

## Desempenho operacional de hastes subsoladoras em função da ponteira e do tipo do solo

### Operational performance of forest subsoiling tines as a function of the chisel and soil type

Cassiano Massakazu Sasaki  
José Leonardo de Moraes Gonçalves  
Sérgio Ricardo Portes Bentivenha

---

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional de dois tipos de hastes subsoladoras, parabólica e reta-inclinada, e dois tipos de ponteiras, com e sem asas, na subsolagem de dois solos com diferentes texturas (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho-Amarelo). No geral, os dois tipos de hastes avaliados não diferiram entre si quanto ao desempenho operacional. Houve diferença apenas para a profundidade efetiva de trabalho e a área mobilizada de solo, parâmetros em que a haste reta-inclinada apresentou os melhores resultados. A ponteira com asas apresentou demanda de força de tração 18% maior que a ponteira sem asas. O desempenho operacional das hastes subsoladoras foi relativamente melhor no Neossolo Quartzarênico, no qual foram observados valores maiores de profundidade de trabalho e área mobilizada de solo. De todas as possíveis combinações entre as variáveis estudadas, houve interação significativa entre o tipo de haste e o solo para as variáveis força de tração, potência na barra e profundidade de trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos florestais, Subsolagem, Ponteira

**SUMMARY:** The objective of this study was to evaluate the operational performance of two subsoiling tines, one parabolic and one inclined, and two chisel types, winged and not winged, in the subsoiling of two soils with different textures (Sandy Soil and Red-Yellow Latosol). In general, the two tine types evaluated did not differ from each other as far as the operational performance was concerned. There was difference only to the effective work depth and the area of mobilized soil, parameters in which the inclined tine presented the best results. The winged chisel presented demand of 18% more traction force than the not winged chisel. The tines operational performance was relatively better in the sandy soil, in which bigger values of effective work depth and area of mobilized soil were observed. Of all the possible combinations between the studied variables, there was significant interaction between the tine types and the soil, to the variables traction force, draft bar power and effective work depth.

**KEYWORDS:** Forest soil, Subsoiling, Subsoiler chisel

---

## INTRODUÇÃO

O preparo de solo influencia o crescimento inicial das mudas, a uniformidade e a produtividade da floresta, além de ter relação direta com o potencial de conservação do solo. Dentre as diversas opções de preparo, a subsolagem tem se consolidado na área florestal devido aos seus efeitos benéficos sobre o solo e às suas vantagens operacionais (maior rendimento) e economi-

cas (menor custo). Sua adoção no setor florestal está estreitamente relacionada à difusão do cultivo mínimo, o qual objetiva baixa mobilização mecânica e manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo. Atualmente, a subsolagem tornou-se uma operação comum empregada na maioria das plantações florestais (Gava, 2002; Gonçalves et al., 2002; Sasaki et al., 2002).

A subsolagem, em termos físicos, é uma técnica utilizada basicamente para romper camadas de solo que tenham sofrido compactação ou, mesmo, perfis de solo mais densos. O rompimento dessas camadas diminui a resistência do solo à penetração das raízes, aumenta o volume dos macroporos, melhora a aeração e a drenagem interna do solo, diminuindo o escoamento superficial e o tempo de encharcamento (Taylor e Beltrame, 1980). Apesar dessa definição, a subsolagem, na área florestal, muitas vezes não tem como objetivo o rompimento da camada de compactação, mas sim a mobilização de uma pequena porção de solo para o plantio e o estabelecimento das mudas.

Dentre as diversas características dos subsoladores, que devem ser consideradas para sua correta utilização, está a configuração da haste. Silva et al. (1984a), ao testar várias configurações de hastes subsoladoras (reta, curva e parabólica), concluíram que a geometria não apresentou influência significativa no desempenho dos subsoladores avaliados. Mas, ao trabalhar num Latossolo Vermelho Distroférrico, com 650 g kg<sup>-1</sup> de argila e teor médio de água de 19,5%, Lanças (1988) observou que as hastes parabólicas demandaram maior força de tração que a haste reta-inclinada.

A utilização de asas na ponteira, apesar de não ser tradicionalmente empregada na área florestal, foi estudada há bastante tempo na agricultura. Spoor e Godwin (1978) observaram que a colocação de asas de 0,42 m de largura no subsolador aumentou em 40% a força de tração e duplicou a área transversal de solo mobilizado, quando comparado com o subsolador sem asas na ponteira. Por sua vez, Souza (1989) estudou a distribuição das forças num subsolador de haste única curva, observando que a força que atua no sentido contrário ao deslocamento do trator aumentou de intensidade quando a largura da asa passou de 0,240 para 0,435 m, e que a força que

auxilia a penetração da haste no solo diminuiu de intensidade quando a largura da asa passou de 0,240 m para 0,435 m.

O tipo de solo afeta muito a demanda por força de tração na subsolagem, como mostraram Dransfield et al. (1965), ao avaliarem o efeito de hastes subsoladoras para o preparo de solo em plantações de trigo na Austrália. Eles concluíram que, em solos com baixa densidade, a força de tração aumenta linearmente com a profundidade de trabalho, mas, em solos com alta densidade, essa relação não ocorreu. Garner et al. (1987) também verificaram que o tipo e o teor de água no solo são fatores que influenciam os resultados de desempenho dos subsoladores em cinco tipos de solos na Planície Costeira dos Estados Unidos. Os autores observaram que a força de tração aumentou nos solos com horizonte B mais próximo à superfície.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho operacional de dois tipos de hastes subsoladoras, parabólica e reta-inclinada, e dois tipos de ponteiras, com e sem asas, na subsolagem de dois solos com diferentes texturas (Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho-Amarelo).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido nas Fazendas Água Bonita (48°31'26"W; 23°07'38"S), localizada no Município de Itatinga, SP e Santa Terezinha (48°45'17"W; 23°27'45"S), localizada no Município de Paranapanema, SP. As parcelas experimentais foram instaladas em áreas de reforma, após o cultivo de *Eucalyptus grandis* pelo período de 7 anos. O solo da Fazenda Água Bonita foi caracterizado como Neossolo Quartzarênico (RQ) e o da Fazenda Santa Terezinha, como Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), textura média, segundo Embrapa (1999). Suas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1**

Características granulométricas do Neossolo Quartzarênico (RQ) e do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) nas profundidades 0-20 e 20-40 cm. (Soil physical characteristics of the Sandy Soil (RQ) and the Red-Yellow Latosol (LVA) at the 0-20 and 20-40 cm depths)

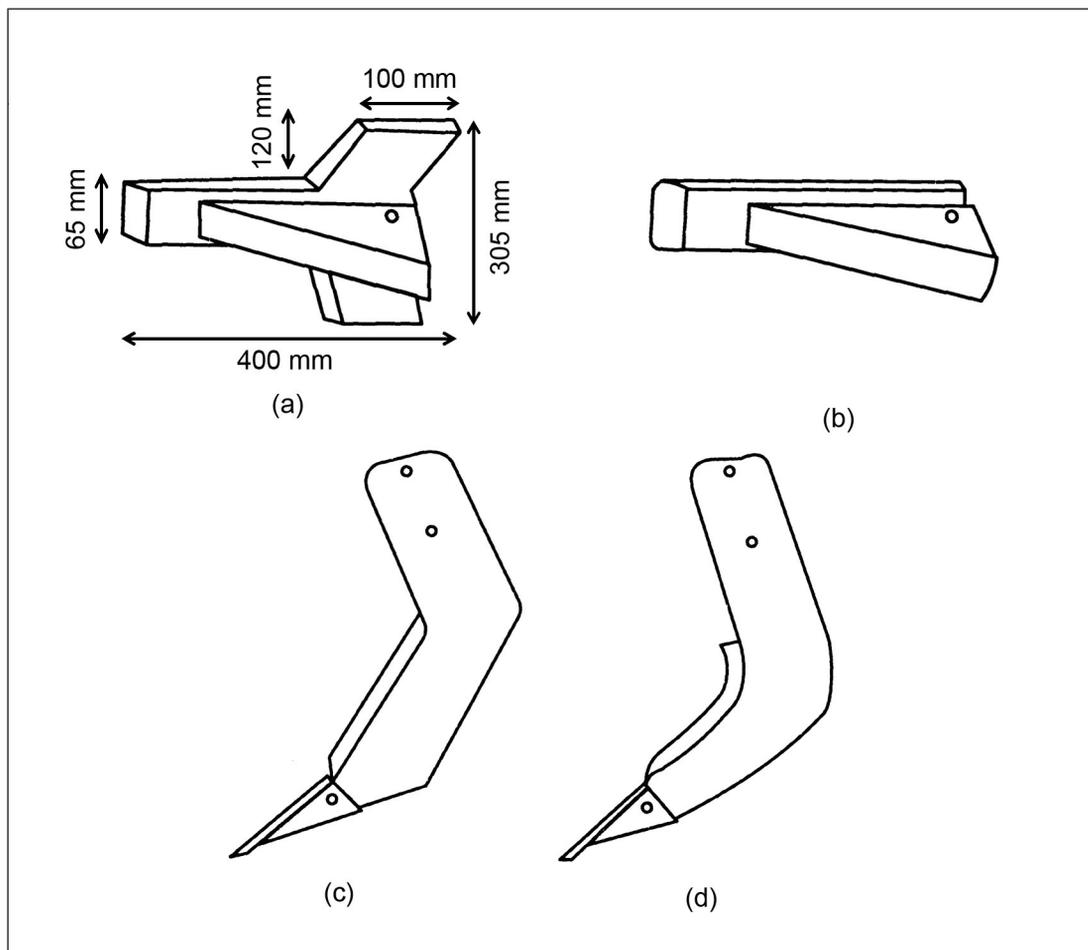
Características	RQ		LVA	
	0-20 cm	20-40cm	0-20 cm	20-40cm
Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	25	30	25	20
Areia Média (g kg <sup>-1</sup> )	280	275	125	130
Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	635	635	520	510
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	5	15	35	35
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	65	60	300	310
Porosidade (%)	39	42	50	52

Na Tabela 2 estão relacionados os tipos de hastes e ponteiros usados na mobilização dos solos, nos diferentes tratamentos experimentais. Os subsoladores avaliados tinham haste única e foram acoplados ao sistema hidráulico de três pontos do trator, com controle de profundidade por braçadeira de fixação. Foram selecionados dois tipos de ponteiros e duas configurações geométricas de hastes subsoladoras (Figura 1). As ponteiros possuíam largura de 6,5 cm, o que permitiu o trabalho em profundidades de 32,5 a 45,5 cm, uma vez que a profundidade ideal de trabalho é de 5 a 7 vezes a largura da ponteira (Spoor e Godwin, 1978). As hastes possuíam lâminas afiadas em sua parte anterior para facilitar o rompimento das camadas de solo.

**Tabela 2**

Descrição dos tratamentos experimentais.  
(Experimental treatments description)

Tratamento	Solo	Tipo de haste	Ponteira			
1	LVA	parabólica	com asas			
2	RQ	parabólica	com asas			
3	LVA	parabólica	sem asas			
4	RQ	parabólica	sem asas			
5	LVA	reta-inclinada	com asas			
6	RQ	reta-inclinada	com asas			
7	LVA	reta-inclinada </tr <tr> <td>8</td> <td>RQ</td> <td>reta-inclinada</td> <td>sem asas</td> </tr>	8	RQ	reta-inclinada	sem asas
8	RQ	reta-inclinada	sem asas			

**Figura 1**

Ponteiros e hastes subsoladoras utilizadas no trabalho: (a) ponteira com asas, (b) ponteira sem asas, (c) haste reta-inclinada (HRI) e (d) haste parabólica (HP).

(Chisels and subsoiling tines used in the study: (a) winged chisel, (b) not winged chisel, (c) inclined tine (HRI) and (d) parabolic tine (HP))

Para determinar a força de tração foi utilizado o método indireto, conforme Mialhe (1996), utilizando-se um comboio de tratores (Figura 2). O primeiro, denominado trator de tração, tracionou o segundo, trator suporte, que realizava a mobilização do solo. Entre os dois tratores foi colocada uma célula de carga da marca Kyowa Electronic Instruments Co., com capacidade de 49000 N. O trator de tração foi conduzido em marcha e rotação do motor constantes (terceira reduzida e 1700 rpm).

Conhecida a força de tração, esta foi usada para o cálculo da potência na barra de tração, determinada conforme a seguinte equação:

$$PBT = \frac{FT \times VD}{3600} \quad (1)$$

em que,

PBT = potência na barra de tração (kW),

FT = força de tração média (N) e,

VD = velocidade média de deslocamento (km h<sup>-1</sup>).

A resistência específica operacional, que representa a força necessária para mobilizar um metro quadrado de solo, foi calculada por meio da equação:

$$REO = \frac{FT}{AMS} \quad (2)$$

em que,

REO = resistência específica operacional (N m<sup>-2</sup>),

FT = força de tração média (N) e,

AMS = área mobilizada de solo (m<sup>2</sup>).

A patinagem das rodas motrizes foi determinada por sensores óticos elaborados no Departamento de Engenharia Rural da ESALQ, instalados nas rodas dianteira e traseira, à direita. Para a obtenção da patinagem em porcentagem, utilizou-se a seguinte equação:

$$PAT(\%) = \left( \frac{\text{leitura do n}^\circ \text{ de pulsos} - \text{calibração}}{\text{leitura do n}^\circ \text{ de pulsos}} \right) (3)$$

em que, PAT = patinagem (%).

A velocidade média de deslocamento do conjunto trator/implemento foi avaliada de modo indireto, dividindo-se o tamanho da parcela experimental pelo tempo de percurso, medido por cronômetro. A seguinte equação foi usada:

$$VD = \frac{S}{T} \times 3,6 \quad (4)$$

em que,

VD = velocidade média de deslocamento (km h<sup>-1</sup>),

S = espaço percorrido na parcela (30 m) e,

t = tempo gasto no percurso (s).

A capacidade efetiva de trabalho (CET) foi obtida por meio da seguinte equação:

$$CET = \frac{V \times L}{10000} \times f \quad (5)$$

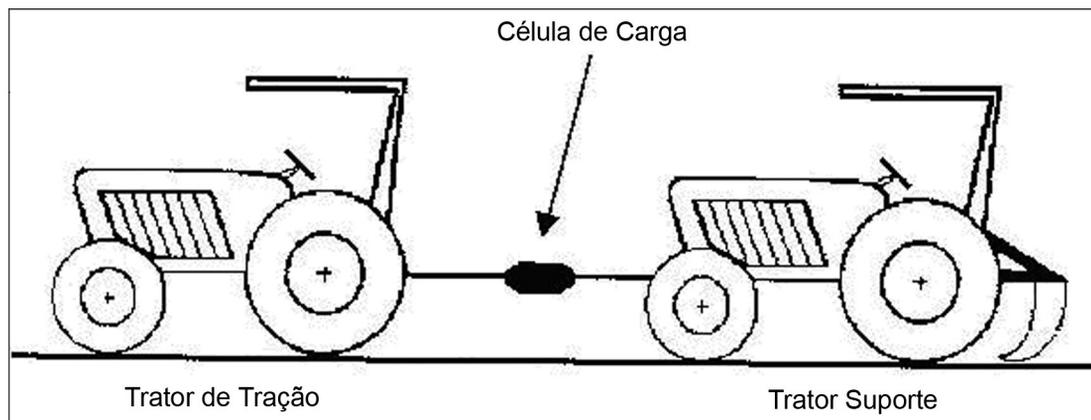
em que,

CET = capacidade efetiva de trabalho (ha h<sup>-1</sup>),

V = velocidade de trabalho (m h<sup>-1</sup>),

L = largura de trabalho (m) e,

f = coeficiente de eficiência (70%).

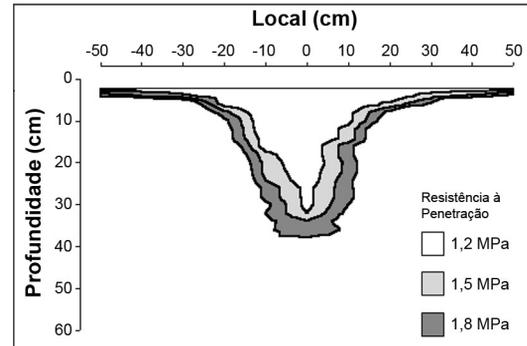


**Figura 2** Método indireto de determinação da força de tração (adaptado de Mialhe, 1996). (Indirect method to determine the traction force (adapted from Mialhe, 1996))

A resistência dinâmica do solo antes da subsolagem foi determinada com penetrômetro de impacto (Stolf et al., 1982). Em cada parcela foram amostrados quatro pontos, na linha e entrelinha de plantio, para a determinação da resistência dinâmica inicial (Figura 3). Após a subsolagem, determinou-se a área mobilizada de solo pelo método das zonas de resistência (Stape et al., 2002). O penetrômetro de impacto foi usado para se fazer três transectos por parcela experimental, perpendiculares à linha central de subsolagem, denotada por (0). Estes transectos possuíam largura total de 100 cm, 50 cm à esquerda e 50 cm à direita da linha central. Foram feitas sondagens a cada 10 cm (Figura 4). A AMS foi considerada como toda porção de solo que apresentou resistência à penetração menor do que a resistência à penetração obtida antes da subsolagem. No exemplo da Figura 4, a resistência à penetração do solo obtida antes da subsolagem foi de 1,8 MPa. A área mobilizada de solo foi, portanto, a porção de solo que apresentou resistência à penetração inferior a este valor, destacada na Figura 4 (no caso do presente exemplo, a soma das áreas das isolinhas de resistência de 1,2, 1,5 e 1,8 MPa). O teor de água nos solos foi determinado pelo método gravimétrico (secagem a 105°C durante 24 horas). Em cada tipo de solo foram coletadas 10 amostras simples por bloco, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

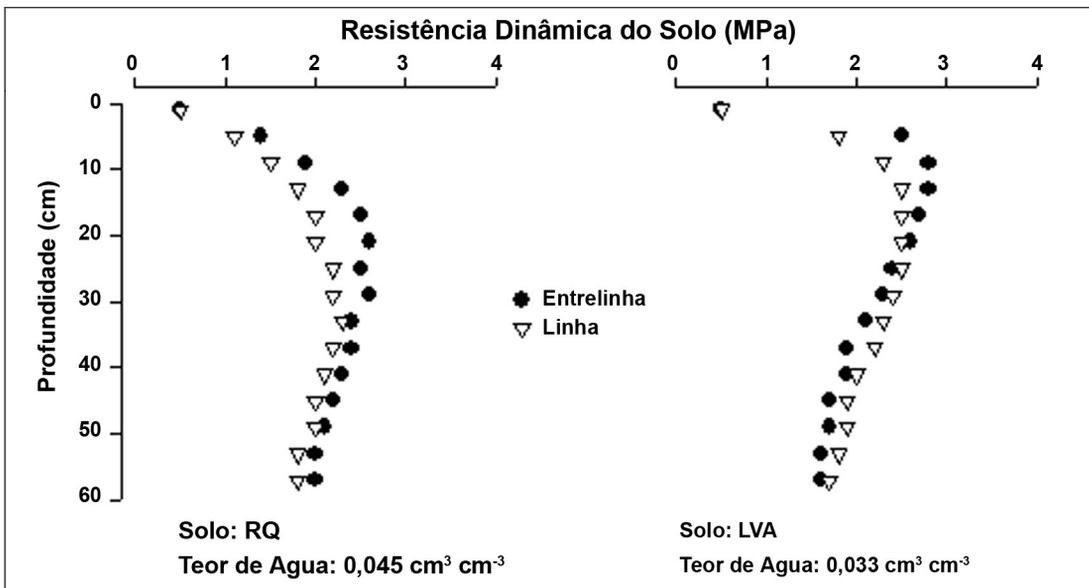
O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada parcela tinha 90 m<sup>2</sup>, 30 m de comprimento por 3

m de largura, ou seja, a largura de ataque de cada linha de preparo de solo. Antes de cada parcela, foram reservados 15 m para a estabilização da velocidade de trabalho e profundidade de operação do subsolador. Dez metros após a parcela foram usados para manobras e outras operações. Os dados foram analisados no programa Statgraphics Plus for Windows versão 1.4, da Statistical Graphics Corporation. Foram realizadas análises de variância ao nível de 5% de probabilidade (com as possíveis interações entre os tipos de hastes, de ponteiros e de solos estudados). Após essa etapa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 4**

Determinação da área mobilizada de solo (AMS) pelo método das zonas de resistência. (Soil mobilized area (AMS) determination through the resistance zones method)



**Figura 3**

Resistência dinâmica do solo no RQ e no LVA, na linha e entrelinha de plantio, antes da subsolagem. (Soil dynamic resistance in the RQ and in the LVA, at the line and interline planting, before the subsoiling)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Similar aos resultados observados por Silva et al. (1984a) e Silva et al. (1984b), não houve diferença entre os tipos de hastes quanto à demanda por força e potência na barra de tração (Tabela 3). Estes resultados, provavelmente, se devem às condições de estrutura e textura dos solos, que têm estreita relação com suas resistências dinâmicas médias iniciais, medidas pelo penetrômetro de impacto: 2,0 MPa para o RQ e 2,1 MPa para o LVA (Figura 3). Os dois solos possuem altos teores de areia (RQ = 940 g kg<sup>-1</sup> e LVA = 660 g kg<sup>-1</sup>) e mineralogia sexquioxídica, sem estrutura ou com estrutura do tipo granular e alto grau de friabilidade. Além disto, não possuem camadas compactadas, superficiais ou subsuperficiais. Caso os solos fossem mais argilosos e tivessem mineralogia que lhes conferisse maior dureza, seriam esperadas diferenças significativas entre as hastes quanto à necessidade de tração, como observado por Lanças (1988) e Lanças e Benez (1989). Estes autores verificaram que as hastes parabólicas demandaram maior força e potência na barra de tração do que as hastes reta-inclinadas em um Latossolo Vermelho Distroférico (650 g kg<sup>-1</sup> de argila).

Os parâmetros velocidade, patinagem, resistência específica operacional, capacidade efetiva de trabalho não apresentaram diferenças quanto ao tipo de haste subsoladora usado. A profundidade de trabalho e a área mobilizada de solo foram maiores para a haste reta-inclinada (Tabela 3). O melhor desempenho da haste reta-inclinada nesses solos está relacionado à sua configuração geométrica, uma vez que hastes parabólicas apresentam melhor rendimento operacional apenas nos solos mais argilosos (Lanças, 1988 e Lanças e Benez, 1989).

Verificou-se que a ponteira com asas exigiu cerca de 18% mais força de tração e 17% mais potência na barra do que a ponteira sem asas (Tabela 3), sendo a maior área de contato entre a ponteira com asas e o solo a razão mais plausível para explicar este fato. Resultados semelhantes foram obtidos por Spoor e Godwin (1978), Lanças (1988) e Yshimine (1993).

No presente estudo verificou-se que a ponteira com asas mobilizou cerca de 20% mais solo do que

a ponteira sem asas (Tabela 3 e Figura 5). Gill e Vanderberg (1968), Fernandes et al. (1981), Lanças (1988), Yshimine (1993) e Bentivenha (2001) também observaram que ponteiras munidas de asas mobilizam mais os solos, não importando sua textura e sim, o teor de água em que os solos se encontram no momento da subsolagem. O emprego de asas na ponteira dos subsoladores tem como objetivo a maior mobilização do solo, o que, em teoria, estimularia o arranque inicial das mudas. Apesar disso, Bentivenha (2001) verificou que a utilização de ponteiras com asas, apesar de aumentarem a área e volume de solo mobilizados, não afetou o ritmo de crescimento inicial do eucalipto.

Em relação ao tipo do solo, verificou-se que o LVA demandou menos força de tração que o RQ. Isso pode ser explicado pela menor área mobilizada de solo e profundidade de trabalho, que implicariam em menor exigência do trator (Tabela 3 e Figura 5). Estudos realizados por Taylor e Beltrame (1980), mostraram que um trator com tração dianteira auxiliar ativada pode tracionar até 60% de seu peso. Com base nestas informações, o trator utilizado neste ensaio (peso aproximado de 6,0 t) possuía capacidade de tração de 35280 N. Considerando que a maior demanda de tração entre os tratamentos testados foi de 13000 N, houve sobra de 22280 N de capacidade de tração, ou seja, o conjunto trator/implemento estava superdimensionado. Caso os solos em estudo apresentassem teores de argila e silte maiores e/ou camadas adensadas sub-superficiais, com demanda de potência maior do que a do trator, resultados mais discrepantes seriam esperados.

A capacidade efetiva de trabalho foi influenciada apenas pelo tipo do solo (Tabela 3), sendo de 0,89 ha h<sup>-1</sup> no RQ e de 0,96 ha h<sup>-1</sup> no LVA. Isso ocorreu devido à maior velocidade de deslocamento e à menor profundidade de trabalho no LVA. Essa menor profundidade média também gerou menor mobilização de solo, uma vez que a área mobilizada de solo está diretamente relacionada à profundidade de trabalho, principalmente quando se utiliza ponteira sem asas (Dransfield et al., 1965 e Bicudo, 1990).

A análise fatorial do ensaio mostrou haver interação significativa entre a textura dos solos e o tipo de haste, quando considerados os parâmetros

força de tração, profundidade de trabalho e potência na barra de tração, sendo que para os demais parâmetros, não foi detectada interação significativa. Para a força de tração e a potência na barra, a haste parabólica operando no LVA apresentou o melhor desempenho operacional, denotado pela

menor força e potência na barra. Para a profundidade de trabalho, a haste reta-inclinada apresentou o melhor desempenho no RQ, denotado como maior profundidade de trabalho, enquanto que a haste parabólica, operando nesse solo, apresentou o pior desempenho (Tabela 4).

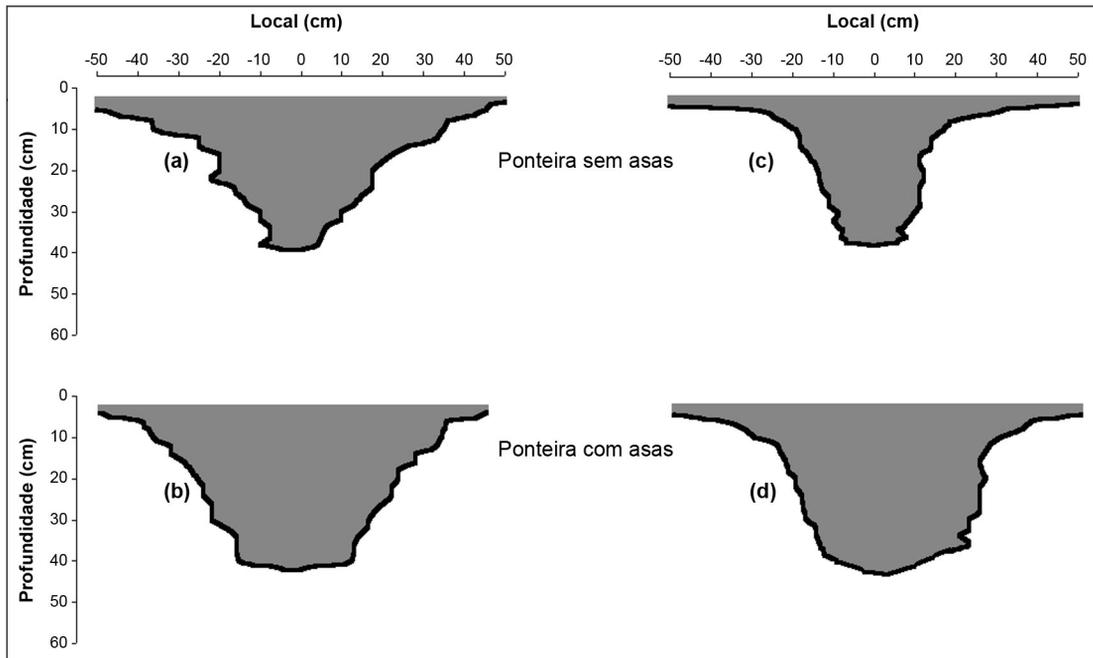
**Tabela 3**

Valores médios da análise conjunta dos dados para força de tração (FT), potência na barra de tração (PBT), velocidade de deslocamento (VD), patinagem (PAT), resistência específica operacional (REO), capacidade efetiva de trabalho (CET), profundidade efetiva de trabalho (PET) e área mobilizada de solo (AMS), obtidos para as diferentes variáveis estudadas.

(Average values of the analysis of the traction force (FT), draft bar power (PBT), speed (VD), skating (PAT), operational specific resistance (REO), effective work capacity (CET) and soil mobilized area (AMS) data, obtained to the different variables studied)

Variável	FT	PBT	VD	PAT	REO	CET	PET	AMS
	N	kW	km h <sup>-1</sup>	%	N m <sup>-2</sup>	ha h <sup>-1</sup>	cm	m <sup>2</sup>
Haste Parabólica	7558 a	9,3 a	4,44 a	10,0 a	44296 a	0,93 a	37,2 a	0,1817 a
Haste Reta-inclinada	8083 a	9,7 a	4,33 a	11,2 a	41298 a	0,91 a	40,6 b	0,2080 b
Ponteira sem asas	7063 a	8,6 a	4,38 a	10,3 a	44619 a	0,92 a	39,2 a	0,1725 a
Ponteira com asas	8577 b	10,4 b	4,39 a	10,9 a	40975 a	0,92 a	38,9 a	0,2162 b
Neossolo Quartzarênico	8272 b	9,3 a	4,21 a	9,6 a	43005 a	0,89 a	39,9 b	0,2058 b
Lat.Vermelho-Amarelo	7368 a	9,7 a	4,56 b	11,5 a	42588 a	0,96 b	37,3 a	0,1829 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



**Figura 5**

Área mobilizada de solo de acordo com a presença ou ausência de asas na ponteira da haste subsoladora, no Neossolo Quartzarênico (a,b) e no Latossolo Vermelho-Amarelo (c,d).

(Soil mobilized area in agreement with the presence or absence of wings in the chisel, in the Sandy Soil (a,b) and in the Red-Yellow Latosol (c,d))

**Tabela 4**

Resultados obtidos para a decomposição dos graus de liberdade da interação significativa entre o tipo de haste subsoladora e a textura do solo.

(Obtained results to the degrees decomposition of the significant interaction between the subsoiling tine type and the soil texture)

Interação	F	p	Variáveis <sup>(1)</sup>	Parâmetro
Haste x Textura	14,92	0,030	Força de Tração (N)	
			HP x RQ	8539
			HP x LVA	6576
			HRI x RQ	8005
	14,48	0,032	Potência na Barra (kW)	
			HRI x LVA	8160
			HP x RQ	10,1
			HP x LVA	8,4
	10,05	0,049	Prof. de Trabalho (cm)	
			HRI x RQ	9,2
			HP x RQ	38,4
			HP x LVA	38,5
			HRI x RQ	41,4
			HRI x LVA	36,0

<sup>(1)</sup> HP = Haste Parabólica, HRI = Haste Reta-inclinada, RQ = Neossolo Quartzarênico e LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo.

## CONCLUSÕES

As duas hastes avaliadas não diferiram entre si quanto ao desempenho operacional. Quando comparada com a haste parabólica, a haste reta-inclinada apresentou melhor desempenho apenas para a profundidade efetiva de trabalho (8%) e a área mobilizada de solo (13%).

A ponteira com asas apresentou demanda de força de tração 18% maior do que a ponteira sem asas.

As hastes subsoladoras apresentaram valores maiores de força de tração (11%), profundidade de trabalho (7%) e área mobilizada de solo (11%), no Neossolo Quartzarênico e maior velocidade de deslocamento (8%), no Latossolo Vermelho-Amarelo.

De todas as possíveis combinações entre as variáveis estudadas, houve interação significativa entre o tipo de haste e o solo, para as variáveis força de tração, potência na barra e profundidade de trabalho.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

CASSIANO MASSAKAZU SASAKI é Doutor em Recursos Florestais pela ESALQ / USP – Floresteca Agroflorestal Ltda – Cáceres, MT – E-mail: cassiano.sasaki@floresteca.com.br

JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES é Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP - Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: jlmgonca@esalq.usp.br

SÉRGIO RICARDO PORTES BENTIVENHA é Mestre em Ciências Florestais pela ESALQ / USP – Suzano Bahia Sul – Itapetininga, SP – E-mail: sergiob@bahiasul.com.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTIVENHA, S.R.P. **Mobilização do solo e crescimento inicial do eucalipto em função do tipo de haste subsoladora, profundidade de trabalho e características do solo.** Piracicaba, 2001. 60p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo

BICUDO, S.J. **Subsolador: algumas relações entre profundidade de trabalho, largura das sapatas e número de hastes.** Botucatu, 1990. 130p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista

DRANSFIELD, P.; WILLATT, S.T.; WILLIS, A.H. Soil to implement reaction experienced with simple tines at various angles of attack. **Journal of agriculture engineering research**, v.9, p.220-234, 1965.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L.; STOLF, R. Dimensionamento do subsolador alado. **Brasil açucareiro**, v.97, n.2, p.32-38, 1981.

GARNER, T.H.; REYNOLDS, W.R.; MUSEN, H.L.; MILES, G.E.; DAVIS, J.W.; WOLF, D.; PEIPER, U.M. Energy requirement for subsoiling Coastal Plain Soils. **Transactions of the ASAE**, v.30, n.2, p. 343-349, 1987.

GAVA, J.L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa em áreas planas e suave-onduladas. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.221-244

GILL, W.R.; VANDERBERG, G.E. **Soil dynamics in tillage and traction**. Washington: Agricultural Research Service, 1968. 511p.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; WICHERT, M.C.P.; GAVA, J.L. Manejo de resíduos vegetais e preparo de solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.131-204

LANÇAS, K.P. **Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e número de hastes**. Botucatu, 1988. 171p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista

LANÇAS, K.P.; BENEZ, S.H. Avaliação dos resultados operacionais obtidos para três formas geométricas de hastes subsoladoras. **Energia na agricultura**, v.4, n.1, p.27-34, 1989.

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

SASAKI, C.M.; BENTIVENHA, S.R.P.; GONÇALVES, J.L.M. Configurações básicas de subsoladores florestais. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.393-407

SILVA, J.R.; MESQUITA, C.M.; KURACHI, S.A.H.; TESTA, A. **Avaliação de peças ativas de subsoladores quanto à exigência de tração**. Campinas: IAC, 1984a. 15p. (Boletim técnico, 94).

SILVA, J.R.; KURACHI, S.A.H.; MESQUITA, C.M.; BARRETO, J.N.; PETRONI, A.C. **Correlação entre esforço de tração e profundidade de subsolagem**. Campinas: IAC, 1984b. 16p. (Boletim técnico, 96).

SOUZA, W.R. **Subsolador: influência de parâmetros geométricos na distribuição das forças**. Campinas, 1989. 114p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas

SPOOR, G.; GODWIN, R.J. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. **Journal of agriculture engineering research**, v.23, p.243-258, 1978.

STAPE, J.L.; ANDRADE, S.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A. Definição de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L., ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.259-296

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. **Penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR: recomendações para seu uso**. Araras: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1982. 19p.

TAYLOR, J.C.; BELTRAME, L.F.S. Por que, quando e como utilizar a subsolagem. **Lavoura arroeira**, p. 34-44, mai./jun. 1980.

YSHIMINE, P. **Avaliação de algumas forças que atuam em um subsolador utilizado no preparo de solo agrícola**. Botucatu, 1993. 94p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista