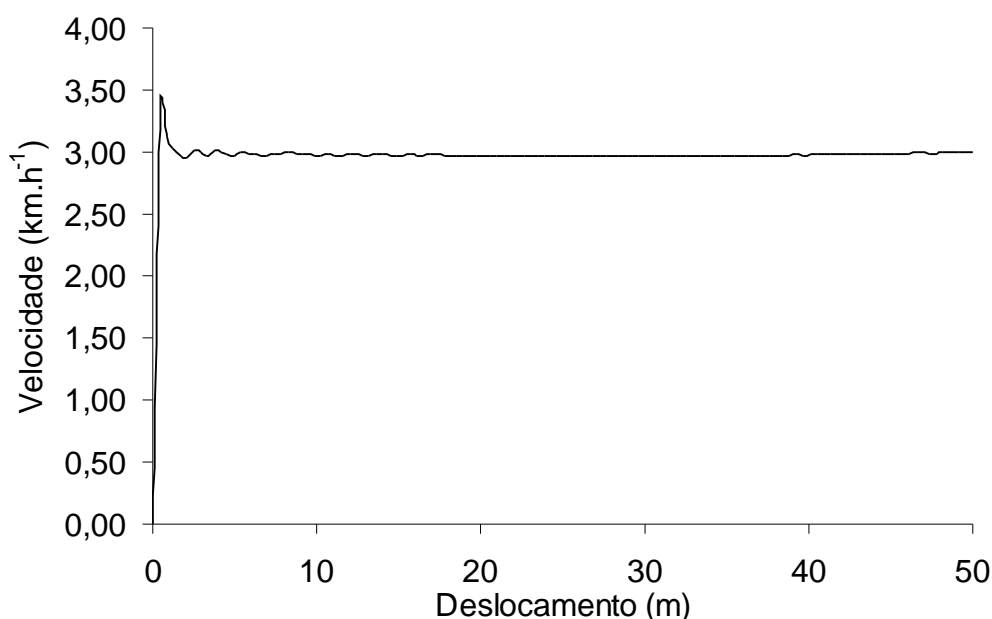
Através da união dos gráficos estabelecidos nas Figuras 10 e 11, pode ser feito um estudo direto e discretizado do esforço de tração na profundidade de atuação do implemento em qualquer ponto da parcela. Também podem ser identificados picos de máxima demanda de tração, proporcionados pelo implemento, o que vem a ser uma informação importante para o projetista de máquinas agrícolas.

Por meio dos dados obtidos referentes à

rotação da roda odométrica, é possível o cálculo da velocidade de trabalho do equipamento (Figura 12).

Além da comparação, esforço de tração-profundidade de trabalho, a observação da patinação das rodas motrizes do trator em conjunto com a velocidade de atuação do equipamento, possibilita uma melhor análise da relação solo-ferramenta de preparo e elemento tracionante, vindo a ser outra vantagem dos dados coletados com este sistema.





**Figura 12** - Velocidade de trabalho do escarificador em função da distância percorrida.

Pela facilidade na aquisição de dados, rapidez na transferência destes para o computador, e precisão das medições feitas, o sistema eletrônico de aquisição de dados acima descrito mostrou-se como uma ótima ferramenta para o desenvolvimento de estudos referentes à utilização de máquinas agrícolas em situação de trabalho real ou experimental.

## CONCLUSÕES

O sistema de aquisição de dados para máquinas agrícolas, aqui apresentado, atingiu plenamente aos objetivos propostos, ou seja, mostrou ser robusto, de fácil e rápida utilização na aquisição de dados, além de ser bastante preciso. Por tratar-se de um sistema bastante simples, sua manutenção, correção de possíveis falhas e ampliação tornam-se tarefas relativamente fáceis, além de apresentar custo de aquisição bastante inferior a equipamentos comerciais similares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIVO, A.; DI RENZO G. C. Trailed unit for testing implements under field conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research, Silsoe, UK* v.71, n.1, p.19-24. 1998.

CASÃO JUNIOR, R.; CHANG, C. S. Estudo dos esforços tridimensionais em hastes de paraplów em caixa de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. *Anais... Ilhéus: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola - SBEA*, p.1878-1894. 1993.

GARCIA, R. F.; QUEIROZ, D. M.; FERNANDES, H.C.; MIYAGAKI, O. H. Programa computacional para aquisição de dados para avaliação de máquinas agrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.7, n.2, p.375-381. 2003.

MACHADO, A. L. T. *Esforço de tração para ferramentas de hastes com ponteiros estreitas em dois solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 2001, 176p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MANTOVANI, E. C.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R. Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.34, n.7, p.1241-1246. 1999.

PAYNE, P. C. J. The relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. *Journal of Agricultural Engineering*

*Research*, Silsoe, UK, v.1, n.1, p. 23-50. 1956.

SALIRE, E.V.; HAMMEN, J.E.; HARDCASTLE. J.H. Compression of intact subsoils under short-duration loading. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.31, p.235-248, 1994.

SILVEIRA, G. M.; STORINO, M.; PECHE FILHO A.; YANAI, K; BERNARDI, J.A. Sistema de aquisição automática de dados para o gerenciamento de operações mecanizadas. *Bragantia*, Campinas, SP, v.64, n.2, p.305-310. 2005.