

## MÁQUINA DE PREPARO DE SOLO EM FAIXAS UTILIZANDO PARAPLOW ROTATIVO

CEZARIO B. GALVÃO<sup>1</sup>, ANGEL P. GARCIA<sup>2</sup>, MARCOS T. OKUNO<sup>3</sup>, DANIEL ALBIERO<sup>4</sup>, ADMILSON I. RIBEIRO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engo Agrícola, Doutorando da Faculdade de Eng. Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, Fone: (0xx19) 3521.1746, cezario.galvao@feagri.unicamp.br.

<sup>2</sup> Engo Agrícola, Prof. Doutor, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

<sup>3</sup> Engo Agrícola, Mestre da FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

<sup>4</sup> Engo Agrícola, Prof. Doutor, UFC, Fortaleza – CE

<sup>5</sup> Engo Agrícola, Prof. Doutor, UNESP/Sorocaba, Sorocaba – SP

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** No preparo do solo, as premissas devem ser: manejo conservacionista e a utilização de máquinas energeticamente mais eficientes. A máquina desenvolvida na FEAGRI/UNICAMP obedece a estas duas premissas pois o paraplow rotativo enquadra-se na prática conservacionista por manter os resíduos na superfície do solo e provocar distúrbios nas camadas sub superficiais e quanto a eficiência energética, por se tratar de uma máquina acionada pela TDP, faz com que a eficiência de transmissão de potência seja maior que nas máquinas somente arrastada pelo trator, o que pode ser visto nos trabalhos da ASABE. O conceito do paraplow rotativo ainda não foi introduzido como implemento de trabalho adaptado ao trator convencional, sendo que seus estudos se baseiam em caixa de solo e em um motocultor. O objetivo deste trabalho foi projetar e construir uma máquina de preparo de solo em faixas baseado em um paraplow rotativo adaptado ao trator convencional, utilizando ferramentas de projeto de máquinas. A máquina apresentou um desempenho muito bom quando se comparou o valor da resistência do solo à penetração, onde na camada de 0 a 0,10 m de profundidade, o paraplow conseguiu reduzir a resistência, de 4,8 MPa para 0,4 Mpa.

**PALAVRAS-CHAVE:** projeto de máquinas, eficiência energética, manejo conservacionista

### MACHINE FOR BAND SOIL CULTIVATION EMPLOYING ROTARY PARAPLOW

**ABSTRACT:** Soil preparation, the premises should be: conservation management and the use of more energy-efficient machines. The machine developed at FEAGRI-UNICAMP obeys these two premises because the rotary paraplow fits the conservationist practice by maintaining the residues on the soil surface, causing disturbances in the sub-surface layers as well as in the energy efficiency, because it is a driven machine by the PTO, making the power transmission efficiency greater than in machines dragged by the tractor, which are reported works of ASABE. The concept of the rotary paraplow has not yet been introduced as a work tool adapted to the conventional tractor and its studies are carried on soil box and tractor. The aim of this work was to design and build a soil preparation machine in bands based on a rotary paraplow adapted to a conventional tractor, using machine design tools. Machine presented a very good performance when comparing the value of soil resistance to penetration. In the 0 to 0.10 m depth layer the paraplow was able to reduce the resistance, from 4.8 MPa to 0.4 MPa.

**KEYWORDS:** machine design, energy efficient, conservation management

## **INTRODUÇÃO**

A mobilização do solo tem como objetivo a preparação do terreno para as sementeiras, o combate das ervas infestantes e a promoção de condições favoráveis à instalação e desenvolvimento das culturas. No entanto, quando realizada de forma continuada, promove a alteração da estrutura do solo e expõe o solo à erosão. Torna-se, assim, importante racionalizar as mobilizações optando por técnicas de mobilização mínima (FAO, 2009). De acordo com Azevedo (2013), a redução da movimentação do solo é um dos princípios básicos em manejo e conservação do solo, estes benefícios estão diretamente relacionados a fatores de manutenção da estrutura do solo até a redução de custos.

As operações agrícolas mecanizadas são realizadas com a utilização de máquinas e ou implementos que consomem diferentes fontes de potência do trator, como a tomada de potência (TDP), a barra de tração e o sistema hidráulico, para cada fonte de potência existem perdas associadas às eficiências da transmissão. A ASABE (2011) mostra que a transmissão de potência mais eficiente em um trator para o implemento é a TDP.

Segundo Albiero et al. (2014), o paraplow rotativo enfoca a prática conservacionista com plantio em faixas, para ser adotado em máquinas de plantio direto, mantendo resíduos na superfície do solo e aumentando os distúrbios em subsuperfície. A ferramenta tem efeitos que favorecem as características do solo devido principalmente a sua ação de subsolagem volumétrica pois suas lâminas, devido à sua geometria específica, geram um fenômeno que fraturam o solo em seu ângulo natural, sendo que esta fratura ocorre naturalmente no solo em zonas de menor resistência. Assim, os distúrbios do solo são realizados de forma mais eficiente porque exige menos energia para romper o solo (ALBIERO, 2011).

O ideal para um manejo de solo mais sustentável seria o preparo de solo em faixas, ou seja, somente nas linhas de plantio não ocorrendo o revolvimento de solo em área total. Através deste conceito justifica-se a elaboração de um projeto de máquina de preparo conservacionista em faixas (ALBIERO, MACIEL e TUNUSSI, 2011).

A identificação da necessidade normalmente constitui um ato criativo, pois a necessidade pode ser apenas um descontentamento, um sentimento de inquietação ou a sensação de que algo não está correto, porém, a definição do problema é mais específica e deve incluir todas as especificações para o objeto a ser projetado. As especificações são as quantidades de entrada e de saída, as características e as dimensões do espaço que o objeto deve ocupar e todas as limitações de tais quantidades (RICHARD, NISBETT, 2011).

Na abordagem de Romano (2013), o desenvolvimento de produto possui três macrofases sendo elas; planejamento, projeção e implementação. Todas as macrofases estão subdivididas em fase sendo elas; planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção, lançamento e validação.

O objetivo deste trabalho foi construir um protótipo de uma máquina de preparo do solo em faixas, baseado em um paraplow rotativo, utilizando ferramentas de projeto de máquinas e avaliar a capacidade de descompactação do solo através da sua resistência à penetração.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento do projeto da máquina de preparo foram seguidas as etapas bem definidas por Romano (2013). O projeto foi dividido em três macrofases: planejamento, projeção e implementação.

Inicialmente foi realizado o brainstorm para o levantamento das principais ideias para a conceituação do produto e logo em seguida, foi construído a matriz morfológica, na qual foi listado os principais mecanismos, materiais, sistemas de transmissão, tipos de elementos de máquinas que o projeto poderia assumir em sua combinação, como forma de tabela, os itens foram selecionados e organizados para o delineamento do projeto.

A macrofase de projeção iniciou-se com o desenho conceitual do equipamento, que

teve por objetivo dar uma concepção inicial do projeto da máquina, levou-se em conta tanto suas proporcionalidades de dimensões quanto sua funcionalidade no equipamento.

A segunda etapa foi a modelagem estrutural que permitiu estudar como determinado corpo se comportaria quando submetido a diferentes condições e situações. Através do software PTC Creo Simulate 1.0 as simulações foram geradas e processadas com base em cálculos e equações matemáticas que são alimentadas com dados fornecidos pelo projetista, possibilitando a prevenção de problemas e soluções ao determinado equipamento analisado, aumentando a durabilidade, confiabilidade e segurança do produto. Inicialmente foram considerados na simulação grandes espessuras de chapas e tubos que formam a parte estrutural da máquina, com os resultados foi possível readequar a quantidade de material utilizada em sua estrutura como um processo iterativo de tentativa e erro.

Para a realização das análises de esforços foi necessário calcular os esforços que o chassi de sustentação estaria submetido. Albiero e Chang (2001) em experimento na caixa de solo obtiveram dados de esforços gerados pela força resistente do solo ao paraplow rotativo. Estes parâmetros foram importantes para o delineamento dos cálculos de modelagem estrutural.

TABELA 1: Resultados obtidos com paraplow rotativo, (ALBIERO E CHANG, 2001)

<b>Results obtained with rotary paraplow, (ALBIERO E CHANG, 2001)</b>								
Valor	Umidade (%)	Densidade Solo (kg dm <sup>-3</sup> )	Índice cone (MPa)	Força x (N)	Força y (N)	Força z (N)	Torque requerido (N m)	Área mobilizada (m <sup>2</sup> )
<b>Média</b>	20,2	1163	2,668	250	552	220	138	0,053

Os critérios de escoamento foram elaborados a fim de definir o estado limite de tensão que define o escoamento plástico dos materiais metálicos, ou seja, a partir de qual valor de tensão aplicada, dar-se-á o início do processo de deformação plástica. O software realiza a modelagem segundo critério de Von Misses denominado de critério de escoamento por energia de distorção, que define que o escoamento tem início quando a energia de distorção atinge um valor crítico constante para um dado material sob condições definidas e independente do estado de tensão.

A modelagem cinemática foi utilizada para se obter a relação de transmissão da máquina, para que cada passada da lâmina tivesse no máximo 60 mm de espaçamento. O modelo cinemático foi analisado em decorrência de um mecanismo com vários graus de liberdade o que possibilitou verificar-se graficamente o comportamento da ferramenta durante o trabalho. Para a simulação utilizou-se o software Matlab R2012a. Os parâmetros utilizados na simulação foram  $r = 0,12$  (raio do paraplow, em m);  $v = 1,0$  (velocidade da máquina, em m s<sup>-1</sup>);  $lu = 0,06$  (distância entre passadas, em m);  $n.pontas = 3$ ; (número de pontas do paraplow); a rotação da tomada de potência =  $56,5 \text{ rad s}^{-1}$  (540 rpm).

Os resultados obtidos na simulação foram as posições lineares das pontas das facas (x1, x2, x3), estas posições foram calculadas por meio das equações (3), (4) e (5), com as quais pode-se obter a relação de transmissão adequada aos parâmetros de projeto.

$$\Theta = (v (lu \cdot n.pontas)^{-1}) \cdot 60 \quad (1)$$

Onde:

$\Theta$  é a velocidade angular da ponta do paraplow (min<sup>-1</sup>)

$$\Theta' = 2\pi \cdot 60^{-1} \cdot t; \quad (2)$$

$$x1 = r \cos(\Theta') + v \cdot t; \quad (3)$$

$$x2 = r \cos(\Theta') + v \cdot (t + (60 (\Theta \cdot n.pontas)^{-1})); \quad (4)$$

$$x_3 = r \cos(\Theta') + v (t - (60 (\Theta n.pontas)^{-1})) ; \quad (5)$$

Onde t é o tempo decorrido.

A modelagem 2D, após as especificações estabelecidas nos cálculos, são os desenhos de cada componente da máquina, foi elaborado o desenho técnico conforme as NBR10068 e NBR 10582 que faz referência ao leiaute e dimensões das folhas e a forma de apresentação para desenho técnico respectivamente, sendo representados em folhas A1, A0, além da representação do croqui de montagem em tamanho real. O projeto foi produzido com a finalidade de que o projeto científico esteja em conformidade com os padrões exigidos na indústria mecânica.

A construção do protótipo foi realizada com base nos desenhos conceitual da máquina em 3D e, principalmente, nos desenhos detalhados em 2D. A máquina foi construída na oficina mecânica da faculdade com auxílio do corpo técnico, utilizando-se de serviços de solda, corte, torno, fresa, furadeira de bancada, usinagem por eletroerosão, maçarico, dobra, tratamento superficial e montagem. Todos os serviços envolvidos na construção da máquina foram realizados por pessoas qualificadas e respeitada as normas de segurança.

A validação foi concluída nos testes finais de campo que foram realizados no Campo Experimental da Universidade Estadual de Campinas, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 22°48' Sul, Longitude 47°03' Oeste e altitude média de 640 metros. O solo onde foi realizado o experimento é típico da região de Campinas – SP, sendo um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999) com textura Argilosa, sua granulometria é de 590 g kg<sup>-1</sup> de argila, 180 g kg<sup>-1</sup> de silte e 210 g kg<sup>-1</sup> de areia, e 20 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. O último plantio ocorreu na safra passada de 2014/2015 com milho (*Zea mays*). Foi avaliado a resistência do solo à penetração obtida em campo com o medidor automatizado de compactação do solo Falker SoloTack PLG5200.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da matriz morfológica conceitual, figura 1, foi possível gerar a ideia para o desenvolvimento da máquina. Durante o processo foi-se definindo o escopo da máquina, o acoplamento na barra de tração foi indicado porque é um modelo que facilita o engate ao trator em relação aos outros tipos de acoplamento e também trabalha melhor em terrenos irregulares por ser um modelo que acompanha as ondulações de um terreno. O sistema acionador utilizado foi o da TDP (tomada de potência) em função da melhor eficiência de transmissão (ASABE, 2011). O sistema de transmissão mecânico por eixo cardan foi escolhido por se tratar de um mecanismo de menor custo e possui elevada eficiência de transmissão atingindo até 99% (MOREIRA et al. 2002). O chassi estrutural fixo facilita o projeto construtivo em relação ao chassi articulado. O carrinho com mecanismo pantográfico melhora a flutuação do sistema (GRAY et al. 2009) e garante a posição da ferramenta ativa sempre em posição paralela à máquina que mantém o trabalho uniforme melhorando a qualidade do trabalho realizado. Disco de corte liso apresenta menor consumo energético e maior penetração ao solo segundo Santos et al. (2010). O mecanismo de levante do implemento para o transporte foi utilizado um atuador hidráulico porque é capaz de converter a energia elétrica, hidráulica ou pneumática em potência mecânica (ROMANO, DUTRA, 2002), além de ser um sistema de fácil e de rápido acionamento. O rodado foi posicionado no centro da máquina porque desta forma apenas um cilindro hidráulico de levante seria necessário, diminuindo os custos do implemento. A rotação do paraplow considerado na matriz é não variável, caso contrário seria necessária a utilização de uma caixa de câmbio que impactaria nos custos do projeto, para tanto a relação de transmissão foi dimensionada dentro dos parâmetros de projeto. O acoplamento elástico foi considerado no projeto porque corrige os erros de desalinhamento entre as caixas redutoras inversoras além de, segundo Goedtel

(2007) absorvem vibrações provenientes do sistema e aumentar a vida útil dos rolamentos.

Conceito	Solução			
	1	2	3	4
Acoplamento	3 pontos montado	Barra de tração	Sistema misto	
Sistema acionador dos órgãos ativos	Acionamento mecânico TDP	Acionamento por sistema de tração	Acionamento hidráulico	
Sistema de transmissão	Mecânico por correntes e engrenagens	Mecânico por cardan e caixas de transmissão	Hidráulico por mangueira e motor hidráulico acoplado à ferramenta	Elétrico por cabos e motor elétrico acoplado à ferramenta
Chassi	Chassi estrutural	Chassi articulado		
Carrinho	Articulado simples	Pantográfico	Fixo ao chassi	
Disco de corte	Sem disco	Disco recortado	Disco liso	Disco ondulado
Mecanismo de transporte	Sem mecanismo	Levante nos 3 pontos	Levante mecânico com rodado	Levante hidráulico com rodado
Posição do rodado	Extremidades	Centro		
Rotação do paraplow	Fixo	Variável		
Tipo de acoplamento de transmissão	Rígido	Elástico		

FIGURA 1. Matriz morfológica do projeto da máquina.

Para o desenho conceitual foi utilizado o software PTC Creo Simulate 1.0. Com a elaboração do desenho conceitual torna-se visível o equipamento desejado, facilitando o aperfeiçoamento de algumas partes, além de proporcionar a visualização do movimento de determinadas peças, com isso, pode-se então revisar e alterar, se necessário, antes da constatação prática do problema que ocorre quando se está montando o implemento, poupando gastos, tempo e trabalho.

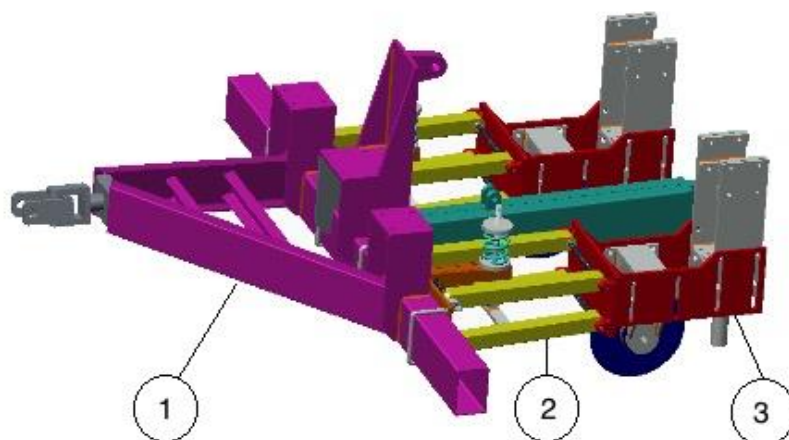


FIGURA 2. Desenho conceitual da máquina. 1. Módulo chassi, 2. Módulo pantográfico e 3. Módulo porta ferramenta.

Desenho detalhado em 2D foi elaborado a partir do desenho conceitual. Realizou-se o detalhamento da máquina com dimensionamento das peças, levando em consideração os cortes, furos e outros tipos de usinagem bem como especificações dos elementos de máquinas de forma definitiva para o início da construção do protótipo. Considerou-se ainda nesta etapa a verificação dos componentes disponíveis no mercado e sua adequada utilização levando em consideração os esforços requeridos.

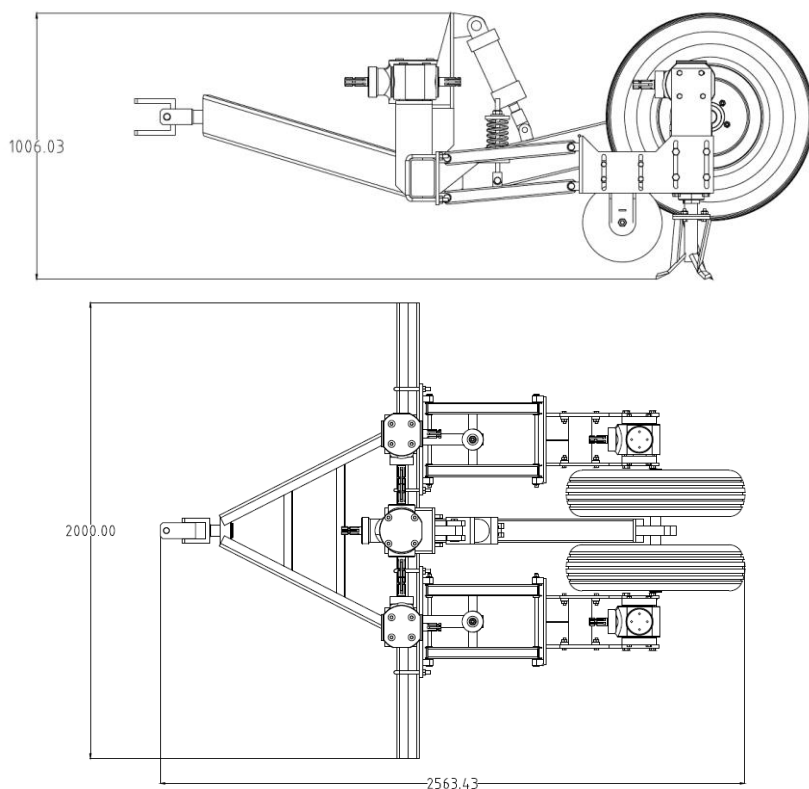


FIGURA 3. Desenho detalhado da máquina vista lateral e superior

Para a realização das análises de esforços foi utilizado o software PTC Creo Simulate 1.0. Inserido os dados de carga, que estão apresentados na Tabela 1, atuando no chassi, que é o conjunto de sustentação principal da máquina, pode-se fazer a análise de deformação da estrutura.

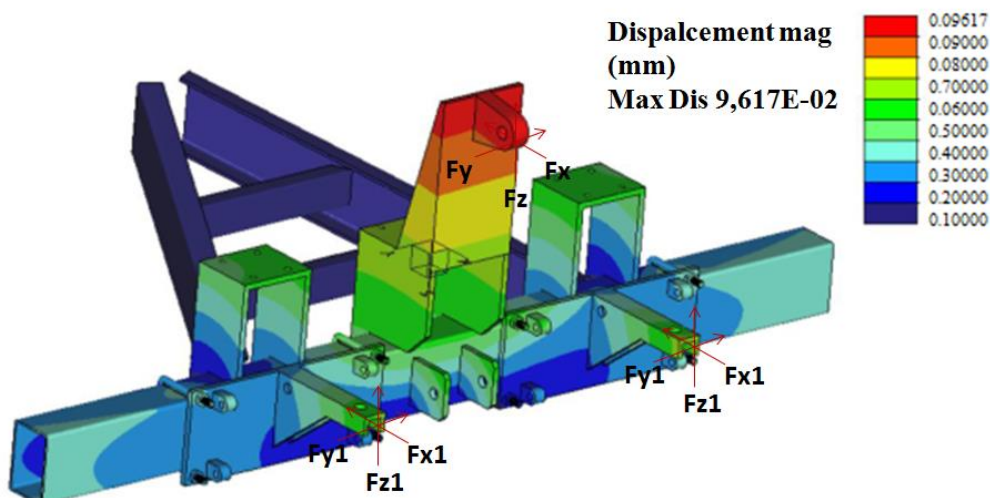


FIGURA 4. Análise de deformação do chassi da máquina

Com esta análise foi possível concluir que a estrutura suporta os esforços que atuam sobre ela, onde as maiores deformações são da grandeza de  $9,6 \times 10^{-2}$  mm. Estes esforços são gerados devido a força normal pelo contato das rodas com o solo, e também devido a reação do solo com o a ação do paraplow rotativo que geram esforços no pórtico principal da máquina. O projeto foi dimensionado com os coeficientes de segurança acima do recomendado a fim de garantir um bom funcionamento da máquina uma vez que o mesmo foi submetido em condições de alta severidade como solos secos e compactados. O material utilizado foi o aço 1020.

A ferramenta paraplow rotativo é composta por 3 pontas dispostos à 120 graus uma das outras conforme a Figura 5. Cada uma das 3 pontas da ferramenta paraplow foi projetada para revolver 60 mm da fatia de solo em função do comprimento útil da lâmina de corte.



FIGURA 5. Desenho da ferramenta paraplow rotativo.

O sistema de transmissão da máquina paraplow rotativo foi dimensionada para redução da rotação em  $2/3$ , na relação motora / movida, para que as 3 pontas de ataque realizassem um corte de 60 mm solo a cada passada. A simulação foi realizada em MatLab.

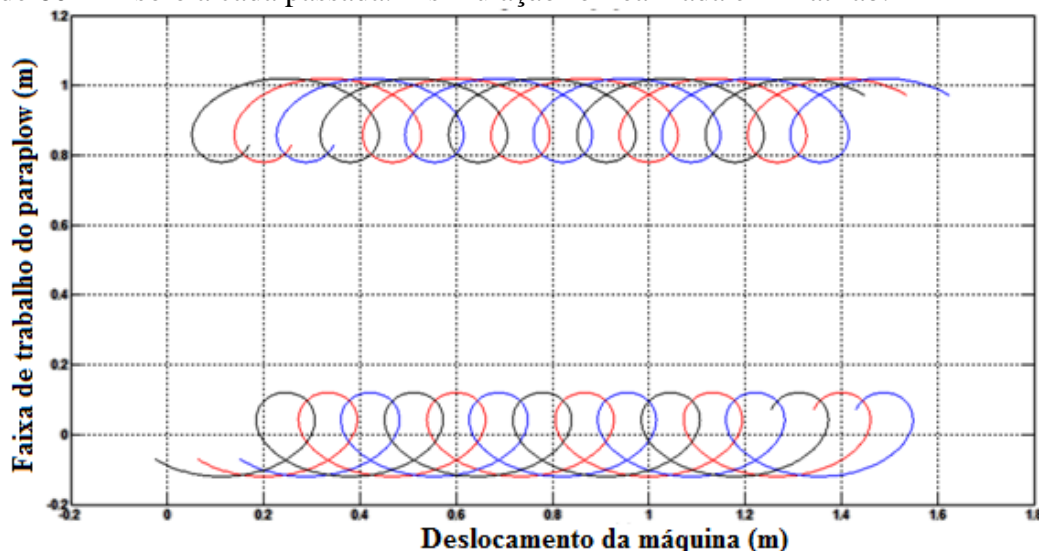


FIGURA 6. Simulação dinâmica das duas linhas no solo, mostrando o sentido de rotação oposto das ferramentas.

Para a simulação foi considerado como a rotação nominal da tomada de potência padrão em  $56,5 \text{ rad s}^{-1}$  (540 RPM) do trator e a ferramenta do paraplow rotativo com rotação de  $37,7 \text{ rad s}^{-1}$  (360 RPM) e com a velocidade de avanço em aproximadamente  $1 \text{ m s}^{-1}$  ( $3,6 \text{ km h}^{-1}$ ). A utilização de um modelo cinemático foi eficaz para observar o movimento relativo da ferramenta no solo e através da figura 6 foi possível observar o movimento cinemático das duas linhas de preparo atuando simultaneamente, o sentido de rotação da ferramenta paraplow

é realizada de forma oposta de uma em relação à outra. Desta forma foi possível observar que a composição do vetor força lateral foi nula em sua resultante. Os cálculos realizados no Matlab R2012a foram importantes porque auxiliou no dimensionamento da velocidade angular do paraplow rotativo e, desta forma, a relação de transmissão da máquina através dos parâmetros de velocidade de trabalho e rotação do motor do trator.

Após o cumprimento das etapas anteriores do projeto, foram listados os materiais e as peças disponíveis no mercado e que atendiam os requisitos do projeto. A construção foi realizada na oficina da FEAGRI – UNICAMP cumprindo todas as etapas construtivas baseados nos desenhos detalhados da máquina.

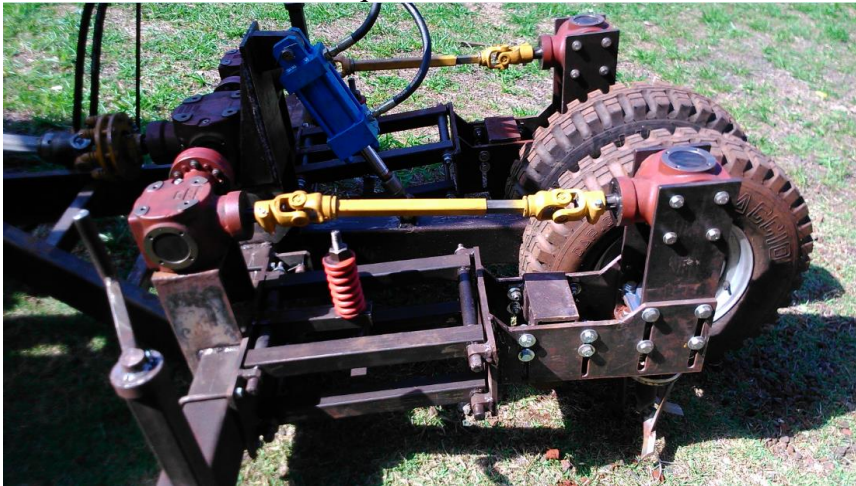


FIGURA 7. Máquina conceito com a construção finalizada.

A validação consistiu no funcionamento da máquina bem como na realização do trabalho para a qual foi projetada. Ocorreram alguns pequenos problemas durante os testes com a máquina, porém, correções e modificações foram realizadas no decorrer dos ensaios como um processo iterativo de falha e correções na máquina antes dos testes finais de campo.

A Figura 8 ilustra os valores de resistência do solo à penetração nos tratamentos realizados com as máquinas. As curvas são resultantes dos valores médios de resistência mecânica do solo à penetração, em função da profundidade.

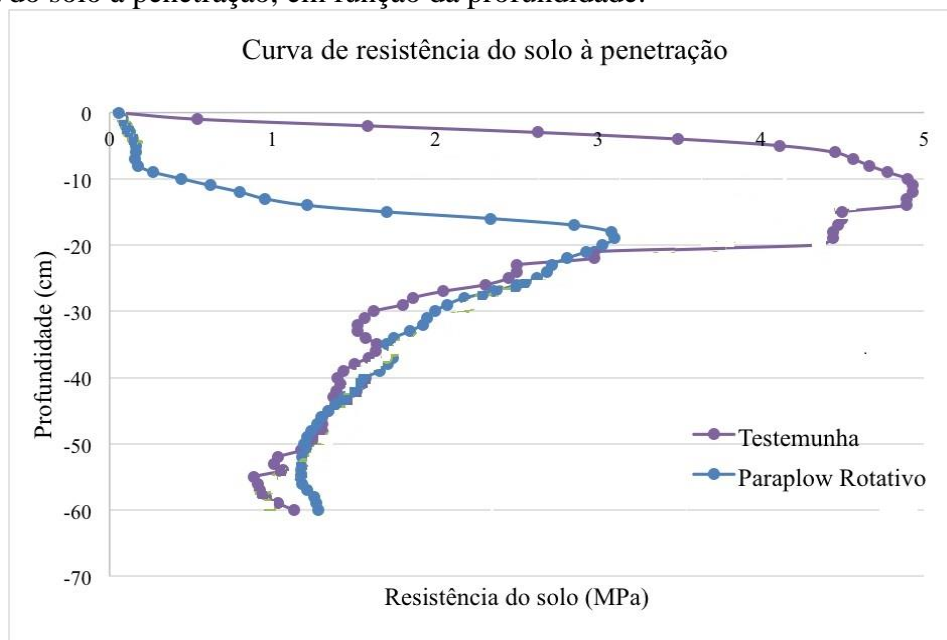


FIGURA 8. Resistência à penetração do solo (Mpa) nos blocos experimentais.

Observa-se que a resistência mecânica à penetração foi maior nas camadas entre 0,10 a 0,15 m do solo para a testemunha em função do histórico da área que teve sucessivas utilizações de implementos de preparo de solo para plantio convencional, caracterizado como a formação de compactação subsuperficial, mais conhecido como pé de arado, após o tratamento utilizando paraplow rotativo foi observado o rompimento da camada compactada. O paraplow rotativo apresentou elevada capacidade de romper a camada compactada demonstrando a eficácia do seu design que possui capacidade de penetrar no solo, Albiero e Maciel (2010).

## CONCLUSÕES

A metodologia de projeto de máquinas de Romano (2013), foi adequada para o desenvolvimento do protótipo. A matriz morfológica foi totalmente adequada para organização dos conceitos do projeto da máquina. O protótipo funcionou de maneira adequada nos testes de campo. Os cálculos estruturais para simulação de tensão aplicando o critério de falha, segundo Von Mises, verificaram que a estrutura está superdimensionada, por se tratar de um protótipo, se mostrou adequado, já que não houveram falhas estruturais no decorrer dos testes. A simulação cinemática auxiliou para dimensionamento relação de transmissão das caixas redutoras, a fim de que as pontas de ataque do paraplow atuassem com velocidade angular adequada durante o trabalho. A característica de trabalho quanto à capacidade de diminuir a resistência do solo à penetração é compatível comparado aos implementos de preparo de solo existentes no mercado.

## REFERÊNCIAS

ALBIERO, D. Avaliação do preparo do solo empregando o sistema de cultivo conservacionista em faixas com paraplow rotativo. **Varia Scientia - Agrárias** (Impresso), v. 2, p. 197-199, 2011.

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, Campinas. **Caderno de Resumos...** Campinas: PRP/UNICAMP, 2001. CD-ROM.

ALBIERO, D; MACIEL, A. J. S. Novo sistema de semeadura CONSERVACIONISTA MULTIFUNCIONAL para a Agricultura Familiar NOVO DRAGÃO. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas** (UNICAMP), v. 4, p. 155-165, 2010.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MONTEIRO, L. A.; LANCAS, K. P.; GAMERO, C. A.; MELO, R. P.; ARAUJO, M. C. New conservational tillage tool for soil preparation in striptill system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 1855-1866, 2014.

ALBIERO, D; MACIEL, A. J. S.; TUNUSSI, R. Características del suelo en respuesta al uso de la herramienta de lanbranza conservacionista paraplow rotativo. **Agrociencia** (Montecillo), v. 45, p. 147-156, 2011.

ASABE. In: Agricultural machinery management data ASAE D 497.7. In: ASAE standards 2011: standards engineering practices. St. Joseph: ASAE.

AZEVEDO, C. L. L. **Produção integrada de citros, BA**. 2. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2013. (Sistema de Produção, 15).

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations; **Recenseamento agrícola**, v3; 2009.

GRAY, G. R.; MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A.; Suspensão pantográfica para corte de base da cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.39, n.3, p. 766-771, 2009.

GOEDTEL, A.; **Estimador Neural de Velocidade para Motores de Indução Trifásicos**, Tese, EESC/USP, São Carlos, 2007.

MOREIRA, Cláudio Alves; MAZIERO, José Valdemar Gonzalez; YANAI, Kiyoshi. Equipamento para ensaios estáticos de transmissões a cardan. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 77-79, 2002 .

RICHARD G. D.; NISBETT J. K.; **Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica**. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2011.

ROMANO, L. N. **Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – planejamento, projeto e produção**. São Paulo : Blucher. Selo Acadêmico, 2013.

ROMANO, V. F.; DUTRA, M. S., **Introdução à Robótica Industrial. Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos**, 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

SANTOS, A. J. M.; GAMERO. C. A.; BACKERS, C.; SALOMÃO, L. C.; BICUDO, J. S.; Desempenho de disco de corte de semeadora adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu - SP, v. 25, n.4, p.17-30, 2010.