

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESCARIFICADOR EM PLANOSSOLO

MACHADO, Roberto L.T.<sup>1</sup>; MACHADO, Antonio L.T.<sup>1</sup>; TURATTI, Ariovaldo L.<sup>2</sup>, REIS, Angelo V. dos<sup>1</sup> & ALONÇO, Airton dos S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFPEL/FAEM/Deptº. de Engenharia Rural - Campus Universitário - Caixa Postal, 354 - CEP 96010-970  
Tel. (0532) 757259 - Pelotas/RS

<sup>2</sup>UFPEL/FAEM/Deptº. de Solos - Campus Universitário - Caixa Postal 354 - 96010-970  
Tel. (0532) 757267 - Pelotas/RS.

<sup>3</sup>EMBRAPA-CPACT - Caixa Postal 403 - CEP 96001-970 - Pelotas/RS.  
(Recebido para publicação em 25/06/96)

## RESUMO

Estudou-se o trabalho desenvolvido por escarificador em planossolo, operando três hastes na profundidade média de 0,2m, quanto a esforço de tração, área transversal de solo mobilizado, resistência específica operacional e potência na barra de tração, em dois níveis de teor de água no solo ( $Ug_1=7,2\%$  e  $Ug_2=12,0\%$ ) e três velocidades de trabalho ( $V_1=2,6\text{km/h}$ ,  $V_2=3,6\text{km/h}$  e  $V_3=4,8\text{km/h}$ ). Os resultados obtidos mostram que, tanto a velocidade de trabalho quanto o teor de água no solo, dentro das faixas estudadas, não influenciam significativamente o esforço de tração, a área transversal de solo mobilizado e a resistência específica operacional. A potência exigida na barra de tração está influenciada significativamente pela velocidade de trabalho, sendo que o teor de água no solo não influenciou a mesma. O menor valor para resistência específica operacional ( $Reo=141,08\text{kN/m}^2$ ) foi obtido na condição de velocidade igual a  $4,8\text{km/h}$  e teor de água no solo de  $7,2\%$ .

Palavras-chave: Máquinas agrícolas, escarificador, Esforço de tração, Solo mobilizado, Velocidade.

## ABSTRACT

EVALUATION OF SUBSOIL PLOW WORKING IN A PLANOSOL. The working that was developed by a subsoil plow in a lowland soil area (Planosol) was studied. The implement worked at 0.2m depth, with three tines. Measurements were made to determine the draft required, area of disturbed soil, specific draft and draw bar power. The tests were carried out at two soil moisture contents ( $Ug_1=7,2\%$ ,  $U_2=12,0\%$ ) and three forward speeds ( $V_1=2,6\text{km/h}$ ,  $V_2=3.6\text{km/h}$  and  $V_3=4,8\text{km/h}$ ). The results indicates that, both forward speed and soil moisture content had no effect on draft force, area of disturbed soil and on specific draft. The draw bar power within the range studied was effect by forward speed, however, the soil moisture content had

no effect on it. The smaller value of specific draft ( $Reo=141,08\text{kN/m}^2$ ) was obtained with forward speed of  $4,8\text{km/h}$  and soil moisture content of  $7,2\%$ .

Key words: Agriculture implement, chisel, draft force, disturbed soil, Speed.

## INTRODUÇÃO

O principal sistema de produção agrícola utilizado nos solos de várzea do sul do Rio Grande do Sul é constituído pelo binômio arroz irrigado/pecuária de corte.

Esse sistema que há vários anos vêm sendo utilizado, atualmente apresenta baixa rentabilidade, sendo que entre os problemas que ocasionam estão: a baixa produtividade apresentada pela pecuária de corte; ociosidade do maquinário na entre-safra e ociosidade da terra durante o período de pousio. Estes fatos provocam interesse, no sentido de viabilizar-se economicamente, nos solos de várzeas do Rio Grande do Sul, o cultivo de outras espécies vegetais, além do arroz irrigado.

É conveniente lembrar que a lavoura de arroz irrigado nos solos de várzea, possui um elevado nível técnico, sendo altamente mecanizada. A utilização da mecanização nestes solos, ao longo dos anos, tem oportunizado a formação de uma camada compactada, a pouca profundidade, agravando os problemas de adaptabilidade de culturas de sequeiro, reduzindo de forma significativa a sua profundidade efetiva.

Essa camada compactada próxima à superfície, para a implantação de culturas de sequeiro necessita ser rompida, para tanto, utiliza-se escarificadores e/ou subsoladores. Porém para que os mesmos apresentem eficiência, é de fundamental importância a análise dos parâmetros relativos a mobilização do solo e o desempenho desse tipo de implemento, nas suas várias condições de utilização.

Ao longo do tempo, a relação solo-máquina, tem sido bastante estudada. NICHOLS e REAVES (1958), relataram em estudo desenvolvido sobre a reação do solo ao subsolador, que o trabalho eficiente do subsolador é dependente das condições de umidade do solo.

SPOOR (1969), explica que a dependência do trabalho dos implementos de preparo do solo, em relação às condições de umidade, reside no fato de que o teor de água no solo tem uma grande influência sobre a resistência ao cisalhamento e a resistência ao deslizamento na interface solo-ferramenta. Com o solo na condição friável, o torrão pode ser dividido, reduzindo assim o seu tamanho. O esforço da ferramenta sobre o torrão faz com que este rompa-se ao longo do seu plano de fratura, entretanto, se o solo está na condição plástica, seu carregamento simplesmente irá amassar o torrão, mudando sua forma e conseqüentemente compactando o solo.

A influência do teor de água no solo, na operação de subsolagem, foi constatada por inúmeros pesquisadores, como BELTRAME (1983), que ensaiando três tipos de subsoladores com características geométricas distintas, concluiu que a área mobilizada do solo foi maior nos tratamentos com menores teores de água, independentemente do subsolador utilizado. SANTOS e LANÇAS (1993), estudando a influência do teor de água do solo e velocidade de deslocamento do implemento no desempenho do subsolador, também observaram que houve uma maior mobilização do solo pelo subsolador, com menores teores de água no solo.

Outros fatores que afetam o desempenho de implementos de preparo do solo são a velocidade de deslocamento e tipo de solo. Com relação a velocidade de deslocamento do implemento, OWEN (1989) desenvolveu trabalho a campo onde as análises revelaram, que a velocidade da ferramenta tinha um efeito altamente significativo sobre a força horizontal, força total e resistência específica operacional para solos franco-argilosos e franco-arenosos, compactados. Já GARNER *et al.* (1987) constataram, em experimento realizado com cinco tipos de solo da planície costeira dos Estados Unidos da América, que a força de tração e o consumo de combustível, ambos em relação à área de solo mobilizado, foram maiores para os solos com horizonte B mais próximo à superfície.

Sendo assim, devido ao pequeno número de estudos referentes ao desempenho de máquinas de preparo do solo em planossolos, estruturou-se esta pesquisa, a qual tem como principal objetivo estudar o trabalho desenvolvido por um escarificador, que para atender aos objetivos da pesquisa, atuou a uma profundidade média de 0,2m. Observou-se o esforço de tração, área transversal de solo mobilizado, resistência

específica operacional e potência na barra de tração, em dois níveis de teor de água no solo e três velocidades de trabalho, a fim de verificar-se em que situação obtém-se o melhor desempenho do equipamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental de Máquinas Agrícolas da EMBRAPA-CPACT, Latitude 31° 52' 00" sul, Longitude 52° 21' 24" oeste, altitude média de 13,24m, em solo da unidade de mapeamento Pelotas, classificação planossol textura argilosa, relevo plano, substrato sedimentar de granito, horizonte A franco arenoso, horizonte B argiloso. Apresentando segundo análise de laboratório, 17,37% de silte, 10,58% de argila e 72,05% de areia total, na faixa de 0 a 0,20m de profundidade, caracterizando-se, de acordo com o triângulo de classificação apresentado por KIEHL (1979), como franco-arenoso.

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, sendo a análise dos dados realizada através de um esquema fatorial, onde os tratamentos foram compostos por dois fatores, teor de água no solo com dois níveis ( $Ug_1=7,2\%$ ,  $Ug_2=12,0\%$ ) e velocidade de deslocamento com três níveis ( $V_1=2,6\text{km/h}$ ,  $V_2=3,6\text{km/h}$ ,  $V_3=4,8\text{km/h}$ ). As variáveis analisadas foram o esforço de tração, a área de solo mobilizado, a resistência específica operacional e a potência na barra de tração. O trabalho do equipamento desenvolveu-se a profundidade média de 0,2m.

Na aquisição dos dados referentes ao esforço de tração utilizou-se um transdutor de força com capacidade para 50kN marca Alfa modelo 0-5T, o qual foi acoplado entre dois tratores, o primeiro tracionante da marca Valmet modelo 985-S com tração dianteira assistida e o segundo tracionado, da marca Ford modelo 4600, unido ao escarificador montado, modelo comercial AS-5 fabricado pela Indústria de Máquinas Busse Ltda., com controle de profundidade por rodas, chassi porta ferramentas em forma trapezoidal, com três hastes distribuídas alternadamente, ou seja, a haste central a frente das hastes laterais, com espaçamento entre hastes de 500,0mm. As hastes utilizadas neste escarificador são verticais retas (largura de 30,0mm), fabricadas com chapa de aço, borda plana. As ponteiros do tipo comum sem asas (largura de 80,0mm). O transdutor de força, acima descrito, encontrava-se ligado a um condicionador de sinais marca Alfa modelo 1101. Através deste, foram obtidos os registros do esforço de tração em mV, os quais foram transformados posteriormente em kN, através da equação de calibração do transdutor de força. Realizou-se medidas do esforço de tração com o subsolador erguido pelo segundo trator em cada uma das áreas a serem trabalhadas, a fim de que posteriormente este resultado

viesses a ser descontado do esforço de tração obtido, no decorrer dos testes. Para o registro dos dados obtidos no visor do condicionador de sinais, utilizou-se uma filmadora do tipo VHS marca Panasonic modelo PV 910.

Os dados referentes ao perfil de solo mobilizado antes e após o trabalho do subsolador foram obtidos com um aparelho denominado perfilômetro, o qual é composto de uma placa graduada e 26 varetas de alumínio espaçadas entre si de 0,08m, conforme descrito por MACHADO *et al.* (1993). Antes da passagem do implemento, em cada uma das parcelas colocou-se piquetas, em locais previamente definidos, e determinou-se o perfil original do solo. Após a passagem do implemento o perfilômetro foi novamente colocado nestes mesmos locais, e mediu-se o perfil de solo elevado e o perfil de solo mobilizado subsuperficialmente. Com estes dados foi possível o cálculo da área transversal de solo mobilizado, conforme apresentado por MACHADO (1992), para cada uma das situações.

Os valores da resistência específica operacional em kN/m<sup>2</sup> foram calculados conforme descrito por LANÇAS (1987), segundo a equação (1):

$$Reo = E_{f_m} / A_m \dots\dots\dots(1)$$

Onde,

Reo = Resistência específica operacional (kN/m<sup>2</sup>);

E<sub>f<sub>m</sub></sub> = Esforço de tração médio (kN);

A<sub>m</sub> = Área transversal de solo mobilizado (m<sup>2</sup>).

Com os dados referentes ao esforço de tração médio, em cada uma das situações examinadas, bem

como com aqueles relativos a velocidade média foi possível o cálculo da potência na barra de tração, através da equação (2):

$$Pb = (E_{f_m} \times v_m) / 3,6 \dots\dots\dots(2)$$

Onde,

Pb = Potência na barra de tração (W);

f<sub>m</sub> = Esforço de tração médio (N);

v<sub>m</sub> = Velocidade média (km/h).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados médios do esforço de tração e área transversal de solo mobilizado, resistência específica operacional e potência na barra de tração em relação as velocidades de trabalho e teores de água no solo. Verifica-se que não houve diferença estatística significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre as velocidades de trabalho, entre os teores de água no solo em relação ao esforço de tração.

A não ocorrência de diferença significativa para o esforço de tração entre as velocidades de trabalho adotadas, também foi verificada por SANTOS FILHO *et al.* (1993).

O esforço de tração, com relação aos diferentes teores de água no solo não apresentou diferença estatística significativa, isto pode ser explicado, devido ao maior valor do teor de água no solo, no momento de escarificação, não ter sido superior ao limite de plasticidade desse solo.

TABELA 1 - Valores médios do esforço de tração e área transversal de solo mobilizado, resistência específica operacional e potência na barra de tração nos três níveis de velocidade e dois níveis de teor de água no solo.

teor de água no solo (%)	velocidades (km/h)			médias
	2,6	3,6	4,8	
Esforço de tração (kN)				
7,2	21,39	22,06	23,51	22,32a
12,0	21,63	22,11	24,55	22,76a
médias	21,51A	22,09A	24,03A	
Área transversal de solo mobilizado (m <sup>2</sup> )				
7,2	0,1157	0,1456	0,1739	0,1451a
12,0	0,1451	0,1363	0,1376	0,1397a
médias	0,1304A	0,1409A	0,1558A	
Resistência específica operacional (kN/m <sup>2</sup> )				
7,2	191,41	151,84	141,08	161,44a
12,0	152,10	162,43	178,70	164,41a
médias	171,76A	157,14A	159,89A	
Potência na barra de tração (kW)				
7,2	15,33	22,25	31,09	22,89a
12,0	15,50	22,30	32,46	23,42a
médias	15,42C	22,28B	31,78A	

\*Médias seguidas de letras distintas minúsculas na vertical ou maiúsculas na horizontal, diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O menor valor do esforço de tração foi verificado a velocidade de trabalho de 2,6km/h e teor de água no solo de 7,2%.

Observa-se na Tabela 1, que não houve diferença estatística significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre as velocidades de trabalho e entre os teores de água no solo em relação a área transversal de solo mobilizado.

Com relação a velocidade de trabalho, os resultados concordam com estudos de PAYNE (1959), OWEN (1989) e SANTOS FILHO *et al.* (1993), que não verificaram diferença estatística significativa na área transversal de solo mobilizado com variação da velocidade de trabalho. Também não foi constatada diferença estatística significativa entre os teores de água no solo para a área transversal de solo mobilizado em estudos de SANTOS FILHO e LANÇAS (1993).

Com relação aos teores de água no solo, não houve diferença estatística significativa para os valores da resistência específica operacional, o que concorda com observações de LANÇAS *et al.* (1993).

Verifica-se que para a velocidade de trabalho igual a 2,6km/h e teor de água no solo de 7,2%, ocorre o menor valor do esforço de tração e o maior valor da resistência específica operacional. Observa-se, portanto, que o esforço de tração do escarificador, mesmo sendo um fator importante, não pode ser tomado como parâmetro único na análise do desempenho deste, pois a área transversal de solo mobilizado também é um fator relevante. Logo, é mais aconselhável analisar o desempenho deste equipamento, utilizando-se tanto do esforço de tração como a área transversal de solo mobilizado e tendo-se como base principal a resistência específica operacional, conclusão similar foi obtida por MACHADO (1992).

Com relação a potência na barra de tração, verifica-se pela Tabela 1 que não houve diferença estatística significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os teores de água no solo. Observa-se também que com o aumento da velocidade de trabalho, ocorre um acréscimo do valor da potência na barra de tração, a qual mostra diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade. Logo a potência exigida na barra de tração cresce conforme aumenta a velocidade de trabalho.

## CONCLUSÕES

A potência na barra de tração depende da velocidade de trabalho e independe do teor de água no solo. A menor potência na barra de tração

(15,33kW) é encontrada no tratamento com a velocidade de trabalho de 2,6km/h e com o teor de água no solo de 7,2%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRAME, L. F. S. Avaliação do desempenho de três subsoladores em Latossolo Vermelho Escuro. **Eng. Agrícola**. Botucatu, v. 7, n. 1, p 37-52. 1983.
- GARNER, T. H., REYNOLDS, W. R., MUSEN, H. L., *et al.* AVIS, J. W.; WOLF, D.; PEIPER, U. M. Energy requirement for subsoiling Coastal Plain Soils. **Transactions of ASAE**. St. Joseph, v. 30, n. 2, p 343-9. 1987.
- KHIEL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo : Editora Agronomica Ceres Ltda., 1979. 262 p.
- LANÇAS, K. P. **Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes**. Botucatu, SP : UNESP, 1987. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, 1987.
- MACHADO, A. L. T. **Influência do formato da borda de corte no desempenho das ponteiros de escarificadores**. Campinas, SP : UNICAMP, 1992. 129 p. Dissertação (Mestrado) -Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- MACHADO, R. L. T., TURATTI, A. L., ALONÇO, A. dos S. Construção de um perfilômetro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1993, Goiânia. **Anais ...** Goiania : SBCS, 1993. p 71-2
- NICHOLS, M. L., REAVES, C. A. Soil reaction : to subsoiling equipment. **Agricultural Engineering**. St Joseph, June, 1958, p 340- 3.
- OWEN, G. T. Subsoiling forces and tool speed in compact soils. **Canadian Agricultural Engineering**. [S.l.], v. 31, n. 1, p. 15-20, 1989.
- PAYNE, P. C. J. The relationship between mechanical properties of soil and performance of simple cultivation implements. **J. Agric. Engng. Res.**, v. 1, n. 1, p. 23-50, 1956
- SANTOS Fº, A. G. dos, LANÇAS, K. P. Influência da interação velocidade de deslocamento e teor de água no solo, na operação de subsolagem. **Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 8 , n. 4, p 1- 11, 1993.
- SANTOS Fº, A. G. dos, LANÇAS, K. P., SANTOS, J. E. G. dos, GAMERO, C. A. Avaliação do consumo energético na operação de subsolagem parte I: efeito da variação da velocidade de deslocamento. in: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais ...** Ilhéus : SBEA, CEPLAC, 1993. v. 2. p. 1903-17.
- SPOOR, G. Design of soil engaging implements. **Farm Machine Design Engineering**. [S.l.], September/december, 12 p, 1969.