



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM TRATOR AGRÍCOLA E SUAS IMPLICAÇÕES DE USO EM ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO EM ALTAMIRA-PA

Jairo de Sousa Neres¹; Ronilson de S. Santos²; Djair Alves Moreira³; Rainério M.da Silva⁴

RESUMO

Através da mecanização dos sistemas produtivos, é possível elevar consideravelmente os níveis de produtividade das culturas. No entanto, a não observância em alguns coeficientes operacionais do trator agrícola são determinantes para que ocorram alterações físicas e químicas com conseqüências negativas para a capacidade produtiva do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de um trator agrícola submetido a quatro condições de lastragem em três operações, quantificando o índice de patinagem, consumo horário de combustível, eficiência de operação e a ação sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Amarelo, no município de Altamira-Pará. O aumento da lastragem reduziu os índices de patinagem na operação de aração. Na operação de nivelamento foi onde o trator imprimiu maior velocidade de deslocamento e teve maior consumo horário de combustível; Considerando apenas as operações foi na aração onde ocorreu maior índice de patinagem. Na operação de semeio foi onde o trator teve maior eficiência operacional. Associado a lastragem, as condições físicas da superfície do solo agem no consumo de combustível nas diversas operações do conjunto trator/implemento. Não foi possível constatar efeito da lastragem sobre as propriedades físicas do solo em apenas um ciclo agrícola.

Palavras-chave: Mecanização agrícola, rendimento operacional, operações agrícolas convencionais, densidade do solo, porosidade do solo.

OPERATIONAL PERFORMANCE OF AN AGRICULTURAL TRACTOR AND ITS IMPLICATIONS FOR USE IN SOME PHYSICAL ATTRIBUTES OF A YELLOW LATOSOL IN ALTAMIRA- PA

ABSTRACT

Through the mechanization of the productive systems, it is possible to elevate the levels of productivity of the cultures considerably. However, the non observance in some operational coefficients of the agricultural tractor is decisive so that they happen alterations with negative consequences for the working power of the soil. The objective of this work was to evaluate the performance of an agricultural tractor submitted to four ballasting conditions in three operations, quantifying the skating index, hourly consumption of fuel, operation efficiency and the action on some physical attributes of a Yellow Latosol, in the municipal of Altamira-Pará. The increase of the ballasting reduced the skating indexes in the plowing operation; In the leveling operation it was where the tractor printed larger displacement speed and he/she had larger consumption schedule of fuel; Considering the operations was just in the plowing where happened larger skating index; In the operation of I sow it was where the tractor had larger operational efficiency. Associated to the ballasting, the physical conditions of the surface of the soil act in the consumption of fuel in the several operations of the group tractor/implement; it was not possible to verify effect of the ballasting on the physical properties of the soil in just an agricultural cycle.

Keywords: Agricultural mechanization, operating income, conventional farming operations, soil density, soil porosity.

Trabalho recebido em 13/12//2011 e aceito para publicação em 26/07/2012.

¹ Engenheiro Agrônomo, Analista Ambiental da SEMAT de Altamira – PA;

² Engenheiro Agrônomo, Professor de Engenharia Agrícola da FEA/ Universidade Federal do Pará - Campus de Altamira; Rua Cel. José Porfírio nº 2515, São Sebastião, C.E.P nº 68372-040 Altamira-PA, e-mail: rrsantos@ufpa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Professor de Engenharia Agrícola da FEA/ Universidade Federal do Pará - Campus de Altamira;

⁴ Engenheiro Agrônomo, Professor de Engenharia Agrícola da FEA/ Universidade Federal do Pará - Campus de Altamira.

1. INTRODUÇÃO

Através da mecanização dos sistemas produtivos é possível elevar consideravelmente os níveis de produtividade das culturas, principalmente através da maior capacidade operacional das atividades mecanizadas, em comparação às atividades em que a fonte de potência é por meio de propulsão humana ou por tração animal (ERENO, 2008). No entanto, a não observância em alguns condicionantes operacionais do trator, tais como: eficiência de operação, velocidade de trabalho, potência requerida, tipos de pneus, índice de patinagem, pressão de inflação nos pneus e lastreamento, durante as operações, são determinantes para que ocorram alterações com conseqüências negativas para a capacidade produtiva do solo.

Define-se desempenho operacional das máquinas agrícolas como um complexo conjunto de informações que determinam suas características ao executarem operações sob determinadas condições de trabalho. Essas informações podem ser relativas à qualidade e quantidade de trabalho; e dinâmicas, relativas à potência e a velocidade de trabalho (FESSEL, 2003).

As características operacionais referem-se as capacidades de trabalho

teórica e efetiva. A capacidade de trabalho teórica é o valor de desempenho obtido se a máquina trabalhasse durante uma hora em velocidade constante, utilizando a largura total do implemento, desconsiderando as sobreposições de deslocamento e perdas de manobras de cabeceira (SILVEIRA, 2006). Ao contrário da capacidade de trabalho efetiva que, considera a largura total do implemento e velocidade constante de deslocamento, associando a estas as perdas de tempo durante as manobras de cabeceiras bem sobreposição do implemento sobre o solo. Perdas que são provocadas por mau regulagem e/ou adequação do trator ao implemento, agravada pela imperícia do operador (SANTOS, 2010). A eficiência é definida como a razão entre a área efetivamente trabalhada por unidade de tempo e a capacidade teórica do conjunto trator implemento (ASAE, 2001; BURLA, 2001).

No que se refere às características dinâmicas e de regulagens do conjunto trator/implemento, o sistema de rodado de um trator tem papel importante nas características operacionais, pois é o principal elemento responsável pela sustentação, propulsão e direcionamento da máquina (LOPES *et al.*, 2003). Sendo assim, a adição de lastros à estrutura do trator é fundamental para controlar a patinagem das rodas motrizes e a

estabilidade da máquina, quando se traciona implementos que, requerem elevada capacidade tratórica na barra de tração do trator.

Definir a quantidade de lastro para um trator agrícola é uma questão relativamente difícil, dado que dele se deseja versatilidade de uso em diversas operações agrícolas em solos com diferentes condições físicas. Sendo assim, opta-se por uma condição em detrimento de outra, ou considera-se uma condição média onde, é preciso administrar o excesso ou a falta, a cada situação. Se, por um lado, a falta de lastro em operações de alta exigência de tração ocasiona altos índices de patinagem, com influência no desgaste prematuro dos pneus e na perda de eficiência do trator; o excesso de lastro é conhecido como o maior responsável pela compactação do solo, devido maior pressão dos rodados sobre o solo (CORRÊA *et al.*, 1997).

De acordo com os resultados obtidos no trabalho realizado por Yanai *et al.* (1999) Os quais utilizaram um trator de pneus sob quatro condições de lastreamento, inflados com quatro níveis de pressão, a patinagem e coeficiente de tração mostraram-se bastante influenciados pela lastragem, verificando-se aumentos na ordem de 14,5% e 15,0%, respectivamente,

quando a lastragem diminuiu de 51,28 kN para 43,01 kN.

Lopes *et al.* (2003), comparando o consumo de combustível de um trator agrícola operando com pneus radiais, diagonais e de baixa pressão em duas condições de lastragem, com e sem água nos pneus, e quatro velocidades de deslocamento, verificaram que a lastragem com água nos pneus combinada com variações de velocidade, reduziu o consumo de combustível. Encontrando valores entre 10,69 e 18,69 L.h⁻¹.

De acordo com Monteiro (2008) comparando o desempenho operacional e energético de um trator equipado com pneus radiais e com pneus diagonais, em três condições de lastragem líquida com 0 %, 37,5 % e 75 % de água, sob três condições superficiais de cobertura do solo, a saber: superfície firme, superfície mobilizada e superfície firme com cobertura de restos de cultura e três condições de deslocamento, variando a marcha de avanço do conjunto, concluiu que com o lastro de 37,5 % de água nos pneus radiais, foram obtidos os menores valores de patinagem e consumo horário de combustível. Os maiores valores de patinagem e consumo horário de combustível se deram nos tratamentos com solo de superfície mobilizado, mostrando que esta condição foi responsável pelo

menor desempenho do trator. Verificou-se também que à medida que se elevou a velocidade de deslocamento, o consumo de combustível também se aumentou.

Silveira *et al.* (2006) monitoraram as atividades de mecanização abrangendo as operações convencionais de aração, gradagem, semeadura e cultivo, e determinaram as capacidades de trabalho campo e teórica e a eficiência de campo dos diferentes conjuntos trator/implemento. Os quais encontraram valores médios de capacidade de trabalho de campo iguais a 0,186, 0,866 e 0,168 ha.h⁻¹ nas operações de aração, gradagem e semeadura, respectivamente. Com valores de eficiência de operação de 65, 62 e 49 % para as mesmas operações. Valores estes considerados baixos, face o que geralmente se menciona nas literaturas, com valores cima de 70 % de eficiência para estas operações.

Em relação aos atributos físicos do solo, estes são significativamente modificados com o tráfego contínuo de máquinas causando a compactação dos solos e, por consequência baixos rendimentos das culturas. As principais alterações evidenciam-se por modificações nos valores de densidade do solo, porosidade total, distribuição do diâmetro dos poros, porosidade de aeração,

armazenamento e disponibilidade de água (SOUZA, *et al.* 2004).

A compactação do solo é um processo em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas e a resistência ao cisalhamento é aumentada, em virtude de cargas ou pressões aplicadas. Esse processo afeta o crescimento e o desenvolvimento radicular. Aumenta a densidade do solo, as perdas de nitrogênio por desnitrificação, o consumo de combustível das máquinas no preparo dos solos e a erosão pela menor infiltração de água no solo (ABREU *et al.*, 2004).

Souza *et al.* (2004) avaliando as modificações dos atributos físicos de um Latossolo Amarelo quando submetido a diferentes sistemas de manejo. Inclusive, não submetendo-o a revolvimento. Os quais encontraram valores médios de densidade do solo entre 1,09 e 1,35 g.cm⁻³ nas profundidades de 0-20 cm e de 1,19 e 1,40 g.cm⁻³ nas profundidades de 20-40 cm. Concluindo assim, que ao manter o solo sem ação de trânsito de máquinas, apresentou melhores condições de qualidade, pois a matéria orgânica manteve-se em níveis similares à floresta nativa e com menores alterações nos atributos físicos do solo, comparado aos demais sistemas de uso.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de um trator

agrícola submetido a quatro condições de lastragem e a ação sobre alguns atributos físicos de um latossolo amarelo, no município de Altamira-PA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Barretense, localizada no município de Altamira, sudoeste do Estado do Pará e tem as seguintes coordenadas geográficas: 03° 13'18,75" de latitude Sul e 52° 15' 58,10" de longitude a Oeste de Greenwich.

O clima do Município de Altamira é do tipo equatorial Am e Aw, da classificação de Köppen com temperaturas médias de 26°C, e precipitação anual em torno de 1.680 mm (INMET, 2010). De acordo com a análise física o solo da área do experimento foi classificado como Latossolo amarelo de textura Franco-Argilo-Arenoso, com índices de areia fina, areia grossa, silte e argila 32,6; 29,8; 11,6; e 26 %, respectivamente. O relevo da área foi classificado como suave com 4% de declividade média.

A área de estudo abrangeu 1,5 hectares e, estava em pousio por cerca de cinco anos. O local apresentava cobertura vegetal composta de plantas daninhas diversas que foram controladas através de roço mecanizado, com roçadeira tracionada por trator agrícola. Anterior ao período de pousio a área era formada por pastagem

com capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf vr. *Marandu*).

O delineamento experimental usado foi em Blocos Inteiramente Casualizado, com os seguintes tratamentos: L1 = trator sem lastro; L2 = 75 % lastro líquido e 100 kg de pesos metálicos no eixo traseiro, e 64 kg de pesos metálicos no eixo dianteiro; L3 = 75 % lastro líquido e 200 kg de pesos metálicos no eixo traseiro, e 128 kg de pesos metálicos no eixo dianteiro; L4 = 75 % lastro líquido e 300 kg de pesos metálicos no eixo traseiro, e 192 de kg pesos metálicos no eixo dianteiro. Todos estes tratamentos foram repetidos com as operações de aração, nivelamento e semeio.

Os lastros metálicos utilizados no eixo traseiro pesavam 50 kg cada enquanto os do eixo dianteiro 32 kg cada.

As parcelas de cada bloco apresentavam uma área de 10 x 43 m de comprimento espaçadas a 5 x 16 m (ruas e cabeceiras). Entre um bloco e o seguinte o espaçamento foi de 8 x 16 m (ruas e cabeceiras). De forma a facilitar as manobras.

O trator utilizado nas operações foi o da marca Massey Ferguson, modelo 283, com massa de 2420 kg . Potência de 63 kW a 1900 rpm. Rodados, 18.4-30 e 12.4-24 R1, traseiro e dianteiro, respectivamente, Inflados com pressão de

serviço de 24 e 26 Lb.pol², dianteiros e traseiros. De acordo com recomendação do fabricante do trator.

As operações foram efetuadas nos meses de outubro e novembro de 2009, sob umidade do solo de 10,1 % determinada de acordo com EMBRAPA (1997). O preparo da área consistiu de uma aração, com grade aradora de arrasto com levante no controle remoto, tipo off-set de dupla ação com discos de 26", a 0,30 m de profundidade. A operação de nivelamento foi efetuada com grade niveladora de arrasto, com discos de 20" com duas repetições a 0,15 m de profundidade. No início do mês de Dezembro de 2010, foi efetuada a simulação da operação semeio do milho, utilizando semeadora-adubadora de precisão de 3 linhas, com espaçamento de 0,80 m entre linhas.

As determinações dos coeficientes operacionais índice de patinagem, capacidade de trabalho efetivo, eficiência de operação, consumo de combustível.h⁻¹ foram determinados, baseando-se nas metodologias descritas por Louzada *et al.* (2007); Balastreire e Coelho (2000); Silveira *et al.* (2006); Lopes *et al.* (2003).

A fim de avaliar a ação dos tratamentos sobre o solo, foram coletadas amostras indeformadas no mês de março de 2010, em três profundidades (0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20- 0,30 m) para determinar

e avaliar densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade e a relação entre estes dois últimos. Utilizando a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Os dados de desempenho operacional e atributos físicos do solo foram submetidos ao teste de média comparado pelo de Teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software estatístico Assistat Ver. 7.5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação dos coeficientes operacionais, as operações de nivelamento e semeio, todos os parâmetros analisados não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos nas três operações (Tabela 1). Na operação de aração o índice de patinagem apresentou diferença estatística significativa entre o tratamento L1, 9,13 %, sendo o maior valor entre os demais e o tratamento L4, com o menor, 5,79 %. Indicando que o aumento da lastragem resultou em menor índice de patinagem. Condição esta, que de acordo com as observações de Yanai *et al.* (1999) em situação semelhante, também apontou que o aumento da lastragem, reduziu os índices de patinagem. Entretanto, não foi significativo para os demais parâmetros, como consumo de combustível. Estes autores afirmam ainda

que o uso de lastro, sob certos limites, tem sido uma opção para reduzir a patinação, uma vez que proporciona melhor aderência dos pneus ao solo.

Tabela 1: Média dos valores de coeficientes operacionais do conjunto trator implementos agrícola, em três operações, submetido a quatro condições de lastragem.

1 – ARAÇÃO					
Tratamentos	Velocidade (Km.h ⁻¹)	Patinagem (%)	Eficiência (%)	Capacidade de Trabalho Efetivo (ha.h ⁻¹)	Consumo de Combustível (L.h ⁻¹)
L1	5,80 A	9,13 A	57,11 A	0,50 A	11,13 A
L2	5,57 A	6,94 B	58,80 A	0,49 A	10,67 A
L3	5,85 A	6,00 B	51,12 A	0,44 A	8,90 A
L4	5,85 A	5,79 B	49,51 A	0,43 A	11,23 A
2 – NIVELAMENTO					
L1	6,86 A	4,25 A	60,84 A	1,46 A	14,11 A
L2	7,27 A	4,75 A	57,02 A	1,45 A	13,52 A
L3	6,86 A	6,00 A	60,78 A	1,46 A	13,21 A
L4	7,05 A	4,43 A	59,42 A	1,46 A	13,04 A
2 – SEMEIO					
L1	5,79 A	4,25 A	77,17 A	0,74 A	7,07 A
L2	5,86 A	4,75 A	83,00 A	0,80 A	7,34 A
L3	5,90 A	4,25 A	77,31 A	0,75 A	7,00 A
L4	5,73 A	4,43 A	77,67 A	0,73 A	7,32 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Em relação a eficiência, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos (Tabela 1). Este comportamento pode ser entendido como a ação direta das condições de umidade do solo no momento da realização das operações, que neste experimento pouco se alterou, corroborando a afirmativa de Smith (1965) de que a umidade do solo tem influencia na eficiência das operações.

A capacidade de trabalho de campo obteve valores variando de 0,43 a 0,50

ha.h⁻¹. Na operação de aração; de 1,45 a 1,46 ha.h⁻¹, na operação de nivelamento e de 0,73 a 0,80 ha.h⁻¹, na operação de semeio. Sem diferença estatística significativa entre os tratamentos, dentro de uma mesma operação (Tabela 1). Comportamento que pode ser explicado através das proposições de Richey *et al.* (1961) os quais argumentam que uma vez sendo a velocidade de deslocamento constante, mesmo que haja adição ou retirada de lastro a capacidade de trabalho sofrerá poucas variações.

Não houve diferença estatística significativa no consumo horário de combustível entre os tratamentos, dentro de uma mesma operação (Tabela 1). Cordeiro (1994) mediu o consumo de combustível utilizando três níveis de lastragem em trator agrícola. Sob esta condição, o mesmo encontrou resultados semelhantes a deste experimento. De igual modo, Yanai *et al.* (1999) utilizaram um trator sob quatro condições de lastreamento e concluíram que a mesma não influenciou no consumo horário de combustível. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho se contrapõem aos encontrados por Lopes *et al.* (2003) que em condições semelhantes ao tratamento L4 obtiveram redução no consumo horário de combustível.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias dos coeficientes operacionais, comparadas entre as operações de aração, nivelamento e semeio. As quais se constata diferenças estatísticas significativas entre as mesmas. Observa-se que a patinagem, na operação de aração foi onde ocorreu maior índice deste parâmetro, sendo igual a 6,96 %. O menor índice foi na operação de semeio, 4,42% (Tabela 2). Estes valores são considerados baixos, quando são considerados os parâmetros propostos pela ASAE (2001). Os quais variam de 8 a 10% para solos firmes e de 10 a 15 % em superfícies mobilizadas, conforme citado por Monteiro e Silva (2009).

Tabela 2: Média dos valores de coeficientes operacionais do conjunto trator implementos agrícola, em três operações, submetido a quatro condições de lastragem.

OPERAÇÕES	Velocidade (Km.h ⁻¹)	Patinagem (%)	Eficiência (%)	Consumo de Combustível (L.h ⁻¹)
ARAÇÃO	5,74 B	6,96 A	54,13 C	10,48 B
NIVELAMENTO	7,01 A	4,86 B	59,51 B	13,47 A
SEMEIO	5,82 B	4,42 C	78,80 A	7,18 C

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

No parâmetro eficiência, o maior valor foi obtido na operação de semeio com 78,8 %, seguido pela operação de nivelamento, com 59,51 % e aração, a qual obteve o menor valor, com 54,13 % de eficiência (Tabela 2). Nesta última, o

provável agente motivador pode ter sido as condições de umidade do solo, a qual estava em torno de 10 %. Condição que favorece o aumento da resistência a penetração e movimentação dos discos no solo. Fato que é corroborado por Silveira *et*

al. (2006), Debiasi (2008) os quais em operação semelhante constataram que o solo com baixos teores de umidade tende a aumentar a resistência do solo ao revolvimento. Reduzindo assim, os valores do parâmetro em questão.

Já no parâmetro consumo horário de combustível, o maior valor foi encontrado na operação de nivelamento, com 13,47 l.h⁻¹. Este resultado provavelmente pode ter sido influenciado pela condição física da superfície do solo, a qual estava mobilizada o que dificulta o avanço do conjunto trator/implemento produzindo assim, maior índice de patinagem. Uma vez que obriga maior rotação no motor e, conseqüentemente maior consumo de combustível em vista de se manter a velocidade de operação. O menor consumo ocorreu na operação de semeio, 7,18 l.h⁻¹, cujas condições da superfície do solo eram mais estáveis, exigindo menor esforço do trator e por

conseqüência menor consumo de combustível.

Monteiro (2008) verificou situação semelhante, onde o consumo horário de combustível foi maior na pista com superfície mobilizada. Então concluiu que a mobilização do solo propicia maior consumo de combustível uma vez que há uma tendência de se aumentar a rotação do motor nos níveis desejáveis para manter a marcha de avanço. Principalmente na operação de nivelamento a qual exige maior velocidade de avanço uma vez que esta condição é que irá garantir a pulverização dos torrões da superfície mobilizada (Tabela 2).

Os valores encontrados dos atributos densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos dentro de uma mesma profundidade (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Densidade do solo, em área sob preparo convencional com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Tratamentos	Densidade do solo		
	g.cm ³		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
L1	1,40 A	1,55 A	1,50 A
L2	1,46 A	1,57 A	1,57 A
L3	1,50 A	1,53 A	1,55 A
L4	1,52 A	1,60 A	1,54 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Comparando estes resultados, não superiores a $1,60 \text{ g.cm}^{-3}$, $0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade respectivamente, com os resultados encontrados por Santos (2007); Santos et. al. (2009) em latossolo amarelo, submetido a manejo convencional durante cinco anos, são valores que permitem o desenvolvimento normal do sistema

radicular de qualquer cultura. Condição esta, que provavelmente pode ser tributado aos cinco anos em estado de pousio o no qual a área estava. Condição que permitiu o conseqüente acúmulo de matéria orgânica. O que segundo Gatiboni (2003), poderá formar uma cadeia de bioporos. Ação que pode atenuar o efeito do tráfego de máquinas e logicamente o manejo dispensado ao solo.

Tabela 4: Porosidade total, macroporosidade e microporosidade em área sob preparo convencional com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Tratamentos	Porosidade Total			Macroporosidade			Microporosidade		
	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$								
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
L1	0,37 A	0,31 A	0,33 A	0,21 A	0,18 A	0,19 A	0,16 A	0,13 A	0,14 A
L2	0,35 A	0,31 A	0,31 A	0,19 A	0,18 A	0,18 A	0,16 A	0,13 A	0,13 A
L3	0,32 A	0,33 A	0,31 A	0,17 A	0,18 A	0,17 A	0,15 A	0,15 A	0,14 A
L4	0,32 A	0,31 A	0,30 A	0,18 A	0,17 A	0,16 A	0,14 A	0,13 A	0,14 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Da mesma forma, quando considerado a ação dos tratamentos sob os atributos avaliados no perfil agrícola de 0–0,30 m de profundidade (Tabela 5), também, não houve diferença estatística significativa entre os mesmos. Demonstrando-se assim, que o acréscimo ou diminuição de lastros no trator em

apenas um ciclo agrícola não seja suficiente para modificar os atributos físicos do solo estudados em curtos espaços de uso. Portanto, havendo com isso a necessidade de se repetir o experimento mais vezes, para se chegar a conclusões mais apuradas.

Tabela 5: Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade no perfil de 0-30 cm, em área sob preparo convencional, com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Tratamentos	Densidade do solo	Porosidade total	Macroporosidade	Microporosidade
	g.cm ⁻³	m ⁻³ . m ⁻³		
0-30 cm				
L1	1,48 A	0,34 A	0,19 A	0,14 A
L2	1,53 A	0,30 A	0,18 A	0,14 A
L3	1,53 A	0,32 A	0,17 A	0,15 A
L4	1,54 A	0,31 A	0,17 A	0,14 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Ao analisar os tratamentos considerando as três profundidades distintas (Tabela 6), verifica-se que houve diferença estatística significativa na densidade do solo no tratamento L2, na profundidade de 0-0,10 m em relação aos demais tratamentos. Este resultado pode ser atribuído ao fato da camada superficial do solo apresentar maior teor de matéria orgânica, advinda da cobertura existente antes das operações. Segundo Stone e Silveira (2001) o aumento no teor de matéria orgânica pela deposição e acúmulo da mesma pelas culturas implantadas bem como, pela vegetação espontânea, propicia

melhor estrutura ao solo, podendo diminuir a densidade do solo na camada superficial.

Considerando ainda a densidade do solo, os valores variaram entre 1,4 a 1,60 g.cm⁻³, como pode ser visto na Tabela 6. Valores próximos dos 1,45 g.cm⁻³ considerados por Reineart e Reichert (2001) como crítico ao desenvolvimento das plantas para solos de textura média. Os quais podem prejudicar, sobretudo, a absorção de nutrientes pelas plantas e, afetar a disponibilidade de água no solo (DEBIASI, 2008).

Tabela 6: Densidade do solo entre as profundidades, em área sob preparo convencional, com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Profundidades	Densidade do solo			
	g.cm ⁻³			
	L1	L2	L3	L4
0-10 cm	1,40 A	1,46 B	1,53 A	1,52 A
10-20 cm	1,55 A	1,57 A	1,53 A	1,56 A
20-30 cm	1,50 A	1,57 A	1,55 A	1,54 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Os atributos físicos porosidade total, macroporosidade e microporosidade também não diferiram estatisticamente

quando se considera as três profundidades distintas (Tabelas 7, 8 e 9). Verifica-se na Tabela 7 que os valores de porosidade total

variaram entre 0,31 a 0,37 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, fora da faixa de 0,50 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, que segundo Kiehl (1979), valor este considerado como limitante ao desenvolvimento das culturas. Indicando que o solo analisado neste trabalho possui certo nível de

compactação. Uma vez que a porosidade total apresenta valores abaixo do recomendado. Fato que pode ter ocorrido devido a manejos anteriores à instalação deste experimento.

Tabela 7: Porosidade total entre as profundidades, em área sob preparo convencional com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Profundidades	Porosidade Total			
	$\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$			
	L1	L2	L3	L4
0-10 cm	0,37 A	0,35 A	0,32 A	0,32 A
10-20 cm	0,31 A	0,31 A	0,32 A	0,31 A
20-30 cm	0,33 A	0,31 A	0,31 A	0,30 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

A macroporosidade variou de 0,17 a 0,21 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, (Tabela 8), e a microporosidade entre 0,13 a 0,16 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, (Tabela 9). Os valores de macroporosidade encontrados são índices que estão acima do limite mínimo aceitável para este atributo, que de acordo com Baver *et al.* (1972) deve estar em torno de 0,10 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$.

A grande importância da macroporosidade ter valor acima do limite crítico é, o fato da mesma ser um atributo relacionado com a difusão de oxigênio no solo para as raízes. Assim, solos com boa macroporosidade se caracterizam por apresentar uma adequada condutividade

hidráulica. Condição que evita o crescimento lateral das raízes, possibilitando a exploração do solo em profundidade, deixando as culturas menos susceptíveis a períodos de veranicos prolongados, Uma vez que diminui a resistência do solo a penetração, garante a retenção e o armazenamento de água para as plantas. Conforme (AGUIAR, 2008; DEBIASI, 2008; ANDRADE e STONE, 2008). E por outro lado, atua diretamente na possibilidade do acamamento de plantas por falta de estabilidade física, ocasionado pela superficialidade das raízes.

Tabela 8: Macroporosidade do solo entre as profundidades, em área sob preparo convencional, com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Macroporosidade

Profundidades	$m^3 \cdot m^{-3}$			
	L1	L2	L3	L4
0-10 cm	0,21 A	0,19 A	0,17 A	0,21 A
10-20 cm	0,18 A	0,18 A	0,18 A	0,18 A
20-30 cm	0,19 A	0,18 A	0,17 A	0,19 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Tabela 9: Microporosidade entre as profundidades, em área sob preparo convencional com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Profundidades	Microporosidade			
	$m^3 \cdot m^{-3}$			
	L1	L2	L3	L4
0-10 cm	0,16 A	0,16 A	0,15 A	0,14 A
10-20 cm	0,13 A	0,13 A	0,15 A	0,13 A
20-30 cm	0,14 A	0,13 A	0,14 A	0,13 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Referente a relação macro microporos, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, tanto dentro das profundidades quanto considerando o perfil agrícola de 0-0,30 m, bem como entre as profundidades (Tabela 10). Predominando as relação entre 1:1,20

a 1:1,44, bem abaixo dos 1:3 considerado ideal por Kiehl (1979); Baver *et al.* (1972), para a produção agrícola. Segundo estes, há ação direta na retenção umidade do solo, com prejuízo à absorção de água e nutrientes pelas raízes.

Tabela 10: Média dos valores da relação macro microporos, em área sob preparo convencional com o trator operando sob quatro condições de lastragem.

Tratamentos	MAC/MIC			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-30 cm
L1	1:1,31 A	1:1,44 A	1:1,36 A	1:1,36 A
L2	1:1,26 A	1:1,40 A	1:1,39 A	1:1,29 A
L3	1:1,26 A	1:1,26 A	1:1,20 A	1:1,13 A
L4	1:1,30 A	1:1,30 A	1:1,08 A	1:1,21 A

Médias com letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

4. CONCLUSÕES

O aumento da lastragem reduziu os índices de patinação na operação de aração;

Na operação de nivelamento o trator imprimiu maior velocidade de deslocamento e teve maior consumo horário de combustível;

Na operação de semeio o trator teve maior eficiência operacional;

Associado ao lastreamento, as condições físicas da superfície do solo agem no consumo de combustível nas diversas operações do conjunto trator/implemento;

Não foi possível constatar efeito da lastragem nas propriedades físicas no solo estudado em apenas um ciclo agrícola.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 519-531, 2004.
- AGUIAR, M. I. de. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. 2008. **Dissertação** (Magister Scientiae). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n.4, p. 382-388, 2009.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. ASAE Standads engineering practices, and data. St. Joseph: 2001.
- ARAÚJO, A. G. de. Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa. 2004. **Tese** (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2004.
- BALASTREIRE, L. A.; COELHO, J. L. D. **Aplicação mecanizada de fertilizantes e corretivos**. Associação nacional para difusão de adubos- ANDA. São Paulo: 2000.
- BAVER, L. P.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. John Willey and Sons, Inc. New.York: 1972. 498p.
- BURLA, E. R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente: Cenibra, 2001.
- CORDEIRO, M. A. L. Estudo do efeito de lastragem no desempenho de um trator agrícola. 1994. 112 f. **Dissertação** (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1994.
- CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; BERTELLA, O.; MORELLO, M.; YANAI, K. Adequação de lastro para o trator agrale deutz bx 4.150. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 32, n. 9, 1997.
- DEBIASI, H. Recuperação física de um Argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema de solo máquina – planta. 2008. **Tese** (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,

- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: 1997, 212p. ERENO, L. H. Z. Estudo comparativo entre a utilização real e a determinada pelo planejamento da mecanização agrícola em empresas rurais de soja e arroz. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Santa Maria, 2008.
- FESSEL, V. A. G. Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo. 2003. **Dissertação** (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, C. J. P.; RHEINHEIMER, D. dos S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado, **Ciência Rural**, v.33 n. 2. Santa Maria. 2003.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Dados da estação meteorológica de Altamira-PA, 2010.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia Relações solo-planta**: São Paulo: CERES, 1979. 264 p.
- LOPES, A.; LANÇAS, K. P.; FURLANI, C. E. A.; NAGAOKA, A. K.; NETO, P. C.; GROTTA, D. C. C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.382-386, 2003.
- LOUZADA, R. S.; GONÇALVES, R. da S.; FISS, G.; LISBÔA, H.; SIGNORINI, C. B.; LOY, F. S.; FERREIRA, O. G. L. Comparação de três métodos de avaliação do percentual de patinação de tratores agrícolas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, In: XVI Congresso de Iniciação Científica, 2007.
- MONTEIRO, L. A. Desempenho operacional e energético de um trator agrícola em função do tipo de pneu, velocidade de deslocamento, lastragem líquida e condição superficial do solo. 2008. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.
- MONTEIRO, L. A.; SILVA, P. R. A. **Operação com tratores agrícolas**. 1ª ed., Botucatu: 2009.
- REINEART, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. IN: CARLESSO, R.; PETRY, M.; ROSA, G. e CARRETA, **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: 2001. p.114-131.
- RICHEY, C. B.; JACOBSON, P.; HALL, C. A. **Economics of farm machinery**. In: Agricultural engineers' handbook. New York: McGraw-Hill Book Company, 1961, Chapter 1, p.1-17.
- SANTOS, R. de S. Atributos físicos e químicos de um Latassolo amarelo e produção de milho e feijão caupi em função de adubação orgânica e química. 2007. 91 f. il.: **Dissertação**

- (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, - Belém, 2007.
- SANTOS, R. de S. OLIVEIRA, F. K. D de; SILVA, E. H. P. da; SILVA, A. P. da; OLIVEIRA, M. G. de. Sistema de cultivo e propriedades físicas do solo.9. 2009, Altamira. **Anais...**Altamira: UFPA, 2009. p. 254.
- SANTOS, R. de S. **Apontamento de aula de mecanização agrícola.** Apresentação PPT. 206 slides. Universidade Federal do Pará, Campus Altamira, 2010.
- SILVEIRA, G. M. da; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.220–224, 2006.
- SMITH, H. P. **Economics and management of farm equipment.** In: Farm Machinery and Equipment. New York: McGraw-Hill Book Co. 1965.Chapter 26, 473p.
- SOUZA, Z. M.; LEITE, J. A.; BEUTLER, A. N. Comportamento de atributos físicos de um latossolo amarelo sob Agro ecossistemas do amazonas. **Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.24, n.3, p.654-662, 2004.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 395-401, 2001.
- YANAI, K. SILVEIRA, G. M. da; LANÇAS, K. P.; CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G. **Desempenho operacional de trator com e sem o acionamento da tração dianteira auxiliar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.8, p.1427-1434, 1999.