

**CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO E DA PRESSÃO DE INFLAÇÃO NOS PNEUS UTILIZANDO O EQUIPAMENTO CANTEIRADOR<sup>1</sup>**

GUSTAVO KIMURA MONTANHA<sup>2</sup>; SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA<sup>3</sup>; PEDRO ANDRADE-SANCHEZ<sup>4</sup>; JOHN HEUN<sup>5</sup> & KLEBER PEREIRA LANÇAS<sup>6</sup>

---

**RESUMO:** A mecanização agrícola impulsionou a agricultura atual melhorando a eficiência nas operações de campo e proporcionando um aumento na produtividade das culturas. Essa intensificação de atividades mecanizadas na agricultura, contudo, acarretou em maiores gastos energéticos nas propriedades rurais principalmente no consumo de combustível dos tratores agrícolas. O objetivo do trabalho foi comparar o consumo de combustível de um trator agrícola variando-se duas pressões de inflação nos pneus para dois tipos diferentes de solo utilizando o equipamento de preparo de solo canteirador para a cultura do algodão irrigado em regiões semiáridas. Os ensaios foram realizados em área pertencente à *The University of Arizona* com um trator Case 4x2 TDA de 88kW, equipado com sistema de piloto automático. Os resultados evidenciaram um menor consumo de combustível utilizando a pressão de inflação de 124 kPa em solo de textura franco argilo arenosa.

**Palavras-chave:** Ensaio de máquinas, mecanização agrícola, agricultura de precisão.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Avaliação do Consumo Energético no Preparo de Solo para a Cultura do Algodão Irrigado.

<sup>2</sup> Aluno do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP, Botucatu/SP - Brasil, [gmontanha@fca.unesp.br](mailto:gmontanha@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Orientador e Docente do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP, Botucatu/SP - Brasil, [ssguerra@fca.unesp.br](mailto:ssguerra@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Co-orientador e Docente do Departamento de Engenharia Rural da Maricopa Agricultural Center - MAC/The University of Arizona, Maricopa/AZ - EUA, [pandrade@ag.arizona.edu](mailto:pandrade@ag.arizona.edu)

<sup>5</sup> Pesquisador Especialista em Agricultura de Precisão do Departamento de Engenharia Rural da Maricopa Agricultural Center - MAC/The University of Arizona, Maricopa/AZ - EUA, [jheun@ag.arizona.edu](mailto:jheun@ag.arizona.edu)

<sup>6</sup> Docente do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - FCA/UNESP, Botucatu/SP - Brasil, [kplancas@fca.unesp.br](mailto:kplancas@fca.unesp.br)

## FUEL CONSUMPTION OF AGRICULTURAL TRACTORS IN COORELATION WITH SOIL TYPES AND TIRE PRESSURES USING IMPLIMENTS

**SUMMARY:** *Agricultural mechanization improved the efficiency of field operations by providing an increase in crop production. The intensified mechanization, however, has led to higher energy use mainly in the area of fuel consumption. The objective of this study was to compare the fuel consumption of tractors using two different tire pressures for two different types of soil during tillage with irrigated cotton in semi-arid regions. These tests were performed at the Maricopa Agricultural Center (MAC), an experimental farm belonging to The University of Arizona with a Case 4x2 TDA 88kW equipped with an autopilot system. The results showed lower fuel consumption using a tire pressure of 124 kPa on sandy clay loam soil.*

**Keywords:** *Test, mechanization, precision agriculture*

### 1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodão está entre as dez principais do mundo sendo cultivada economicamente em mais de 60 países, e em regiões semiáridas caracteriza-se por apresentar altos custos de produção, alta dependência de processos mecanizados, baixos índices pluviométricos e rigorosos critérios de avaliação de qualidade.

Nos Estados Unidos da América, a cadeia do algodão é a quinta em geração de valor dentre as cadeias agrícolas, o que confere poder econômico e político considerável aos seus agentes. Os principais estados americanos produtores são o Texas, Mississippi e Califórnia, e as principais espécies cultivadas são o Upland (*Gossypium hirsutum*) e a Pima (*Gossypium barbadense*). Cerca de 40% da produção do algodão é cultivada sob irrigação e mais de 90% é colhida mecanicamente onde mais de 95% utiliza variedades transgênicas resistentes a insetos (BUAINAIN, 2007).

O desenvolvimento da agricultura atual está diretamente ligado à intensificação de atividades mecanizadas no campo e do uso de novas tecnologias de agricultura de precisão voltadas para a agricultura, sendo o trator agrícola um dos fatores de maior importância responsável por transformar energia química contida nos combustíveis, em energia mecânica, através da força produzida na barra de tração, utilizada para tracionar máquinas agrícolas e torque na TDP para acionar equipamentos.

De acordo com Molin (2004) a agricultura de precisão, que era vista como um conjunto de ferramentas para o manejo localizado da lavoura, mais recentemente tem merecido uma definição mais sistêmica. É acima de tudo, uma nova forma de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola. É um elenco

de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos.

Em relação aos benefícios proporcionados pela agricultura de precisão, Antuniassi et al. (2007), afirmou que em termos econômicos, a utilização desta tecnologia possibilitou a priorização de investimentos em áreas onde o potencial de produção seja mais efetivo, garantindo maior retorno econômico. Do ponto de vista ambiental, a racionalização e a redução do uso de insumos devem ser avaliadas como principais benefícios da agricultura de precisão.

O piloto automático é um sistema de direcionamento via satélite acoplado ao sistema hidráulico do trator agrícola capaz de fornecer correções de direcionamento durante as operações de campo evitando erros de sobreposição e falhas.

O preparo de solo compreende um conjunto de práticas que têm como objetivo a preservação das características físicas, químicas e biológicas do solo, oferecendo condições ideais para sementeira, germinação e desenvolvimento das plantas. Esta operação é considerada uma das mais importantes no manejo do solo, pois os usos excessivos de implementos inadequados rapidamente degradam o solo. Portanto, é necessário planejar o uso racional com implementos adaptados às condições e tipos de solo, procurando manter ou aumentar o seu potencial produtivo (EMBRAPA, 2010).

As operações necessárias e os métodos de preparo variam principalmente em função das condições e do tipo solo, da declividade do terreno e dos recursos mecanizados disponíveis, sendo importante também a eliminação dos restos da vegetação anterior.

O consumo de combustível do trator agrícola engloba um dos custos mais elevados nas operações agrícolas sendo que o total consumido está diretamente ligado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo dentre outros.

Diversos métodos podem ser considerados ao se estudar o desempenho de máquinas agrícolas. Os métodos diretos são assim denominados porque decorrem da instrumentação e monitoramento das máquinas, permitindo a determinação dos fatores que otimizam os seus desempenhos, tais como: capacidade operacional, eficiência e consumo de combustível (CORDEIRO, 2000).

De acordo com Mialhe (1996), a mensuração da quantidade de combustível consumida, constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho como máquina térmica conversora de energia. O consumo de combustível pode ser expresso de duas maneiras: em relação ao tempo ( $L.h^{-1}$ ;  $kg.h^{-1}$ , etc) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido (consumo específico =  $g cv.h^{-1}$ ;  $g kW.h^{-1}$ , etc). O consumo horário geralmente é obtido por leitura direta de instrumentos de mensuração que podem ser expressas em termos ponderais ( $kg.h^{-1}$ ) ou volumétrico ( $L.h^{-1}$ ).

Dentre os fatores que podem influenciar o rendimento energético de um trator agrícola, o pneu agrícola surge como um dos mais importantes, pois além de garantir o equilíbrio, o deslocamento, o direcionamento e o amortecimento do trator, também está diretamente ligado nos seus resultados de desempenho operacional. A utilização correta do tipo de construção dos pneus, da pressão de inflação utilizada e da carga aplicada pode influenciar diretamente na eficiência produtiva e no consumo combustível do trator.

Segundo Franz (1988), os pneumáticos do trator constituem um de seus mais importantes componentes, pois tem a função de fornecer equilíbrio, vão livre, deslocamento, direcionamento e esforço trator. Lee e Kim (1997) afirmaram ainda que a pressão de inflação tem papel fundamental na área de contato entre o pneu e o solo, além da distribuição de pressão na sua superfície.

Pneus com baixa pressão de inflação tendem a ter maior área de contato com o solo, fornecendo ao trator maior capacidade trator. Correa et al. (2000) observaram uma tendência de melhoria na capacidade trator, quando os pneus estavam inflados na pressão recomendada pelo fabricante. Os resultados obtidos pelos autores evidenciaram diferenças expressivas do uso da pressão correta em relação às altas pressões de inflação, com redução de 11,5% na patinagem e de 3,2% no consumo de combustível do trator. Os autores obtiveram ainda um aumento de 3,7% na potência na barra de tração e de 4,4% na capacidade operacional, com o uso da pressão recomendada pelo fabricante de pneus comparado com a pressão baixa em pneus diagonais.

Lanças et al. (1995) estudaram os efeitos de pneus radiais em rodagem dupla 20.8 R 48 em ambos os eixos de tração em condições de campo com trator 4X4, para duas estações do ano (primavera e verão) em solo da Califórnia (EUA). Os testes realizados na primavera, foi realizado em um solo relativamente seco denominado Capay clay em um campo de arroz localizado em Woodland (EUA). Os testes realizados no verão, foram realizados em um solo denominado Ricon silt clay/yolo silt loan na Universidade de Davis-Califórnia. Os resultados mostraram que, com pressão correta/baixa ocorreu menor consumo de combustível, menor compactação do solo, maior desempenho operacional e maior capacidade de campo. A pressão de inflação reduzida tem sido recomendados pelos fabricantes de pneus agrícolas.

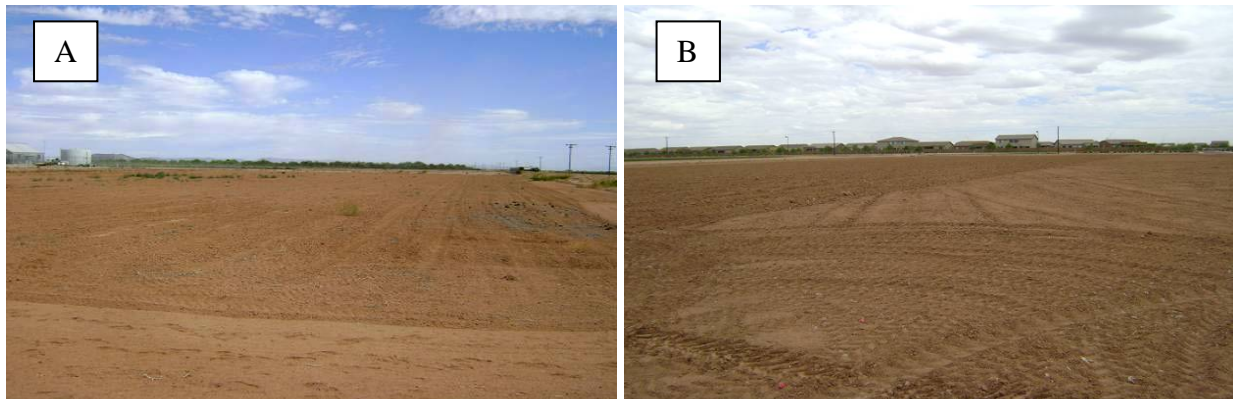
A partir dessas observações o presente trabalho teve como objetivo, comparar o consumo de combustível de um trator agrícola variando-se duas pressões de inflação nos pneus para dois tipos diferentes de solo, utilizando o equipamento de preparo de solo canteirador para a cultura do algodão irrigado em regiões semiáridas dos Estados Unidos da América.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no *Maricopa Agricultural Center - MAC*, pertencente à *The University of Arizona* localizada na cidade de Maricopa estado do Arizona, Estados Unidos.

Foram utilizadas duas áreas com características diferentes de textura de solo, denominadas Área 1 e Área 2 onde em função do sistema de irrigação utilizado nas culturas da região, as áreas apresentaram uma declividade de 1% no sentido longitudinal e nivelada no sentido latitudinal.

A Área 1 (Figura 1) está localizada entre as coordenadas geográficas UTM 33°05' S e 111°97' W e altitude de 430 m, com classificação de textura de solo franco argilo arenosa (52% areia, 35% argila, 13% silte). A Área 2 está localizado entre as coordenadas geográficas UTM 33°07' S e 111°97' W e altitude de 430 m, com classificação de textura de solo franco arenoso (71% areia, 12% argila e 17% silte).



**Figura 1** – Vista parcial da Área 1 (A) e Área 2 (B).

Para a realização de todos os ensaios foi utilizado um trator agrícola da marca Case, modelo MXM 120, 4x2 TDA, descrito na Tabela 1 e ilustrado na Figura 2.

Foi utilizado um sistema de direcionamento piloto automático da marca Trimble modelo AgGPS Autopilot System com sensores e equipamentos conectados junto ao sistema hidráulico de direção do trator que possibilitou o trajeto automático da máquina, sem necessariamente precisar da intervenção do operador, evitando assim sobreposições e falhas durante a realização dos ensaios.



**Figura 2** – Trator agrícola.

**Tabela 1** - Especificações do trator.

Descrição	Características
Marca	IH Case
Modelo	MXM 120
Motor	6 cilindros, 7,48L, turbo e intercooler
RPM máximo do motor	2200
RPM mínima do motor para 540 RPM TDP	1969
Capacidade de carga no sistema hidráulico	4425 kg
Peso sem lastro	5366 kg

O sistema de piloto automático possui um monitor digital sensível ao toque modelo AgGPS FieldManager que integra e processa as informações do sistema responsável pela visualização e geração de informações em tempo real para o operador (Figura 3).



**Figura 3** - Monitor digital do sistema de direcionamento piloto automático do trator.

Para a obtenção das coordenadas geográficas pelo GNSS (*Global Navigation Satellite System*), foi utilizado um receptor modelo AgGPS 332 da marca Trimble, apropriado para aplicações em agricultura de precisão, ilustrado na Figura 4 e descrito na Tabela 2. O receptor GNSS foi utilizado também no sistema de direcionamento de piloto automático do trator. Foi utilizado o sistema de correção diferencial cinemático em tempo real (RTK).

**Tabela 2** - Especificações do receptor GNSS.

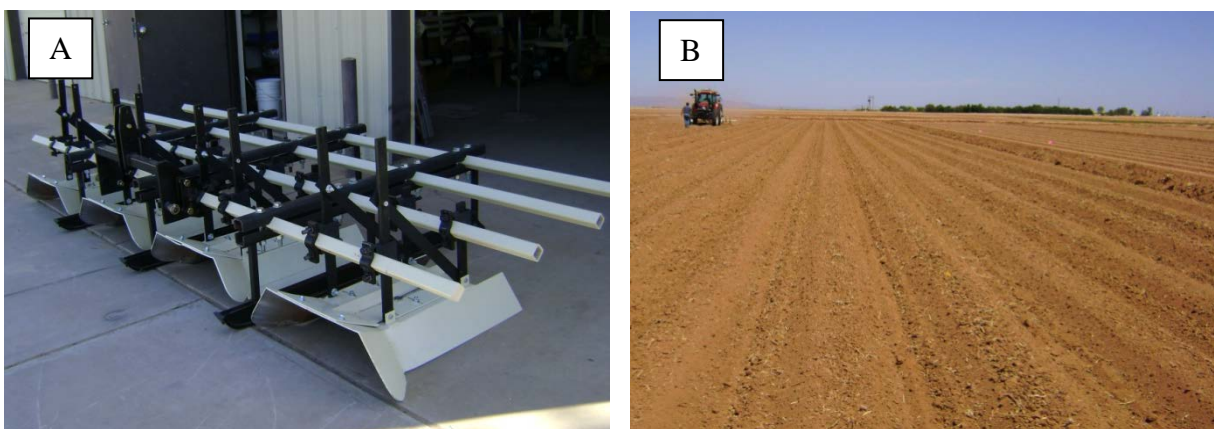
Descrição	Características*
Dimensões	14,78 cm (L), 5,58cm (A), 21,59cm (P)
Alimentação	350mA – 12V DC
Portas	2 portas de conexão ambas com suporte RS-332 e CAN
Canais	12 canais de recepção, L1, L2 e C/A
Mensagens NMEA	GGA, GLL, GSA, GST, GSV, MSS, RMC1, ZDA, GRS, PJK, PTNL PJT, PTNLID, PTNL, PTNL VHD, VGK, VTG, PTNLDG, PTNLEV, PTNSLM, XTE, ZDA
Frequência de mensagens NMEA	Até 5 Hz
Frequência padrão de mensagens NMEA	1 Hz

\* Informações obtidas no manual de operação, fornecido pelo fabricante (TRIMBLE, 2009).



**Figura 4** - Receptor e antena GNSS.

O equipamento de preparo de solo utilizado foi o canteirador responsável pela formação de canteiros para o plantio do algodão irrigado com massa de 1.976 kg, largura de 420 cm, quatro formadores de canteiro com largura de 85 cm cada com características de trabalho para quatro linhas de cultura (Figura 5).



**Figura 5** - Canteirador (A) e área parcialmente mobilizada pelo equipamento (B).

Os pneus utilizados foram da marca Michelin do tipo 320/85R38 dianteiros e 329/90R54 os traseiros.

O consumo de combustível foi medido com a utilização de um sistema de medição de fluxo de combustível desenvolvido pela empresa Floscan Instrument Inc. modelo/série 7500/7600. O sistema consiste em dois fluxômetros, três reguladores de fluxo e um painel digital (Figura 6).

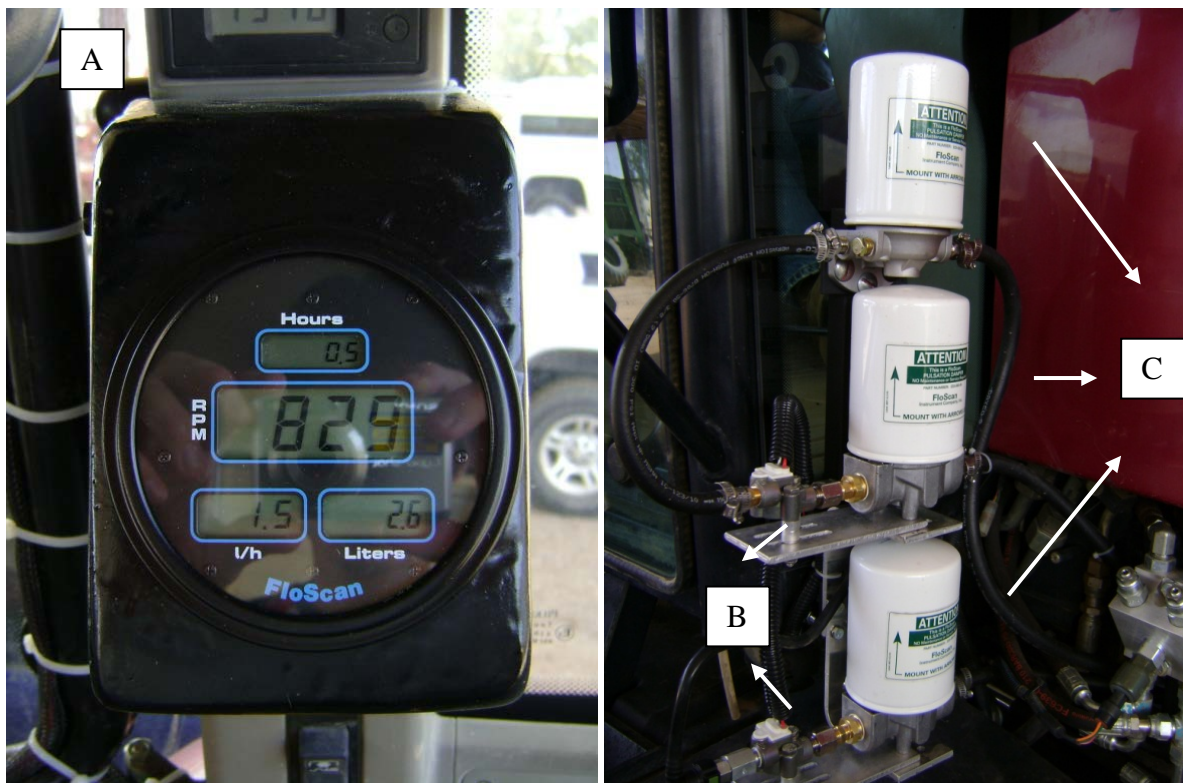
O sistema permitiu mensurar o consumo de combustível durante os ensaios determinando a diferença dos valores de fluxo em unidade de volume (mL), antes do motor e durante o retorno do combustí-



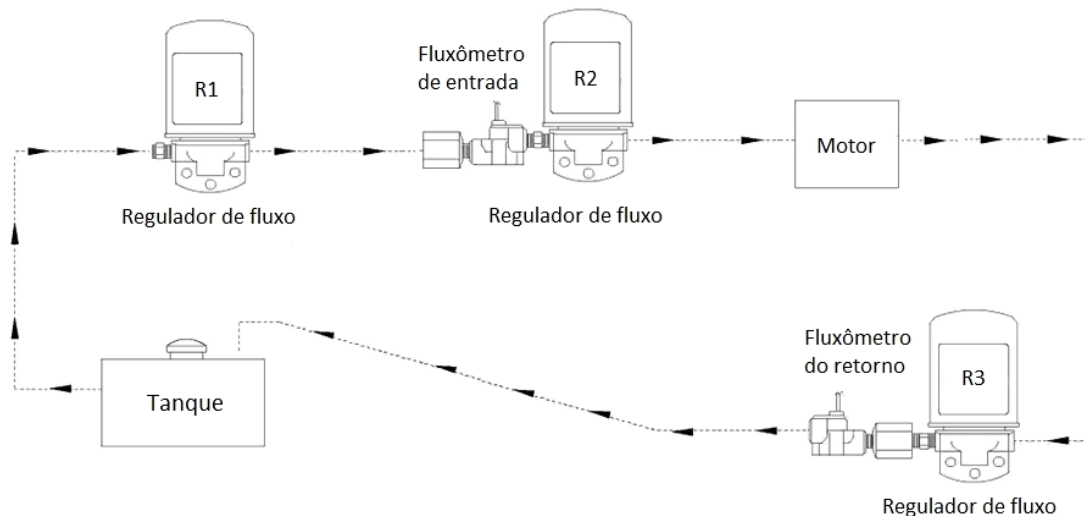
vel para o tanque. O sinal gerado pelo fluxômetro é um sinal de pulso com relação de um pulso por mL de combustível, alimentado por 12 VDC.

O primeiro sensor foi instalado após o sistema de filtragem de combustível na linha de alimentação da bomba injetora e o segundo sensor no retorno de combustível do tanque (Figura 7).

As informações geradas pelos sensores foram processadas no painel digital, instalado na cabine do trator, que apresentam os valores do total de horas trabalhadas, rotações por minuto (RPM) do motor, consumo de combustível em litros por hora e consumo total de combustível em litros.



**Figura 6** - Painel digital (A), fluxômetros (B) e reguladores de fluxo de combustível(C).



**Figura 7** - Esquema de instalação dos fluxômetros e reguladores de fluxo.

Foi utilizado um sistema de aquisição de dados modelo CR3000 da marca Campbell Scientific (Figura 8). O sistema de aquisição de dados incorpora teclado alfanumérico e visor LCD para visualização de programas e dados podendo ser utilizado tanto em locais remotos e estacionários como em aplicações portáteis onde realiza o processamento de dados por meio de uma linguagem de programação.



**Figura 8** - Sistema de aquisição de dados.

Os tratamentos foram definidos em função do tipo de textura de solo e da pressão de inflação nos pneus (Tabela 3). A rotação do motor foi 1600 rpm, constante em todas as repetições e a marcha utilizada foi a A-4 com velocidade média de 7 km/h.

**Tabela 3** - Descrição dos tratamentos adotados nos ensaios.

Tratamento	Descrição
1	Solo franco arenoso, pressão de 124 kPa
2	Solo franco arenoso, pressão de 242 kPa
3	Solo franco argilo arenoso, pressão de 124 kPa
4	Solo franco argilo arenoso, pressão de 242 kPa

Os dados gerados pelos sensores instalados no trator, foram armazenados no sistema de aquisição de dados com uma frequência de aquisição de 2 Hz onde foram desenvolvidas linhas de comando utilizando a linguagem de programação CRBasic através do programa computacional Datalogger Support Software PC400 1.5 que determinaram as rotinas a serem executadas pelos dados coletados.

O sistema de aquisição de dados registrou os dados obtidos pelo receptor GNSS e os dados obtidos pelos fluxômetros. Pôde-se optar pela visualização das informações de consumo de combustível em tempo real por meio de um painel digital instalado dentro da cabine do trator que forneceu as informações: total de horas trabalhadas, rotações por minuto (rpm) do motor, consumo de combustível em litros por hora e consumo total de combustível em litros.

A velocidade média de deslocamento foi determinada a partir dos dados coletados pelo receptor GNSS. Para cada repetição, foi calculada a distância percorrida, subtraindo-se os dados de posição inicial pela posição final obtida pelo receptor GNSS. Para o cálculo do tempo decorrido foi subtraído o tempo final pelo tempo inicial. A velocidade de deslocamento ( $\text{Km} \times \text{h}^{-1}$ ) foi obtida de acordo com a Equação 1:

$$V_{mr} = \left( \frac{s}{t} \right) 3,6 \quad (1)$$

onde:

$V_{mr}$  – velocidade media da repetição (km/h);

s – distância percorrida na repetição (m);

t – tempo decorrido na repetição (s)

3,6 – fator de conversão

Os pulsos gerados pelo fluxômetro volumétrico foram convertidos em volume, considerando a vazão de 1 mL por pulso e o tempo gasto na parcela. O cálculo do consumo horário de combustível foi realizado de acordo com a Equação 2:

$$C_{hr} = \left( \frac{Tp}{t} \right) 3,6 \quad (2)$$

onde:

$C_{hr}$  – consumo horário ( $L \cdot h^{-1}$ );

$Tp$  – total de pulsos obtidos pelo fluxômetro;

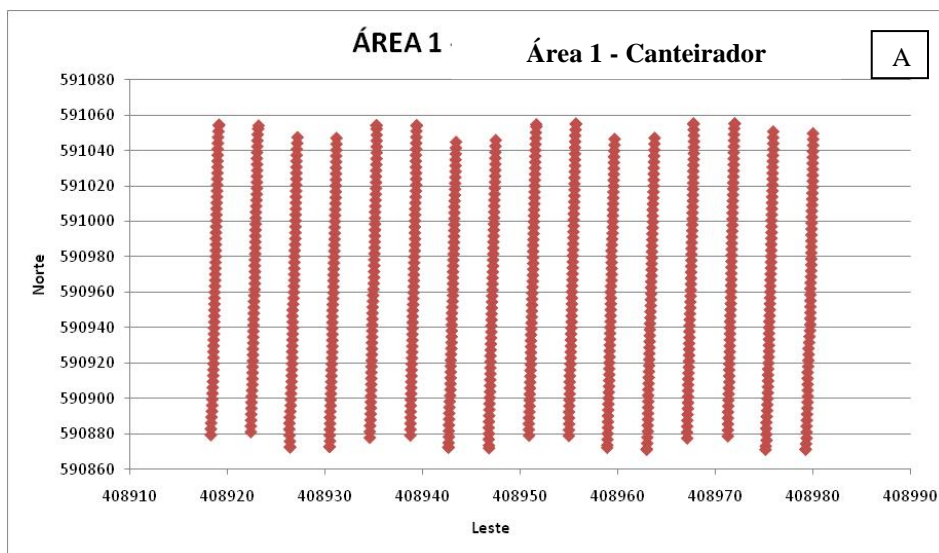
$t$  – tempo decorrido na parcela (s)

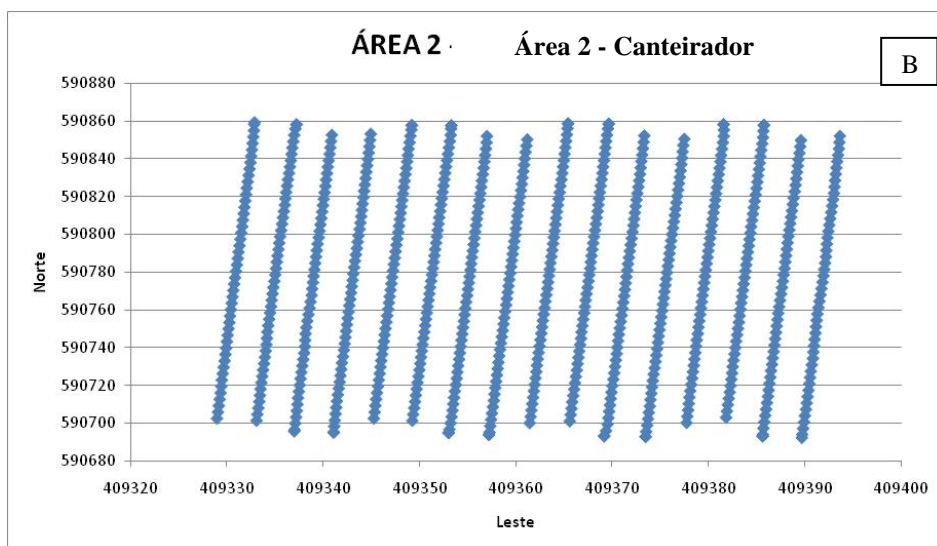
3,6 – fator de conversão

A velocidade média de deslocamento para a Área 1 foi de 6,8 km/h utilizando as pressões de inflação nos pneus de 242 kPa (35psi) e 124 kPa (18psi). Na Área 2 a velocidade média foi de 6,9 km/h utilizando as pressões de inflação nos pneus de 242 kPa (35psi) e 124 kPa (18psi).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com um arranjo fatorial 2x2, sendo analisados dois tipos de textura de solo (franco arenoso e franco argilo arenoso) e duas pressões de inflação nos pneus (242 e 124 kPa) com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais conforme Figura 9.

Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene. Os dados foram testados pela análise de variância pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.





**Figura 9** - Repetições e tratamentos com o canteirador para Área 1 (A) e Área 2 (B).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 4** - Síntese dos valores da análise de variância para o consumo horário de combustível ( $L \cdot h^{-1}$ ) com o equipamento canteirador.

Fonte de variação	G. L.*	SQ**	QM***	F (0,05)	P-valor
Solo	1	0,038	0,038	0,41	0,536 <sup>NS</sup>
Pressão	1	1,106	1,106	11,97	0,007 <sup>S</sup>
Solo x Pressão	1	0,644	0,644	6,97	0,026 <sup>S</sup>
Bloco	3	0,491	0,164	1,77	0,222 <sup>NS</sup>
Resíduo	9	0,832	0,092		
Total	15	3,110			

\*grau de liberdade; \*\*soma dos quadrados; \*\*\*quadrado médio; <sup>NS</sup> não significativo; <sup>S</sup> significativo.

Para o fator pressão de inflação dos pneus confirmou-se a hipótese de menor consumo de combustível utilizando pressões mais baixas em pneus radiais, segundo citado por Lanças et al. (1995), Corrêa (2000) e Potier (1990). Houve uma redução de 3% no consumo horário de combustível utilizando a pressão mais baixa de 124 kPa em relação a mais alta de 242 kPa.

Foi possível identificar diferença estatisticamente significativa no consumo horário de combustível ( $L.h^{-1}$ ) na interação dos fatores textura do solo e pressão de inflação nos pneus, conforme Tabela 5.

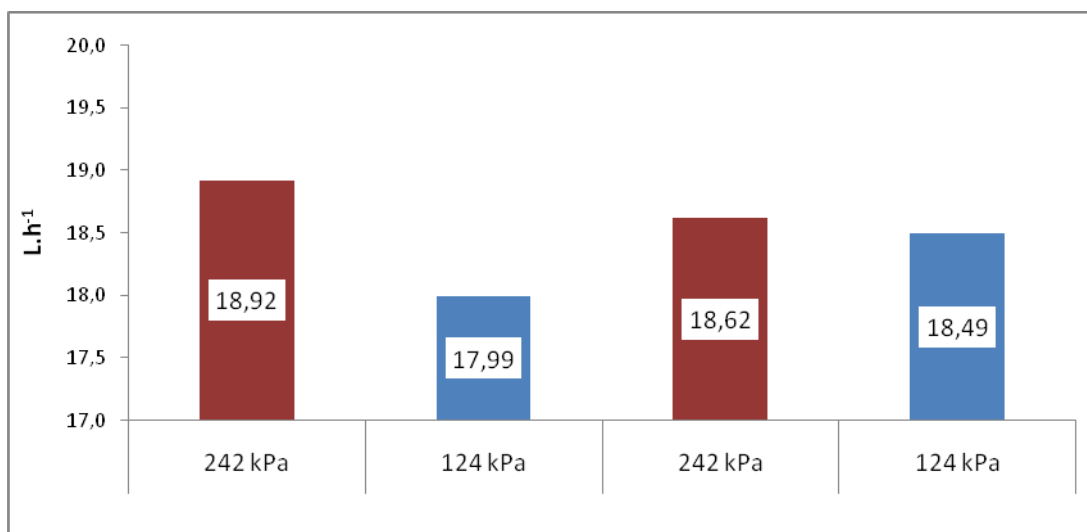
**Tabela 5** - Valores médios do consumo horário de combustível ( $L.h^{-1}$ ) do trator para duas texturas de solo e duas pressões de inflação nos pneus.

Tipo de textura de solo	Pressão de inflação nos pneus	
	242 kPa	124 kPa
Área 1	18,92 aA *	17,99 aB
Área 2	18,62 aA	18,49 aA

\* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 5\%$ )

A utilização da pressão de inflação mais baixa de 124 kPa em solo com textura franco argilo arenosa apresentou os melhores resultados de consumo horário de combustível.

Os resultados evidenciaram redução de 4,9% no consumo horário de combustível em relação à Área 1 utilizando a pressão de inflação de 242 kPa; redução de 3,3% no consumo horário de combustível em relação à Área 2 utilizando a pressão de inflação de 242 kPa e redução de 2,7% no consumo horário de combustível em relação à Área 2 utilizando a pressão de inflação de 124 kPa, conforme ilustrado na Figura 10.



**Figura 10** - Médias de consumo de combustível para os tratamentos no Ensaio 2.

## 4 CONCLUSÕES

Para ambos os tipos de solo, o trator agrícola apresentou redução no consumo horário de combustível utilizando a menor pressão de inflação nos pneus de 124 Kpa.

Utilizando o equipamento canteirador o trator agrícola apresentou o menor consumo horário de combustível utilizando a pressão de inflação de 124 kPa em solo de textura franco argilo arenosa.

## 5 REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: ABRAPA, 2007. 934 p.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva do algodão**: série agronegócios. Brasília: MAPA/SPA, 2007. 108 p.

CORDEIRO M.A.L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000. 153 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CORREA, I.M.; LANÇAS, K.P. Desempenho operacional de pneus radiais de baixa pressão e pneus diagonais em trator 4x2 Aux. com a tração dianteira desligada. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 44-55, 2000.

EMBRAPA. Cuidados básicos para o plantio mecanizado de soja em Rondônia. Disponível em: <<http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/infotec/soja.PDF>> Acesso em: 2 jan. 2010.

FRANZ, C. A. B. **Avaliação do desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas, com diferentes níveis de desgaste**. 1988. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1988.

LANÇAS, K.P.; SANTOS FILHO, G.; UPADHYAYA, S.K. **Implication of using low/correct inflation pressure for radial ply tractor tires**. St. Joseph: ASAE, 1995. (Paper AETC 95-056).

LANÇAS, K. P. **Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da las-tragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas**. 1996. 171 p. Tese (Livre Docente) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1996.

LEE, D. R.; KIM, K. U. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. **Journal of Terramechanics**, Suweon, nº 03, v. 34, p. 187 – 208, 1997.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p.

MOLIN, J. P. Utilização de GPS em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.3, p.121-132, 2004.

POTIER, M. Pnues: la pression baisse. **Agri-Décideur**, Antony, n. 26, p. 15-28, oct. 1990.