

AVALIAÇÃO DE FERRAMENTA DE PREPARO CONSERVACIONISTA DE SOLO PARA PLANTIO EM PEQUENA PROPRIEDADE

EVALUATION OF NEW CONSERVATIONIST TOOL OF SOIL TILLAGE FOR IMPROVEMENT OF SEEDING IN SMALL FARM

ANTONIO J. S. MACIEL¹
DANIEL ALBIERO²

RESUMO

O cultivo conservacionista é largamente utilizado para controle de erosão em todo mundo. O mais eficiente e popular sistema utilizado é o Sistema de Plantio Direto que mantém o máximo de cobertura de resíduos sobre a superfície, no entanto tem algumas desvantagens, por exemplo: sulco de plantio não preparado, afetando a emergência das sementes e absorção dos fertilizantes, além do desenvolvimento das raízes - o que pode reduzir a produtividade; as máquinas que realizam o plantio são de construção pesada, causando alto consumo de potência e induzindo compactação extra; e o controle de plantas daninhas é dependente de herbicidas. Este trabalho trata da avaliação de uma nova enxada rotativa denominada Paraplow Rotativo, cujo objetivo é eliminar as citadas desvantagens. Seu conceito é a junção entre uma enxada rotativa vertical convencional com um Paraplow, utilizando a tomada de potência de um moto cultivador em um sistema rotativo vertical. Sua construção se mostrou muito leve. Muitas geometrias de Paraplows Rotativas foram selecionadas para estudo; sendo conduzidas a séries de testes em laboratório em caixa de solo e testes em campo com um micro-tractor de 9 kW e um pequeno tractor de quatro rodas de 40 kW. Os resultados encontrados demonstraram um bom desempenho operacional.

Palavras-chave: Preparo de solo Conservacionista, Enxada Rotativa Vertical, "Paraplow".

¹ Professor Doutor Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP, E-mail: amaciel@agr.unicamp.br

² Mestre Engenheiro Agrícola – Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP

ABSTRACT

The conservationist tillage is used for erosion control in every world. The system of tillage more efficient it is the No-Till, that maintain the maximum residual covering over the surface, however the no-tillage have some disadvantages, for instance: it needs seed furrow further affecting the development of the plant's roots, and the fertilizer distribution, decreasing the yield; the no-tillage uses heavy construction machinery generating more power consumption, and rather soil compaction; and the weed control depends of herbicides. This research evaluates a new rotary tiller named Rotary Paraplow, which objective was to eliminate the found disadvantages, and its concept involves the fusion between a rotary tiller and a Paraplow, using the power take off (PTO) of a small tractor. The new tool it is very light. Several geometries of Rotary Paraplows were selected for the study, which had been carried out in tests in laboratory and in field, with a power tiller of 9 kW, and a small tractor of 40 kW. This new tool showed a good operational performance.

Key words: Conservation tillage, vertical rotary tiller, Paraplow.

INTRODUÇÃO

CECÍLIO & PRUSKI (2004) estimam que cerca de 822,7 milhões de ton de solo fértil são perdidos anualmente no Brasil, através da erosão. Somente no Estado de São Paulo são perdidos 195 milhões de ton de solo fértil, além de degradados (SATO E SANTOS, 1999; SILVEIRA, 2001). Conforme ALBIERO & MACIEL (2006) se prevê um aumento de 50 milhões de ha de área cultivada no Brasil, em função do aumento do uso da terra pela agricultura familiar, portanto, é preciso selecionar bem o sistema de mecanização para cada região brasileira, visto suas variedades de condições edáficas, climáticas, e de relevo (OLIVEIRA, 1998). O preparo de solo conservacionista reduz o grau e a intensidade do preparo do solo, retendo os resíduos e formando uma cobertura vegetal da superfície de 5 a 10 cm, tendo os benefícios da melhora da estabilidade da estrutura e da qualidade física do solo (CARTER, 2004). Em LUCARELLI (1997) encontra-se que os sistemas conservacionistas induzem a redução de perdas de água por evaporação e erosão. O mais popular e eficiente sistema de

plantio conservacionista é o plantio direto, que possui os seguintes componentes: um disco ondulado ou liso cortador da cobertura vegetal, um sulcador para abertura de um sulco de 15 a 20 cm para o adubo, um disco duplo que faz um sulco para as sementes e uma roda cobridora compactadora. Todo o plantio é feito com preparo reduzido do solo na área de plantio e o controle de plantas daninhas é feito através de herbicidas. (ASAE, 1997).

A utilização do sistema de plantio direto no Brasil ocorreu inicialmente na região sul do país, para solucionar os problemas de erosão, com perdas de 30 a 40 ton de solos ano⁻¹. Enquanto na região centro-oeste, a tecnologia foi adotada, primeiramente, para atender ao calendário de plantio das culturas (ALBURQUERQUE et al., 1995). Apesar das vantagens apontadas, o sistema de plantio direto também tem desvantagens, como por exemplo: a dependência de defensivos, podendo apresentar uma redução de produção em relação ao cultivo convencional de 20 a 35 % (ERBACH, et al., 1992), podendo ser maior em algumas regiões do Brasil (LAL, 1993). O objetivo deste trabalho foi avaliar uma nova máquina

de preparo da linha de plantio desenvolvida por CHANG (2001), o *Paraplow Rotativo*, com relação às suas características operacionais, que alia a não inversão do solo, característica das Enxadas Rotativa Verticais (ALBIERO, 2001, com o *Paraplow*, que é um equipamento de conservação de solo, mas requer uma alta demanda de potência (TUPPER, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

O *Paraplow Rotativo* (PPR) (PATENTE-BRASIL, 2002; PATENTE-CHINA, 2002), enfoca a prática conservacionista, com plantio em faixas, para ser adotada em máquinas de plantio direto, mantendo os resíduos na superfície do solo e aumentando o distúrbio da sub-

superfície, cortando as plantas daninhas, gerando maior porosidade na faixa de plantio e distribuindo fertilizantes.

O conceito básico deste equipamento é realizar numa única operação composta de cinco funções distintas, no preparo de uma linha de plantio, como segue: corte de plantas daninhas, uniformização da cobertura de resíduos, preparação da faixa de plantio, escarificação do solo e distribuição de fertilizantes. Para alcançar o desenvolvimento do equipamento foram combinados os conceitos dos equipamentos mostrados no esquema da Figura 1. A Figura 1 a mostra a enxada rotativa vertical, a Figura 1 b ilustra o par de *Paraplows* e, finalmente, a Figura 1c indica a composição final dos dois itens formando o *Paraplow Rotativo*.

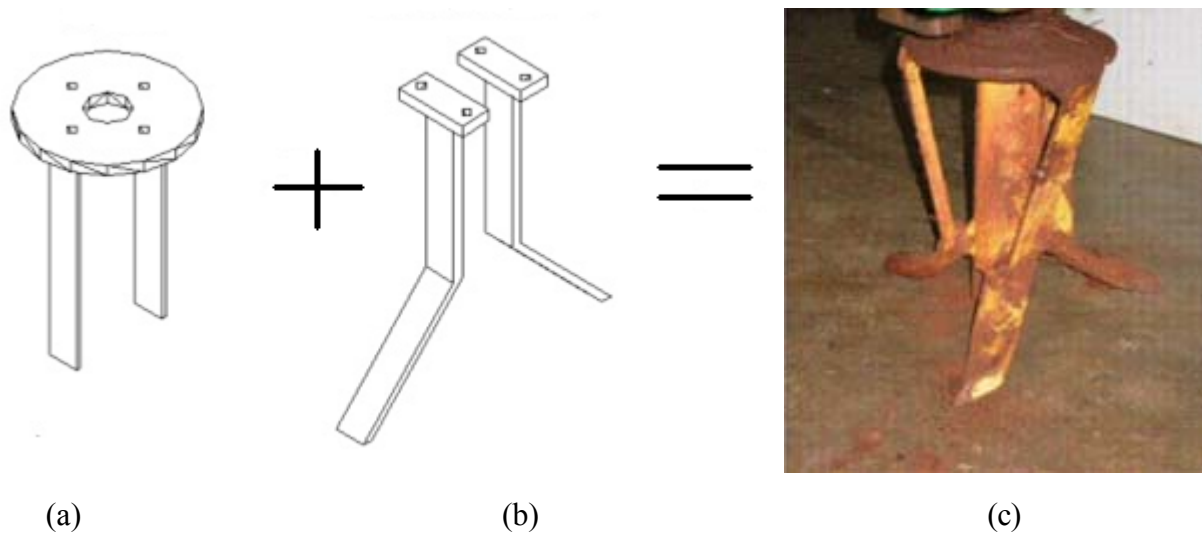


Figura 1. Esquema dos componentes do *Paraplow Rotativo*

Foram realizados os testes em uma Caixa de Solo especialmente projetada (CHANG, 1993) com 5 m de comprimento e 2 m de largura, preenchida com uma altura de solo compactado de 0.6 m. O equipamento de testes foi montado em um carro móvel acionado por um motor elétrico de 5 kW de potência. A velocidade de avanço do conjunto foi de $0,2 \text{ m s}^{-1}$, a rotação dos *Paraplows Rotativos* foi de $31,4 \text{ rad s}^{-1}$

(300 RPM). Foi construído um dinamômetro tipo anel octagonal que mediu as componentes F_x (Força de Tração), F_y (Força Vertical) e M_y (Torque realizado pelo motor). Esse dinamômetro foi ligado ao sistema de aquisição de dados Spider 8, da Hottinger Baldwin Messtechnik®. Todas as ferramentas foram construídas com aço 1045.

Foram feitos testes comparativos utilizando: um *Paraplow* de Tração, Enxada Rotativa Vertical e seis versões do *Paraplow* Rotativo mostradas na Figura 2, através da tomada de medidas de índice de cone do solo, características e dimensões da faixa de plantio preparada, umidade higroscópica e densidade aparente do solo, sendo realizadas 10 repetições para cada ferramenta, sendo utilizado como método de avaliação estatística descritiva, o coeficiente de variação das médias.

Os testes foram realizados no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: latitude 22°48'57" S,

longitude 47°03'33" O e altitude média de 640 m.. Nestes testes foram obtidos os registros das seguintes medidas: índice de cone do solo antes da operação do equipamento (IC, kPa), densidade aparente do solo (DAS, g cm⁻³), umidade higroscópica (UH, %), força de tração (T, kN), força vertical (FV, kN), torque da fonte de potência (TP, kNm), área transversal da faixa bem preparada (AP, m²), taxa de corte (TC, m³ s⁻¹), potência trativa requerida (PR, kW), potência rotativa requerida (PRR, kW) e potência requerida total (PRT, kW). Para os testes de campo foram também medidos: a área transversal da faixa de plantio com fissuras (ATF, m²) e o sucesso da operação (SU).

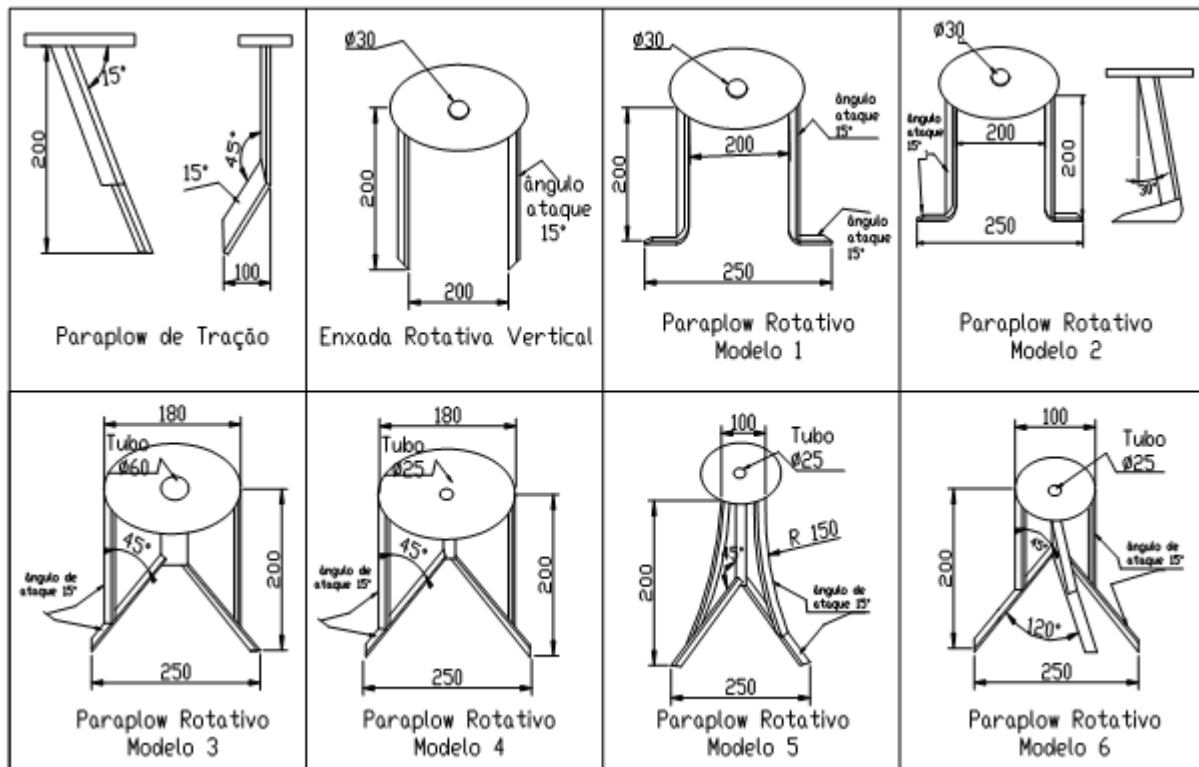


Figura 2. Todas as opções de ferramentas testadas no experimento.

Os testes de campo foram realizados usando um Micro – Trator marca Tobata® de 9 kW e um trator para tarefas leves Massey Ferguson® MF 235 de 40 kW.

O solo em que foram realizados os testes, na caixa de solo e no campo experimental, foi um solo típico da Região de Campinas (SP), Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), com textura Argilosa, composição granulométrica de: 59

% de argila, 14 % de silte, 24 % de areia e 3 % de matéria orgânica. Foram tomadas medidas de umidade higroscópica e densidade aparente do solo para cada teste. A área experimental onde foram realizados os testes em campo estava infestada de capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), sendo que o último cultivo havia ocorrido cinco anos antes do experimento, em um

plântio de milho, não tendo sido utilizado na área nenhum tratamento químico com herbicidas.

Na caixa de solo procurou-se desenvolver a geometria da lâmina de forma que utilizasse menor quantidade de energia. Todos os *Paraplo*s Rotativos foram comparados com o desempenho de um *Paraplow* de Tração e de uma Enxada Rotativa Vertical. No experimento em campo

foi avaliado o desempenho do equipamento em condições reais de trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as ferramentas obtiveram bons resultados na caixa de solo. A Tabela 1 mostra os resultados dos testes realizados na Caixa de solo.

Tabela 1. Resultados dos Testes na Caixa de Solo para a Enxada Rotativa Vertical.

	IC (kPa)	DAS (g cm ⁻³)	UH (%)	FT (kN)	FV (kN)	TP (kNm)	ÁP (m ²)	TC (m ³ s ⁻¹)	PR (kW)	PRR (kW)	PRT (kW)
MODELO Enxada Rotativa Vertical											
Média	2736	1,27	13,7	0,08	0,09	0,048	0,034	0,0069	0,015	0,906	0,921
CV	35	28	5	31	24	14	17	17	31	14	20
MODELO PR1											
Média	2649	1,16	23,9	0,07	0,23	0,058	0,054	0,0101	0,015	1,097	1,112
CV	29	19	6	28	21	19	19	25	28	19	27
MODELO PR2											
Média	2567	1,16	22,1	0,07	0,14	0,103	0,035	0,0071	0,015	1,933	1,948
CV	37	29	3	37	29	19	19	20	37	19	29
MODELO PR3											
Média	2461	1,25	15,3	0,43	0,20	0,066	0,054	0,0078	0,086	1,241	1,327
CV	35	25	5	31	30	20	20	19	31	20	28
MODELO PR4											
Média	2545	1,24	15,8	0,43	0,22	0,048	0,054	0,0074	0,086	0,910	0,996
CV	27	20	5	30	28	19	19	25	30	19	20
MODELO PR5											
Média	2120	1,26	19,0	0,30	0,22	0,045	0,067	0,0091	0,060	0,845	0,905
CV	29	13	4	25	21	13	11	18	25	13	15
MODELO PR6											
Média	2600	1,16	20,2	0,25	0,22	0,138	0,053	0,0061	0,051	2,600	2,651
CV	21	19	3	29	16	18	19	20	29	18	19
MODELO <i>Paraplow</i> Tração											
Média	2938	1,26	16,5	0,86	0,37	0	0,017	0,0034	0,173	0	0,173
CV	38	27	8	28	28	0	9	7	28	0	17

CV= coeficiente de variação (%); PR1= *Paraplow* Rotativo 1; PR2= *Paraplow* Rotativo 2; PR3= *Paraplow* Rotativo 3; PR4= *Paraplow* Rotativo 4; PR5= *Paraplow* Rotativo 5; PR6= *Paraplow* Rotativo 6.

Nos testes na caixa de solo foi constatado em observação visual, que a Enxada Rotativa Vertical não teve reação vertical suficiente para penetrar no solo no início da operação, significando que é necessária a aplicação de uma força externa grande para que haja esta penetração; já os *Paraplo*s Rotativos têm uma expressiva força vertical, possibilitando uma penetração automática devido a sua geometria que tem ação de rosca sobre o

solo, eliminando assim a necessidade de uma força externa para sua penetração. O *Paraplow* Rotativo Modelo 1 não teve sucesso em campo, pois raízes e resíduos enrolaram-se na ferramenta. O *Paraplow* Rotativo Modelo 2 foi desenvolvido tentando-se evitar o problema das raízes, mas teve grande consumo energético, portanto sua geometria foi abandonada. Os *Paraplo*s Rotativos Modelos 3 e 4 obtiveram resultados satisfatórios tanto em

campo como na caixa de solo, sendo possível optar-se entre dois modelos com diferentes diâmetros do tubo central (60 ou 25 mm). O modelo de menor diâmetro tem um consumo energético 21% menor em relação ao de diâmetro maior. Foi constatado que para estas geometrias o limite de distância entre facas verticais é de 170 mm, pois menores valores acarretam o enrolamento de raízes e resíduos.

O *Paraplow* Rotativo Modelo 5 teve o melhor resultado na caixa de solo, no

entanto, não obteve bom desempenho no campo, pois a geometria curva da lâminas aumentou o enrolamento de raízes e resíduos. O *Paraplow* Rotativo Modelo 6 teve ótimo desempenho operacional em campo, sendo que foram possíveis distâncias entre lâminas entre 100 e 50 mm não ocorrendo enrolamentos de resíduos e raízes, no entanto, este modelo teve um alto consumo energético como constatado pela Tabela 1 e Figura 3.

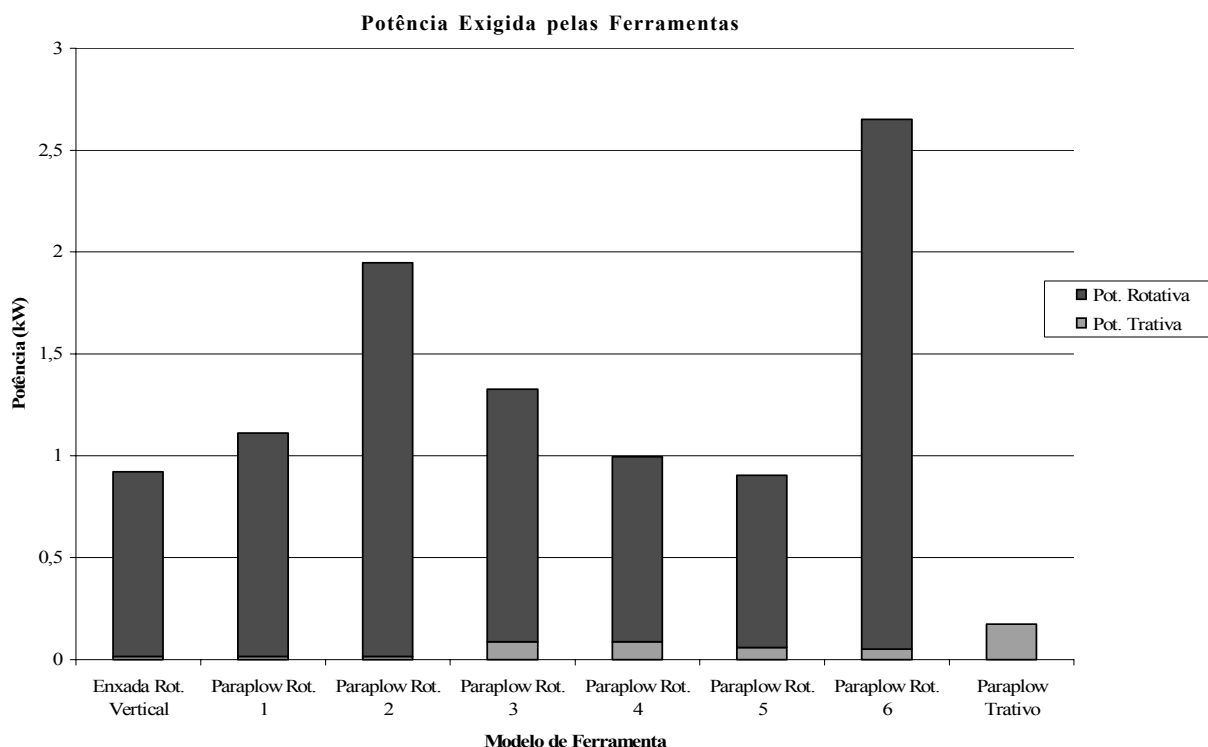


Figura 3. Potências requeridas pelas ferramentas nos testes.

Em todos os testes foi possível averiguar que os *Paraplows* Rotativos mantiveram a cobertura de resíduos sobre o sulco, quanto a uniformidade da distribuição destes resíduos são precisos mais estudos. O *Paraplow* de Tração tem menor consumo energético, mas sua função não é preparar uma linha de plantio, mas subsolar o solo.

Para trabalhar área equivalente aos *Paraplows* Rotativos é necessário um par

de *Paraplows* de Tração, portanto a requisição de força de tração dobra, além de se considerar a baixa eficiência no aproveitamento da energia de tração (50%). Os *Paraplows* que obtiveram melhor resultado em relação a Taxa de corte foram os modelos 1 e 5, todos os outros obtiveram valores médios próximos com exceção do *Paraplow* Trativo, Figura 4.

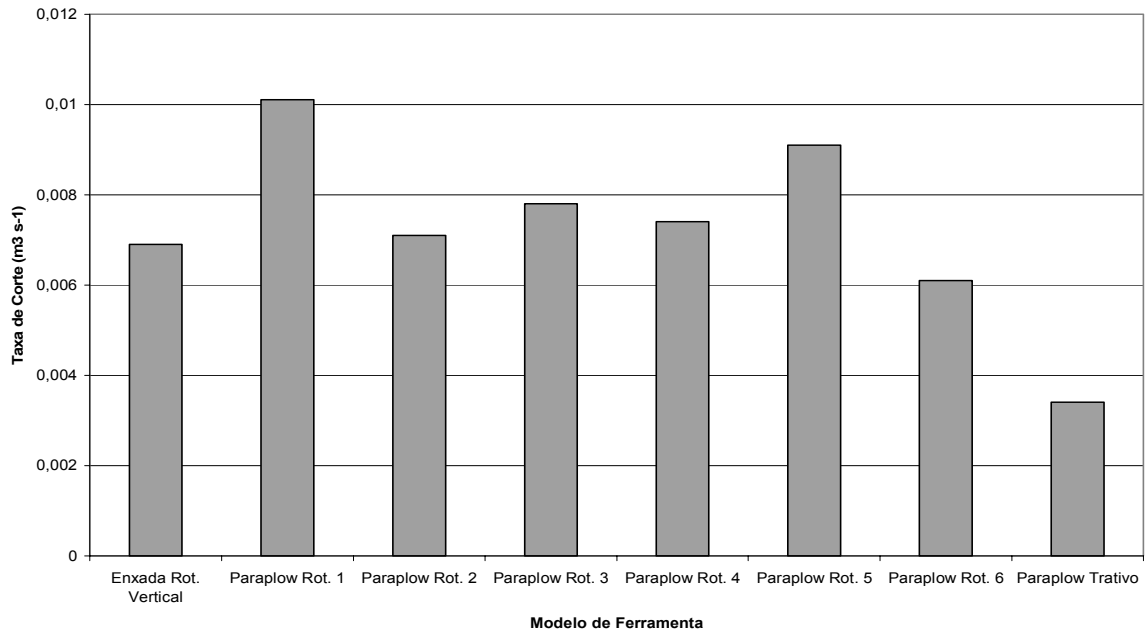


Figura 4. Taxa de corte alcançadas pelas ferramentas.

Somente os *Paraplow* Rotativo Modelo 3, 4 e 6 obtiveram bons resultados no

campo, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos Testes em Campo.

Modelo	IC (kPa)	DAS (g cm ⁻³)	UH (%)	AP (m ²)	ATF (m ²)	SU
Enxada Rotativa						
Vertical	—	—	—	—	—	Sem resultado
PR 1	—	—	—	—	—	Não *
PR 2	—	—	—	—	—	Sem resultado
PR 3	2000	1,19	17,6	0,029	0,038	Sim
PR 4 Ø 60 mm	2000	1,19	17,6	0,032	0,041	Sim
PR 5 Ø 25 mm	1775	1,19	17,6	0,030	0,049	Não *
PR 6 (3Facas) Ø 1513 25 mm	—	1,19	17,6	0,028	0,048	Sim
Paraplow de Tração	—	—	—	—	—	Sem resultado

* Plantas daninhas, resíduos e raízes enrolaram-se na região superior e inferior da ferramenta, impossibilitando o trabalho.

Nesta nova máquina a junção de todos os componentes em um eixo vertical rotativo possibilitou um equipamento de baixo peso em relação aos sistemas de abertura de sulcos e corte de plantas daninhas das máquinas de plantio direto atuais que precisam de grande força vertical (ALBIERO & MACIEL, 2006). O conjunto todo pesava no máximo 5 kg, não necessitando de aplicação de força vertical externa

reduzindo, desta forma, a compactação do solo. Ainda, segundo os autores, nos *Paraplow* Rotativos mais de 90 % energia total utilizada é proveniente da energia rotativa através de uma Tomada de Potência que tem uma eficiência na utilização da energia superior a 90% em contraposição aos sistemas atuais, onde somente a energia trativa atua com uma eficiência em torno de 50%. Em campo esta nova

máquina funcionou bem com um micro-trator de 9 kW (um Paraplow Rotativo) e um pequeno trator de 22 kW (dois Paraplow Rotativos). Os sulcos produzidos possuíam as características para o plantio direto de terem uma área superior movimentada pequena, enquanto que a área inferior do sulco é grande gerando uma seção transversal trapezoidal bem preparada para o plantio. Além disso, possuíam uma área de fissuras no solo expressiva. Segundo ALBIERO & MACIEL (2006) tem-se uma largura das fissuras geradas pela ação de subsolagem volumétrica do “Paraplow” Rotativo variando entre 40 e 45 cm, o que demonstra a propagação das fissuras geradas no solo devido às ações dinâmicas perpetradas devido à rotação do Paraplow Rotativo aliada à forma geométrica de um Paraplow movimentação do solo sem revolvimento e inversão, além do efeito de elevação do solo, sobre tensões de cisalhamento variáveis, conforme as fases da propagação de fissuras, descritas por KARMAKAR (2005).

BARZEGAR (2004) afirma que o tipo de tratamento e a quantidade de água no solo influenciam grandemente a distribuição de agregados em uma cama de semente, sendo que pelos valores apresentados pode-se considerar que todos os tratamentos tiveram valores próximos de

teor de água, sendo este parâmetro considerado constante, portanto com influências iguais em todos os tratamentos.

Foi percebido que em campo o consumo energético foi maior do que na caixa de solo, medidas mais detalhadas serão realizadas em trabalhos futuros.

CONCLUSÃO

Conforme os testes efetuados pode-se concluir que a máquina de preparo da linha de plantio desenvolvida por CHANG (2001) denominada de Paraplow Rotativo funcionou a contento com ambos os tratores de 9 kW usando um Paraplow Rotativo e um pequeno trator de 22 kW, quando usando dois Paraplow Rotativos. A máquina mostrou-se interessante para uso para o plantio direto em pequenas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenadoria de Aperfeiçoamentos de Pessoal do Governo Federal (CAPES) pela a bolsa de estudos, à Financiadora de Estudos e Projetos do Governo Federal (FINEP) e à Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIERO, D., CHANG, C. S. Projeto de “Paraplow” Rotativo com Cultivador para Cultivo no Sistema de Plantio Direto. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9. 2001, Campinas. **Caderno de Resumos...** Campinas: PRP/UNICAMP, 2001. CD-ROM.

ALBUQUERQUE, J. A. REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDEL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a

forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, n.1, p.115-119, 1995.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. S477DEC93: Terminology for Soil-Engaging Components for Conservation-Tillage Planters, Drills and Seeders. Michigan, 1997. p. 339 – 344.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. L. *Conservação do Solo*. Piracicaba: Livrocere Ltda, 1985. 368 p.

- CHANG, C.S. et al. Desenvolvimento de uma Micro Caixa de Solo para estudo de preparação do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Bauru. Anais...Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. v 1, p. 389 – 396.
- CHANG, C. S. Patente UNICAMP (PI 0204930-9). Dispositivo arador rotativo com cortador de ervas para cultivo conservacionista, 2002.
- CHANG, C.S.; ALBIERO, D. Row preparation with rotating paraplow for conservation tillage. In: 2001 ASAE INTERACIONAL MEETING, Paper No. 011058, Sacramento: American Society of Agricultural Engineers, 2001. 256 p. Abstracts.
- CHANG, C. S. Patente na China (INV.021556652). Vertical rotary tiller with weed-cutter for soil conservation, 2003.
- CASTRO, O. M. de. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas, SP: Fundação Cargill, Série Técnica, 3, 1989. 41p.
- CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.20, n.11, 1985.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Serviço de Produção de Informação. Brasília, 1999.
- ERBACH, D.C. et al. Soil and corn response to Tillage with Paraplow. Transactions of American Society of Agricultural Engineers, Michigan, v. 35, n. 5, p. 1082 – 1098, aug.1992.
- LAL, R. Role of No-Till Farming in Sustainable Agriculture in the Tropics. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1993, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa Brasil: Instituto Agrônômico do Paraná, 1993. v. 1, p. 29 - 62.
- MARQUES, J.Q.A. Determinação de Perdas de Grãos por Erosão. Arch Fit del Uruguay, Montevideo, v. 4, n. 3, jul.1951.
- PATENTE-BRASIL. PI-0204930-9, 2002
- PATENTE-CHINA. INV-02155665-2, 2002
- TUPPER, G.R. Design of the low-till parabolic subsoiler. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, Chicago. Proceedings...Chicago: American Society of Agricultural Engineers, 1994. v. 1, p. 531 - 537.
- VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, jul. 1984.