

Pressão de insuflagem dos pneus no desempenho do conjunto trator-grade de discos

João Manuel Pereira Ramalho Serrano⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade de Évora, Departamento de Engenharia Rural, Núcleo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal. E-mail: jmrs@uevora.pt

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da pressão de insuflagem dos pneus nos parâmetros de desempenho do conjunto trator-grade de discos. As pressões avaliadas foram: 100 kPa nos pneus da frente e 70 kPa nos pneus atrás; 140 kPa nos quatro pneus; 190 kPa nos quatro pneus. Os testes de um trator com grades de discos foram desenvolvidos em condições de campo, em solos de textura franca, mobilizados e secos. Os parâmetros de avaliação foram: o patinamento, a velocidade, a capacidade de trabalho, a eficiência energética global e o consumo de combustível por hectare. Entre as situações de pressão de insuflagem dos pneus indicadas pelo fabricante do trator e a pressão de insuflagem indicada pelo fabricante dos pneus, não se verificam diferenças significativas, tanto na capacidade de trabalho como no consumo de combustível por hectare. A utilização de elevadas pressões de insuflagem dos pneus conduz a uma redução da ordem de 3 a 5% na capacidade de trabalho e um aumento significativo entre 10 e 25% do consumo de combustível por hectare, mesmo em condições de boa aderência dos pneus, refletidas no intervalo de 7 a 15% de patinamento registrados.

Termos para indexação: capacidade de trabalho, consumo de combustível por hectare, eficiência energética, gradagem.

Tire inflation pressure effects on tractor disc harrow performance

Abstract – The objective of this work was to evaluate the tire inflation pressure effects on tractor disc harrow performance. The pressures tested were: 100 kPa in front tires and 70 kPa in rear tires; 140 kPa in the tires of both axles; 190 kPa in the tires of both axles. Field tests with disc harrow in secondary tillage were performed under real working conditions, in tilled and dry medium textured soils. The evaluation parameters were: the slip, the actual forward speed, the work capacity, the overall energy efficiency and the fuel consumption per hectare. Concerning the situations of tire inflation pressure specified by the tractor manufacturer and the inflation pressure specified by the tire manufacturer, there were no significant differences, both in work capacity and in fuel consumption per hectare. Higher tire inflation pressures showed a slight reduction (3 to 5%) in the work capacity and a significantly increase in the fuel consumption per hectare (10 to 25%), even in good traction conditions displayed by the interval of slip average values (7 to 15%).

Index terms: work capacity, fuel consumption per hectare, energy efficiency, harrowing.

Introdução

O estudo sobre o efeito da pressão de insuflagem dos pneus de tratores sobre parâmetros pertinentes de tração permitiu observar a existência de trabalhos segundo duas perspectivas: em condições de laboratório ou em condições reais de trabalho (Serrano, 2002). A primeira avaliação sistemática de pneus em interação com o solo, em tanques de solo, com a utilização de instrumentação necessária à determinação dos parâmetros físicos, normalmente a força de tração (T), o patinamento (i) e o rendimento de tração (η_t), procura a definição ou a

confirmação de modelos matemáticos. A segunda perspectiva, avaliação do conjunto trator-implemento-solo em condições de campo, tem como parâmetros de avaliação a capacidade de trabalho (Ct), o rendimento global (η_g) e o consumo de combustível por hectare (Cha). Neste tipo de trabalhos, a variabilidade das condições de solo e as exigências em meios logísticos podem inviabilizar a sua realização sistemática, o que justifica o reduzido número de referências encontradas na literatura. Esta perspectiva permite a obtenção de indicadores de apoio à tomada de decisão, acessíveis aos seus usuários principais, os agricultores.

A literatura publicada nas décadas de 80 e 90 na perspectiva da análise sistemática de pneus mostra que, se o par lastro/pressão é adequado, refletido em valores de patinamento dentro do intervalo de 5 a 15%, correspondente a elevados rendimentos de tração, reduzir a pressão de insuflagem dos pneus apresenta pequena interferência no rendimento de tração. O inverso, ou seja, aumentar a pressão, especialmente com variações importantes, pode prejudicar o desempenho do pneu, refletidos em substanciais acréscimos do patinamento e significativas reduções no rendimento de tração, com implicações na capacidade de trabalho e no consumo de combustível por hectare. Bashford et al. (1993) testaram dois pneus radiais (18.4R42 e 18.4R46) com três pressões de insuflagem (55, 83 e 124 kPa), em duas condições de solo (lavrado e sobre restos vegetais), tendo verificado que o rendimento de tração foi semelhante entre as pressões inferiores, sendo menor na pressão mais elevada, o que os levou a concluir que as baixas pressões tendem a melhorar as características de tração. Hyung-gyu et al. (2004), Elwaleed et al. (2006) e Pytka et al. (2006) demonstraram o efeito positivo da redução da pressão dos pneus sobre os parâmetros de tração. Jahns & Steinkampf (1988) resumiram o efeito de diversos parâmetros agrônômicos e técnicos, entre os quais o patinamento, sobre a capacidade de trabalho e sobre o consumo por hectare. Verificaram que variações de patinamento da ordem dos 10% se refletem em variações muito pouco pronunciadas (da ordem de 1%) dos referidos parâmetros, o consumo por hectare, variando de forma direta, e a capacidade de trabalho, variando de forma inversa.

Também se pode concluir da revisão do estado atual dos conhecimentos sobre o efeito da pressão no desempenho de pneus em solos típicos de sequeiro, que, em cada condição de trabalho, se só for possível garantir determinada capacidade de tração com valores elevados de patinamento, justifica-se reduzir gradualmente a pressão de insuflagem dos pneus até que o pneu possa tracionar o esforço pretendido com valores aceitáveis de patinamento. Atingidas condições aceitáveis de tração, não há vantagem em continuar a reduzir a pressão de insuflagem dos pneus.

Márquez (2006) divulgou resultados de um estudo realizado pela empresa Michelin em Portugal e Espanha no âmbito de uma campanha de segurança para fomentar entre os condutores o adequado controle dos pneus dos seus tratores. Participaram 678 tratores na Espanha e

114 tratores em Portugal, num total de 3.168 pneus. A percentagem de pneus com baixa pressão atingiu 41,20% em Portugal e 22,56% na Espanha. A percentagem de pneus com pressão excessiva atingiu, na Espanha, os 22,12% e, em Portugal, 23,71%. Disto se pode concluir que, em Portugal, apenas 35,09% dos pneus apresentava pressão correta. O mesmo autor citou estatísticas de pneus de tratores agrícolas que revelaram na média da União Européia valores de pressão de insuflagem dos pneus que em 44% dos casos eram incorretos, quer por excesso quer por falta. Este estudo demonstra o interesse em avaliar o efeito da adequação da pressão de insuflagem dos pneus sobre os parâmetros de desempenho do trator.

O trator agrícola no Alentejo, região Sul de Portugal, é utilizado de forma polivalente, alternando os trabalhos pesados de tração com operações com implementos acionados pela tomada de potência e com o transporte em estrada. Estas são situações significativamente diferentes quanto às exigências de pressão de insuflagem dos pneus. No âmbito do projeto Nº 8.140 do Programa de Apoio à Modernização da Agricultura e Florestas (Pamaf), foram efetuados testes de campo em diversas explorações agrícolas, permitindo constatar pressões de insuflagem dos pneus incorretas relativamente às recomendações dos fabricantes com base nas tabelas de carga/pressão/velocidade e frequentemente assimétricas no mesmo eixo (Serrano, 2002).

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito da pressão de insuflagem dos pneus nos parâmetros de desempenho do conjunto trator-grade de discos.

Material e Métodos

Os testes de campo foram realizados em explorações agrícolas do distrito de Évora, na região Sul de Portugal, em duas épocas de preparação do solo para instalação das culturas, no outono de 1998 e na primavera de 1999. Neste artigo são divulgados os resultados da avaliação da pressão de insuflagem dos pneus sobre os parâmetros de tração e de desempenho de um trator agrícola em condições de trabalho em solos franco-arenosos secos. Outros aspectos deste trabalho de contribuição para a otimização do desempenho do conjunto trator-implemento em mobilização do solo realizado no âmbito do Pamaf foram divulgados por Serrano et al. (2003) e Serrano (2007).

Foi utilizado um trator Massey-Ferguson Datatronic, modelo 3060 (com 59 kW DIN de potência máxima),

de 4 rodas motrizes, com 5.200 daN de peso, distribuído em igual percentagem pelos dois eixos. Os pneus do trator, da marca Michelin Agribib, apresentavam as dimensões 13.6R24 à frente e 16.9R34 atrás.

Foram utilizadas duas grades de discos “offset”, de arrasto, marca Herculano. A grade modelo HPR 20-24 (G1), com 20 discos de 610 mm (24 polegadas) de diâmetro, com um peso total de 1300 daN e a grade modelo HPR 24-24 (G3), com 24 discos de 610 mm (24 polegadas) de diâmetro, com um peso total de 1.460 daN.

O sistema de aquisição de dados, descrito por Serrano et al. (2003) e Serrano (2007), permitiu aproveitar parte da infra-estrutura do sistema de informação comercial Datatronic que equipa o trator Massey-Ferguson 3060 para medição do regime do motor, da velocidade real de avanço, da velocidade teórica de avanço e do consumo horário. A adaptação de uma célula de carga, interposta na ligação trator-implemento, permitiu a medição da força de tração na barra. A comparação feita pelo sistema de aquisição de dados, entre as velocidades real e teórica de avanço, permitiu a obtenção do patinamento médio dos dois eixos. A calibração do sistema de aquisição de dados foi realizada por especialistas do Laboratório de Medidas Eléctricas (LME) do Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI).

Os testes foram desenvolvidos em diferentes condições do solo, consoante a disponibilidade e o interesse dos agricultores. Os testes realizados na época de outono de 1998 decorreram em três explorações agrícolas, na condição de solo gradeado. Na época de primavera de 1999, os testes tiveram lugar em duas explorações agrícolas, em duas condições do solo: lavrado e lavrado e gradeado. Foram estabelecidas marcações nos campos experimentais que permitiram individualizar ao acaso talhões, com 80 m de comprimento cada um, correspondentes a 4 repetições de cada tratamento.

A realização de trajetos em ambos os sentidos de uma mesma direcção (ida e volta) teve como objetivo atenuar

o efeito do relevo natural do terreno, obtendo-se o valor médio final do tratamento a partir da média do conjunto das repetições.

A Tabela 1 resume a localização geográfica e as características dos solos de cada um dos locais de teste, com base em amostras recolhidas na camada de solo de 0–20 cm de profundidade. É indicado ainda o valor médio do índice de cone para a mesma camada de solo ($CI_{0-0,2}$) e a condição do solo no momento da realização dos testes. Os testes foram realizados em duas épocas do ano, características da preparação do solo para instalação das culturas: no outono, para instalação de cereais de outono-inverno, normalmente após uma ou duas gradagens, com valores de resistência à penetração ($CI_{0-0,2}$) mais elevados; na primavera, para instalação de culturas de primavera-verão, com necessidade de rega e, por isso, instaladas após uma lavoura, seguida de uma ou duas gradagens, obtendo-se, assim, valores inferiores de resistência à penetração.

As condições de teste, com a utilização de duas grades de discos com diferentes dimensões (Tabela 2), se enquadram no intervalo entre 0,22 e 0,36 do coeficiente de tração. A variável pressão de insuflagem dos pneus foi testada nas modalidades: duas pressões na época de outono de 1998: p1, 100 kPa à frente e 70 kPa atrás, e p2, 140 kPa à frente e atrás; três pressões na época de primavera de 1999: p1, 100 kPa à frente e 70 kPa atrás; p2, 140 kPa à frente e atrás; p3, 190 kPa à frente e atrás.

A primeira modalidade (p1) foi seleccionada tendo como base as tabelas de recomendação do fabricante dos pneus, no entanto, foi necessário usar nos pneus traseiros uma pressão superior ao recomendado (50 kPa), para garantir que a deflexão não ultrapassasse 20% da altura da secção transversal do pneu, aspecto que colocaria em risco a vida útil do pneu e a segurança da união entre este e a roda (Macnab et al., 1977).

Tabela 1. Coordenadas geográficas e características dos solos nos locais de testes.

Local	Época	Latitude	Longitude	Classificação textural	Areia	Silte	Argila	Umidade relativa (%)	Densidade aparente (kg dm ⁻³)	$CI_{0-0,2}^{(1)}$ (MPa)	Condição do solo
					----- (g kg ⁻¹) -----						
Sítima	Outono	38°22,6'N	7°59,9'W	Franco arenoso	850	70	80	7	1,528	1,324	Gradeado
Louseiro (a)	Outono	38°31,4'N	7°48,2'W	Franco arenoso	730	110	160	5	1,398	0,907	Gradeado
Sousa	Outono	38°40,6'N	7°31,5'W	Franco argilo arenoso	630	120	250	11	1,284	0,692	Gradeado
Casão	Primavera	38°30,8'N	7°46,0'W	Franco argilo arenoso	650	140	210	8	1,456	0,181	Lavrado
Louseiro (b)	Primavera	38°31,2'N	7°48,0'W	Franco arenoso	690	170	140	11	1,533	0,035	Lavrado e gradeado
								13	1,427	0,066	Lavrado
								12	1,592	0,066	Lavrado e gradeado

⁽¹⁾Valor médio do índice de cone no intervalo de profundidades entre 0 e 0,2 m.

A segunda modalidade (p2) foi estabelecida a partir da recomendação apresentada no manual do operador do trator utilizado no experimento.

A situação mais extrema (p3), com pressão mais elevada, foi incluída atendendo à frequência com que estas pressões são utilizadas pelos agricultores da região (Serrano et al., 1998), com a duvidosa justificativa de que pneus com maior pressão duram mais tempo porque apresentam menor deflexão e se encontram mais bem preparados para a utilização alternada campo/estrada sem necessidade de reajustamento.

A largura de trabalho foi medida como sendo a largura de corte de cada passagem da grade, ou seja, a largura do rastro deixado no solo, medida na perpendicular da direção de avanço (ASABE Standards, 2006). Para facilitar e conferir rigor ao processo de medição da largura de corte, os trajetos sucessivos da grade foram efetuados deixando entre eles uma distância correspondente a aproximadamente uma largura de corte, realizando-se, no final dos testes, passagens nas zonas intermédias, não mobilizadas, de forma a deixar o terreno todo mobilizado. O valor médio da largura medida no campo resultou da média de 6 a 8 medições efetuadas ao longo de cada trajeto.

Nos testes realizados no âmbito deste trabalho, apenas se contabilizou o tempo decorrido em trajetos operativos, ou seja, o tempo útil, não tendo sido registrado o tempo referente a manobras de cabeceiras, dado que este é um aspecto subjetivo. Pelas mesmas razões não foram consideradas eventuais sobreposições de trabalho realizado pela grade de discos em sucessivas passagens. Estes fatos conduziram à obtenção da capacidade de trabalho teórica e do consumo útil de combustível por hectare, designados adiante, respectivamente, por capacidade de trabalho (Ct) e consumo por hectare (Cha).

Para a medição da profundidade de trabalho, foi utilizada uma régua metálica graduada, tendo como

referência o nível do solo não mobilizado. Efetuaram-se três penetrações no solo com a régua, duas nos extremos opostos e uma na zona intermédia da largura de corte da grade, utilizando-se a média destas três medições. Este procedimento foi repetido dez vezes ao longo de cada trajeto operativo, encontrando-se o valor de profundidade a partir da média das 30 medições efetuadas.

O consumo de combustível por hectare é um dos parâmetros fundamentais na tomada de decisão do agricultor. Este parâmetro é determinado pelo esforço solicitado pelo implemento (\mathfrak{S}) e pelo rendimento global (η_g) (Serrano, 2007). O comportamento do rendimento global pode ser estimado a partir do quociente entre a energia utilizada pelo implemento (trabalho realizado) e a energia (combustível) fornecida ao motor, ou, em termos de potência, do quociente entre a potência na barra (Pb) e a energia, sob a forma de combustível, fornecida por unidade de tempo ao motor (Ch). O efeito da alteração da variável pressão de insuflagem dos pneus sobre o consumo por hectare é o resultado das alterações que provoca no rendimento global da transformação. Será então possível avaliar o efeito da variável referida no consumo por hectare pelo efeito no quociente (Pb/Ch). Este quociente pode ser transformado na forma de rendimento global, utilizando o poder calorífico do óleo diesel: $\eta_g = 3,6Pb/38,7Ch$, em que η_g é o rendimento global (decimal); 3,6 é o fator de conversão de unidades; Pb é a potência na barra (kW); 38,7 é o poder calorífico do óleo diesel ($MJ L^{-1}$); Ch é o consumo horário de combustível ($L h^{-1}$).

O tratamento estatístico dos resultados consistiu em análises de variância aos parâmetros pertinentes, de acordo com o delineamento experimental implementado nos testes, tendo sido utilizado o programa de estatística MSTAT-C. Procedeu-se à separação de médias pelo

Tabela 2. Parâmetros do desempenho do conjunto trator-implemento nos testes para avaliação do efeito da pressão de insuflagem dos pneus⁽¹⁾.

Condição do solo	Local (época)	Teste	Grade e abertura (α , °)	l (m)	d (m)	Mud
Gradeado	Louseiro (a)	1	G3 (39)	2,68	0,14	7 ^a
	Sítima	2	G3 (42)	2,55	0,16	6 ^a
	Sousa	3	G3 (34)	2,63	0,17	7 ^a -8 ^a
Lavrado	Casão	4	G1 (37)	2,13	0,21	7 ^a
		5	G1 (41)	2,11	0,21	6 ^a
	Louseiro (b)	6	G1 (33)	2,12	0,21	7 ^a
		7	G1 (37)	2,12	0,21	6 ^a -7 ^a
Lavrado e gradeado	Casão	8	G1 (28)	2,17	0,20	7 ^a
		9	G1 (33)	2,20	0,20	7 ^a
	Louseiro (b)	10	G1 (28)	2,11	0,18	7 ^a
		11	G1 (33)	2,12	0,18	7 ^a

⁽¹⁾l: largura de trabalho; d: profundidade de trabalho; Mud: marcha ou velocidade seleccionada.

teste de separação múltipla de médias de Duncan, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A capacidade de trabalho (Ct) nos testes 1, 2 e 3 realizados em solos gradeados não apresentou diferença significativa entre os tratamentos p1 e p2 (Tabela 3). Essas diferenças, da ordem de 2%, apresentaram tendência para a diminuição da capacidade de trabalho com o aumento da pressão de insuflagem dos pneus (Figura 1).

A análise estatística dos dados da capacidade de trabalho (Ct) correspondente à avaliação realizada em solo lavrado (testes 4 a 7) e em solo lavrado e gradeado (testes 8 a 11) não revelou diferença significativa entre tratamentos nos testes 6 e 7, realizados em Louseiro (b) lavrado, tendo apresentado nos restantes seis testes, nestas condições de solo, diferenças significativas, mas apenas entre as pressões p1 e p3 (Tabela 3). Na prática, as diferenças da variável Ct entre os níveis p1 e p3 foram

inferiores a 5% (Figura 1) e mantiveram a mesma tendência de diminuição com o aumento da pressão de insuflagem dos pneus.

Com respeito ao consumo de combustível por hectare (Cha), a análise estatística dos resultados em solo gradeado, apesar de revelar diferenças significativas entre as pressões p1 e p2 em dois (Louseiro (a) e Sousa) dos três locais de teste, na prática, essas diferenças representaram apenas um acréscimo de 2 a 4% neste parâmetro, do nível p1 para o nível p2. Em solo lavrado e lavrado e gradeado, as diferenças entre as três pressões foram significativas, correspondendo a diferenças reais importantes, especialmente entre as situações extremas p1 e p3, tendo-se verificado acréscimos percentuais do Cha da ordem dos 10 a 25%, ao passar do nível p1 para o nível p3 (Figura 2). Deve-se notar, contudo, que o acréscimo proporcionado na pressão de insuflagem dos pneus, da situação p1 para a situação p3, foi praticamente o dobro nos pneus dianteiros e o triplo nos pneus traseiros. Estas variações ocorridas no Cha, como

Tabela 3. Parâmetros do desempenho do conjunto trator-implemento nos testes para avaliação do efeito da pressão de insuflagem dos pneus⁽¹⁾.

Teste	Pressão	n (min ⁻¹)	v _r (km h ⁻¹)	i (%)	Ct (ha h ⁻¹)	T (kN)	μ	Ch (L h ⁻¹)	η _g	Cha (L ha ⁻¹)
1	p1	1.668	5,79	7	1,55 ^{ns}	17,09	0,33	12,43	0,21	8,01*
	p2	1.661	5,68	9	1,52 ^{ns}	17,09	0,33	12,57	0,20	8,26*
2	p1	1.656	4,80	8	1,22 ^{ns}	18,97	0,36	11,24	0,21	9,19 ^{ns}
	p2	1.664	4,75	10	1,21 ^{ns}	17,76	0,34	10,98	0,20	9,06 ^{ns}
3	p1	1.683	6,34	10	1,67 ^{ns}	16,28	0,31	12,19	0,22	7,30*
	p2	1.655	6,21	10	1,63 ^{ns}	16,00	0,31	12,39	0,21	7,59*
4	p1	1.656	5,69	10	1,21a	16,03	0,31	12,06	0,20	9,96c
	p2	1.662	5,61	13	1,19ab	15,86	0,31	12,86	0,18	10,77b
	p3	1.640	5,53	10	1,18b	15,05	0,29	12,96	0,17	11,01a
5	p1	1.663	4,83	12	1,02a	16,68	0,32	10,85	0,19	10,65c
	p2	1.665	4,76	15	1,00ab	16,05	0,31	11,51	0,17	11,46b
	p3	1.651	4,68	13	0,99b	16,22	0,31	11,78	0,17	11,93a
6	p1	1.668	5,81	9	1,23 ^{ns}	15,31	0,29	11,58	0,20	9,40b
	p2	1.681	5,84	14	1,24 ^{ns}	14,50	0,28	12,03	0,18	9,71b
	p3	1.647	5,65	13	1,20 ^{ns}	14,96	0,29	12,43	0,18	10,37a
7	p1	1.656	5,24	9	1,11 ^{ns}	16,10	0,31	11,39	0,19	10,26b
	p2	1.643	5,14	14	1,09 ^{ns}	15,87	0,31	11,69	0,18	10,72b
	p3	1.673	5,23	15	1,11 ^{ns}	15,50	0,30	12,40	0,17	11,18a
8	p1	1.679	5,96	9	1,29a	12,16	0,23	10,59	0,18	8,19c
	p2	1.659	5,81	11	1,26b	12,77	0,25	11,18	0,17	8,87b
	p3	1.673	5,79	13	1,26c	12,71	0,24	11,88	0,16	9,46a
9	p1	1.675	5,88	10	1,29a	13,51	0,26	10,89	0,19	8,42c
	p2	1.682	5,85	13	1,29b	14,07	0,27	12,22	0,17	9,50b
	p3	1.655	5,63	14	1,24c	14,41	0,28	12,93	0,16	10,43a
10	p1	1.682	6,33	11	1,34a	13,00	0,25	12,29	0,17	9,21b
	p2	1.671	5,85	11	1,23a	11,67	0,22	11,22	0,16	9,09b
	p3	1.660	5,72	12	1,21b	12,19	0,23	11,70	0,15	9,69a
11	p1	1.666	5,74	10	1,22a	14,12	0,27	11,52	0,18	9,47b
	p2	1.681	5,72	14	1,21a	13,65	0,26	12,68	0,16	10,46b
	p3	1.630	5,52	12	1,17b	13,60	0,26	12,92	0,15	11,04a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, para cada teste, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade; n: regime do motor em carga; v_r: velocidade real de avanço; i: patinamento das rodas; Ct: capacidade de trabalho; T: tração na barra; μ: coeficiente de tração; Ch: consumo horário; η_g: rendimento global; Cha: consumo por hectare. ^{ns}Não-significativo. *Significativo a 5% de probabilidade.

conseqüência da pressão, atingiram proporções idênticas àquelas que outros investigadores revelaram. Por exemplo, Upadhyaya et al. (1990) encontraram economias de combustível de até 20% pelo fato de utilizarem a pressão correta, relativamente à pressão habitual, elevada, de 165 kPa praticada na Califórnia, nas operações típicas da região. Na Figura 3, pode-se confirmar que o rendimento global decresceu

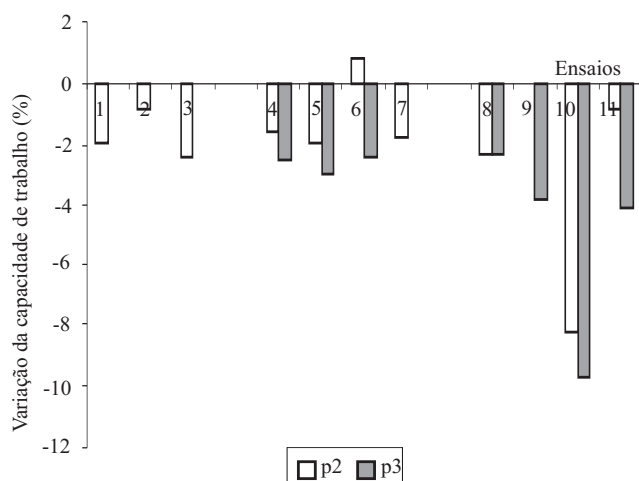


Figura 1. Variação percentual da capacidade de trabalho por efeito da pressão de insuflagem dos pneus, tendo como referência a pressão p1 (100 kPa à frente e 70 kPa atrás). p2: 140 kPa à frente e atrás; p3: 190 kPa à frente e atrás. Ensaio: 1 a 3 gradeado; 4 a 7, lavrado e 8 a 11, lavrado e gradeado.

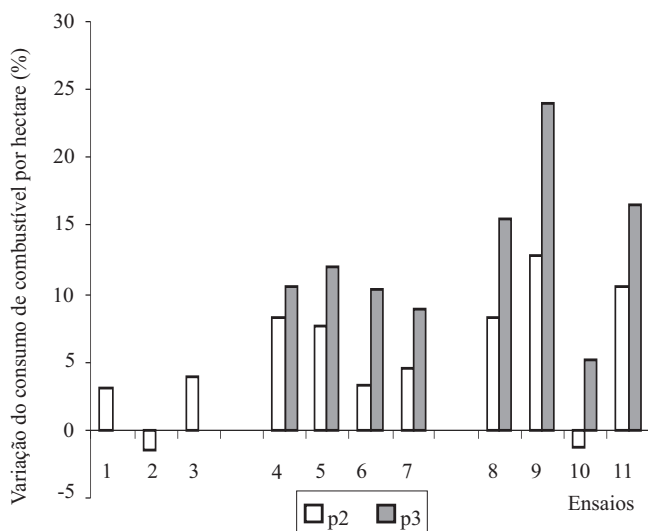


Figura 2. Variação percentual do consumo de combustível por hectare por efeito da pressão de insuflagem dos pneus, tendo como referência a pressão p1 (100 kPa à frente e 70 kPa atrás). p2: 140 kPa à frente e atrás; p3: 190 kPa à frente e atrás. Ensaio: 1 a 3 gradeado; 4 a 7, lavrado e 8 a 11, lavrado e gradeado.

sistematicamente à medida que a pressão de insuflagem dos pneus aumentou, justificando o comportamento inverso do Cha.

Bowers (1989) apresenta um intervalo de variação do rendimento global entre 10 e 20%. O fato de os valores registrados nestes testes se situarem mais próximo de 20% confirma as excelentes condições de tração, associadas às relações ótimas entre velocidade de rotação do motor e marcha do trator, com a seleção da rotação cerca de 70% da nominal e da marcha mais alta permitida, que terão contribuído para a otimização do rendimento do motor (Serrano et al., 2003; Serrano, 2007).

Pode-se afirmar, com base nos resultados obtidos, que a pressão de insuflagem dos pneus não se apresenta como fator relevante a ter em conta na otimização da capacidade de trabalho em operações de mobilização do solo nas condições habituais de trabalho de sequeiro no Alentejo, tanto mais que há que atender à polivalência com que o trator é normalmente utilizado nas explorações agrícolas. No entanto, a influência negativa de pressões de insuflagem elevadas é clara sobre o rendimento global e, conseqüentemente, sobre o consumo de combustível por hectare.

A pressão mais elevada (p3) é, inicialmente, excessiva, uma vez que, não só conduziu a um comportamento desvantajoso nos parâmetros capacidade de trabalho e consumo por hectare, mas também se espera que promova maior compactação do solo e amortecça menos as vibrações resultantes das rugosidades que o pneu encontra no solo.

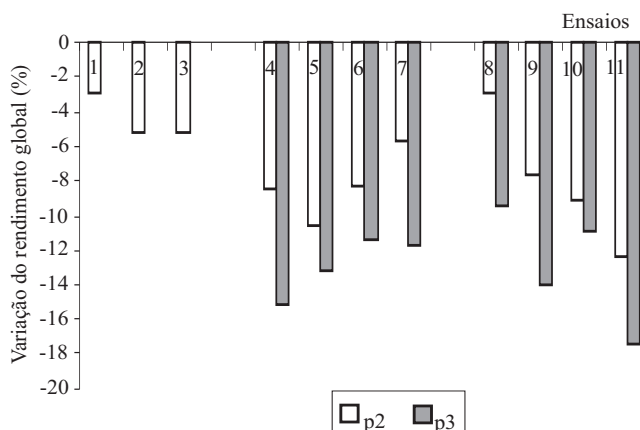


Figura 3. Variação percentual do rendimento global por efeito da pressão de insuflagem dos pneus, tendo como referência a pressão p1 (100 kPa à frente e 70 kPa atrás). p2: 140 kPa à frente e atrás; p3: 190 kPa à frente e atrás. Ensaio: 1 a 3 gradeado; 4 a 7, lavrado e 8 a 11, lavrado e gradeado.

A pressão mais baixa (p_1) apresenta uma melhoria nos indicadores, especialmente do consumo por hectare e, por esse motivo, deve ser a opção considerada na perspectiva de otimização do sistema dinâmico trator-implemento em mobilização do solo. No entanto, esta é a situação em que se espera maior desgaste dos pneus, em particular na união do talão do pneu à roda. Por essa razão encontra, no agricultor, as maiores reservas, exigindo o restabelecimento de pressão mais elevada sempre que o trator se deslocar em pavimento rígido, para garantir o cumprimento da vida útil normal dos pneus.

A indicação do fabricante de tratores, aconselhando uma pressão intermédia (p_2), estabelece o compromisso entre a conservação do pneu e a aderência do mesmo. Esta é a forma de libertar o agricultor da preocupação do ajustamento da pressão de insuflagem dos pneus, atendendo às utilizações bastante diversas a que o trator está sujeito, e sabendo também que, na maioria das condições de trabalho, o mesmo se encontrará em situações de transporte em pavimento rígido.

Conclusões

1. Entre as situações de pressão de insuflagem dos pneus indicadas pelo fabricante do trator para trabalhos de campo e a pressão de insuflagem indicada pelo fabricante dos pneus não se verificam diferenças significativas, tanto na capacidade de trabalho como no consumo de combustível por hectare.

2. A tradicional utilização de elevadas pressões de insuflagem dos pneus conduz a pequenas diminuições (da ordem de 3 a 5%) na capacidade de trabalho e um aumento significativo do consumo de combustível por hectare (entre 10 e 25%), mesmo em condições de boa aderência dos pneus, refletidas no intervalo de valores médios de patinamento (entre 7 e 15%).

Agradecimentos

Ao programa Pamaf do governo português, pelo financiamento do projeto 8.140; ao Professor J. O. Peça, do Departamento de Engenharia Rural da Universidade de Évora, pela orientação científica; à equipe do Laboratório de Medidas Elétricas do Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, pelo apoio prestado na instrumentação dos tratores; ao pessoal do Laboratório do Departamento de Engenharia Rural da Universidade

de Évora, pelo apoio prestado nas determinações de campo e análises laboratoriais; aos agricultores da região, por terem permitido a utilização dos seus equipamentos e a realização dos testes nas suas explorações agrícolas.

Referências

- ASABE STANDARDS. **Determining cutting width and designated mass of disk harrows**. St. Joseph: ASAE, 2006. 130p.
- BASHFORD, L.L.; AL-HAMED, S.; JENANE, C. Effects of tire size and inflation pressure on tractive performance. **Applied Engineering in Agriculture**, v.9, p.343-348, 1993.
- BOWERS, C.G. Tillage draft and energy measurements for twelve southeastern soil series. **Transactions of the ASAE**, v.32, p.1492-1502, 1989.
- ELWALEED, A.K.; YAHYA, A.; ZOHADIE, M.; AHMAD, D.; KHEIRALLA, A.F. Net traction ratio prediction for high-lug agricultural tyre. **Journal of Terramechanics**, v.43, p.69-84, 2006.
- HYUNG-GYU, J.; WAY, T.R.; LOFGREN, B.; LANDSTROM, M.; BAILEY, A.; BURT, E.C.; McDONALD, T.P. Dynamic load and inflation pressure effects on contact pressures of a forestry forwarder tire. **Journal of Terramechanics**, v.41, p.209-222, 2004.
- JAHNS, G.; STEINKAMPF, H. Tractor-soil-implements: functional interaction and models. In: **Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering**. Oslo: [s.n.], 1988. p.969-983.
- MACNAB, J.E.; WENSINK, R.B.; BOOSTER, D.E. Modeling wheel tractor energy requirements and tractive performances. **Transactions of the ASAE**, v.20, p.602-605, 1977.
- MÁRQUEZ, L. Valorar un tractor por sus neumáticos. **Agrotécnica**, v.9, p.26-31, 2006.
- PYTKA, J.; DABROWKI, J.; ZAJAC, M.; TARKOWSKI, P. Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state. **Journal of Terramechanics**, v.43, p.469-485, 2006.
- SERRANO, J.M.P.R. **Contribuição para a otimização do sistema dinâmico trator-alfaia em mobilização do solo**. 2002. 234p. Tese (Doutorado) - Universidade de Évora, Évora.
- SERRANO, J.M.P.R. Desempenho de tratores agrícolas em tração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1021-1027, 2007.
- SERRANO, J.M.P.R.; PEÇA, J.O.; PINHEIRO, A.C.; CAMPOS, J. Tractor performance monitors, an aid that many tractor drivers ignore. **International Conference on Agricultural Engineering**, Oslo, 1998. Oslo: [s.n.], 1998. (Paper n.98-A-132)
- SERRANO, J.M.P.R.; PEÇA, J.O.; PINHEIRO, A.C.; CARVALHO, M.; NUNES, M.; RIBEIRO, L.; SANTOS, L. The effect of gang angle of offset disc harrows on soil tilth, work capacity and fuel consumption. **Biosystems Engineering**, v.84, p.171-176, 2003.
- UPADHYAYA, S.K.; WULFSOHN, D. **Review of traction prediction equations**. St. Joseph: ASAE, 1990. (Paper n. 90-1573).