

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**AVALIAÇÃO DE DOIS IMPLEMENTOS NA COLHEITA  
SEMIMECANIZADA DA CULTURA DA MANDIOCA**  
(*Manihot esculenta*, Crantz)

**HOMERO SCALON FILHO**  
Engenheiro Agrônomo

**DOURADOS**  
**MATO GROSSO DO SUL - BRASIL**  
**2001**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**AVALIAÇÃO DE DOIS IMPLEMENTOS NA COLHEITA  
SEMIMECANIZADA DA CULTURA DA MANDIOCA**  
(*Manihot esculenta*, Crantz)

**HOMERO SCALON FILHO**  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Mato Grosso do Sul, como  
requisito à obtenção do título de Mestre  
em Agronomia, Área de concentração:  
Produção Vegetal**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL - BRASIL  
2001**

Ao  
*Lourenço, pela infância que me ensina*  
À  
*Letícia, pelo sorriso inimitável*  
À  
*Silvana, por tudo*

Aos  
*Professores Laércio Neves Zuccolotto e Paulo Antonio Graça Lima Zuccolotto,*  
*tio e primo, mais que Pai e Irmão, e*

À  
*Nossa Família*  
*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Criador, pela Graça da persistência na oportunidade dada

À minha Família, pelos finais de semana sacrificados

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e a cada um de seus Professores envolvidos

Ao Professor Teodorico Alves Sobrinho pela dedicação e sacrifício pessoal que a orientação exigiu, e ao Professor Antonio Dias Robaina pela co-orientação, incentivo, acompanhamento, revisão e crítica

Aos Professores Manuel Carlos Gonçalves e Marlene Estevão Marchetti, pelo enriquecimento do trabalho

Ao Pesquisador Auro Otsubo pelo exemplo de dedicação e aos técnicos e produtores desta cultura, particularmente os da cidade de Ivinhema, meio e fim deste estudo.

## **BIOGRAFIA**

HOMERO SCALON FILHO, filho de Homero Scalon e Aparecida Graça Lima Scalon, nasceu em 01 de setembro de 1956 em Sacramento, Minas Gerais.

Em fevereiro de 1976 iniciou o Curso de Agronomia na Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, MG, diplomando-se em dezembro de 1982.

Em março de 1998 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia (área de concentração em Produção Vegetal), na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Dourados, MS.

## LISTA DE FIGURAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| FIGURA 1 | - AFOFADOR UTILIZADO NA COLHEITA SEMIMECANIZADA DA MANDIOCA. VISTA LATERAL .....                | 12 |
| FIGURA 2 | - AFOFADOR DE MANDIOCA EM OPERAÇÃO E ÁREA TRABALHADA, PRONTA PARA A RETIRADA DAS RAÍZES .....   | 12 |
| FIGURA 3 | - ARRANCADOR DE MANDIOCA (PROTÓTIPO). VISTA SUPERIOR .....                                      | 13 |
| FIGURA 4 | - ARRANCADOR DE MANDIOCA EM OPERAÇÃO E ÁREA TRABALHADA, PRONTA PARA A RETIRADA DAS RAÍZES ..... | 13 |
| FIGURA 5 | - ASPECTOS DA COLHEITA, EM OPERAÇÃO DE SEPARAÇÃO MANUAL DAS RAÍZES .....                        | 14 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| QUADRO 1 - ÁREA CULTIVADA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE MÉDIA DAS PRINCIPAIS CULTURAS NO MUNICÍPIO DE IVINHEMA, MS .....  | 06 |
| QUADRO 2 - EVOLUÇÃO ESTADUAL E MUNICIPAL DA PRODUÇÃO (PROD) E DO FATURAMENTO (FAT) DA CULTURA DA MANDIOCA .....   | 07 |
| QUADRO 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA AMOSTRA DO SOLO. DOURADOS, UFMS, 2001.....  | 12 |
| QUADRO 4 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS IMPLEMENTOS AVALIADOS .....   | 15 |
| QUADRO 5 - PRODUÇÃO DE RAÍZES INTEIRAS E DANIFICADAS, PORCENTAGEM DE DANOS CAUSADOS PELOS IMPLEMENTOS E A DIFERENÇA CALCULADA PARA O TESTE <i>t</i> . ..... | 21 |
| QUADRO 6 - RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E DO DESEMPENHO OPERACIONAL DOS CONJUNTOS MECANIZADOS. IVINHEMA - MS, 2001 .....                        | 22 |

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                               | vi   |
| <b>LISTA DE QUADROS</b> .....                               | vii  |
| <b>RESUMO</b> .....   | viii |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                       | x    |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                                  | 01   |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                       | 03   |
| 2.1 Origem e importância econômica da cultura.....          | 03   |
| 2.2 A produção agrícola no município de Ivinhema.....       | 05   |
| 2.3 A colheita manual da mandioca.....                      | 07   |
| 2.4 A colheita mecanizada da mandioca.....                  | 07   |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                          | 10   |
| 3.1 Características técnicas dos implementos avaliados..... | 11   |
| 3.2 Comportamento dos conjuntos mecanizados.....            | 14   |
| 3.3 Desempenho operacional dos conjuntos.....               | 15   |
| 3.4 Delineamento experimental.....                          | 16   |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                      | 17   |
| 4.1 Comportamento dos conjuntos mecanizados.....            | 18   |
| 4.2 Desempenho operacional dos conjuntos.....               | 20   |
| <b>5. CONCLUSÃO</b> .....                                   | 21   |
| <b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....                    | 22   |

## RESUMO

Scalon Filho, Homero, M. S., Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, julho de 2001.  
*Avaliação de dois implementos na colheita semimecanizada da cultura da mandioca*  
(*Manihot esculenta*, Crantz). Professor Orientador: Dr Teodorico Alves Sobrinho.  
Professor Co-orientador: Dr Antonio Dias Robaina.

Com o objetivo de avaliar o comportamento e o desempenho operacional de dois implementos na colheita semimecanizada da cultura da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), variedade Fécula Branca, foi desenvolvido um experimento em maio de 2001 na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, localizada na Gleba Azul, município de Ivinhema, MS. Os implementos avaliados foram um afofador, fornecido pelo arrendatário, e um arrancador, fornecido pelo fabricante, a Interplan Agropecuária Ltda, com sede na cidade de Itararé, SP. Foram avaliadas patinagem, perdas e danos mecânicos provocados nas raízes e a capacidade operacional dos conjuntos segundo o delineamento experimental de parcelas pareadas. A área das parcelas apresentou dimensões de 1,80m de largura por 30m de comprimento. O plantio foi realizado com máquinas plantadoras, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura franco-arenosa e a colheita foi feita aos 270 dias após o plantio. A área foi previamente limpa, efetuando-se o corte das ramas a 0,30m da superfície do solo. Foram colhidas cinco pares de linhas com cada um dos implementos e, imediatamente após a passagem dos implementos, as raízes foram separadas da planta, amontoadas e pesadas separadamente as inteiras e as com danos mecânicos. A produtividade alcançada na área do ensaio foi de 34 t.ha<sup>-1</sup>, 21,4% acima da média do município que detém a maior produção do Estado de Mato Grosso do Sul. O conjunto trator-arrancador apresentou melhor dinâmica de corte e penetração no solo

considerando a menor porcentagem de patinação do conjunto. O conjunto trator-afofador apresentou um desempenho operacional superior, mas este implemento não deixa as raízes expostas, fato que onera custos com a mão-de-obra. Nas condições em que foi realizado o trabalho, pode-se concluir que:

- Não foram observadas perdas de raízes para nenhum dos conjuntos testados.
- As diferenças encontradas para danos às raízes não foram significativas.
- O desempenho operacional do arrancador foi superior ao do afofador por eliminar as operações próprias de corte das ramas, promover a total exposição das raízes e reduzir o esforço físico do trabalhador.

## 1. INTRODUÇÃO

A operação de colheita da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é predominantemente manual, e compreende as seguintes etapas: limpeza da área, arranquio, amontoa, separação das raízes, enchimento dos balaios ou sacolas, transporte até o caminhão e embarque. É tida como a operação mais onerosa considerando todo o sistema de produção da cultura, tornando-se um ponto de estrangulamento quando o produto é destinado à indústria. O número de horas/homem envolvidas na colheita e a dependência do produtor em relação à mão-de-obra tendem a aumentar os riscos econômicos da cultura destinada à indústria, abrindo espaço para a pesquisa que deverá buscar formas econômicas de colheita semimecanizada.

Relatos de trabalhadores atestam esta urgência, uma vez que eles têm se recusado a trabalhar em propriedades onde não haja a operação mecânica de afrouxamento das raízes. O arranquio manual aumenta os riscos de acidentes com enxadões, provoca fortes dores nas costas, aumenta a calosidade das mãos e ainda é atribuído à passagem prévia do trator a diminuição da ocorrências de ofídeos.

No caso específico da cultura da mandioca, a colheita totalmente mecanizada é considerada como de alto grau de dificuldade, tanto pela projeção de sua parte aérea quanto por seu desenvolvimento radicular peculiar, que exige grande revolvimento do solo, fato que leva à necessidade de tratores potentes.

Embora a literatura considere a riqueza nutricional da parte aérea, o sucesso econômico dessa cultura consiste no arranquio de suas raízes, que deve ser realizado com um mínimo de danos. Com a evolução das áreas plantadas, suas produtividades e as dificuldades pertinentes à mão-de-obra para a colheita, deve-se buscar formas alternativas para uma colheita semimecanizada com adequado revolvimento do solo, minimizando os danos que podem ocorrer nas raízes, reduzindo os custos de investimento e tornando ainda mais atraente a remuneração do produtor. Nas regiões produtoras, estes aspectos e dificuldades têm promovido o surgimento de dispositivos mecânicos para auxiliar na operação de arranquio das raízes sem, contudo, haver informações adequadas sobre o desempenho e o comportamento destes equipamentos.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento e o desempenho operacional de dois implementos, um afofador e um arrancador, na colheita semimecanizada da cultura da mandioca.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem e Importância Econômica da Cultura

A planta da mandioca é uma dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae. O gênero *Manihot* compreende várias espécies com destaque econômico para a *M. utilissima* Pohl (sinonímia *M. esculenta* Crantz) e para a *M. dulcis* Pax, as quais diferem por apresentar frutos alado na primeira e liso na última (Passos e Canéchio Filho, 1981).

A variedade conhecida como Fécula Branca vem se despontando e é cultivada no norte do estado do Paraná e também no Mato Grosso do Sul e São Paulo. Dentre suas características destaca-se a película da raiz clara, hábito de crescimento bastante favorável, é muito tolerante ao super alongamento e medianamente resistente à bacteriose e às pragas (EMPAER, 2000).

Planta nativa da América do Sul, e tendo o Brasil como seu centro de origem, a mandioca é conhecida também pelos nomes populares de macaxeira e aipim, notadamente entre os estados da região nordeste. Nos Estados Unidos é conhecida pelo nome de cassava e nos países sul-americanos, de língua espanhola, pelo nome de yuca.

A mandioca é uma das nossas culturas mais antigas e tradicionais, já sendo cultivada pelos índios antes do descobrimento (Silva, 1984). De fácil adaptação, pode ser encontrada em todos os estados brasileiros, sendo a nona cultura em área plantada e a sexta em valor de produção. Essa boa adaptabilidade permitiu sua expansão por mais de 80

países situados entre as latitudes 30<sup>0</sup> N e 30<sup>0</sup> S, totalizando uma produção mundial anual estimada em torno de 120 milhões de toneladas, apresentando-se entre as seis culturas mais produzidas em volume só perdendo para o trigo, arroz, milho, batata e cevada. Nos trópicos, a produção de mandioca ocupa o terceiro lugar (Otsubo e Melo Filho, 1999).

Sua importância nutricional na alimentação humana pode ser medida pela onipresença da cultura nos estados brasileiros e pelo seu cultivo em quase todos os países da América do Sul, da América Central, nas Antilhas, no Congo, na Indonésia e na Índia, dentre outros. Constitui-se num dos principais alimentos energéticos para populações carentes e de áreas mais distantes dos grandes centros econômicos, sendo normalmente cultivada em pequenas áreas e com baixo ou nenhum nível tecnológico. A mandioca é um dos principais alimentos energéticos para cerca de 500 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde a produção é destaque no mundo. Os dois países com maior produção mundial são a Nigéria, com área plantada de 2.950.000 hectares e 34,6 milhões de toneladas colhidas e em segundo lugar o Zaire, com 2.200.000 hectares plantados e uma produção de 18,0 milhões de toneladas. Na Indonésia e Tailândia, quarto e quinto maiores produtores, a cultura é igualmente estratégica sob o ponto de vista nutricional da população. O Brasil participa com mais de 15% da produção mundial (EMBRAPA, 2001), ocupando o terceiro lugar. O Brasil plantou 1.635.933 hectares na safra de 1999, cabendo ao Estado de Mato Grosso do Sul 33.114 hectares e uma produção de 622.973 toneladas. No estado de Mato Grosso do Sul, o município de Ivinhema é destaque na produção dessa cultura, tendo produzido 100.800 toneladas na safra de 1999 (IBGE - 2001).

Sua importância econômica reside na dupla aptidão fisiológica de sintetizar amido nas folhas e armazenar nas raízes tuberosas, fonte de matéria prima para a indústria. O amido da mandioca, conhecido como fécula, tem larga utilização industrial, que vai desde a função de estabilizante na indústria alimentícia, como a capacidade de retenção de água em sorvetes, até a engomagem, onde reduz possíveis rupturas e desfibramento nos teares da indústria têxtil. Componente fundamental na industrialização de plásticos e detergentes biodegradáveis, a mandioca é ainda utilizada como redutor de atrito nas partes envolvidas na perfuração de poços de petróleo, como item de acabamento na indústria de papel, na fundição, área farmacêutica e outras aplicações relevantes (Otsubo e Melo Filho, 1999).

A mandioca pode ser utilizada ainda na alimentação animal quando fresca, seca ao sol sob a forma de raspa da raiz, ensilada ou ainda na forma de feno das ramas. Quando administrada gradativamente até a completa aceitação pelo animal, pode ser utilizada como parte da dieta de aves, suínos, eqüinos e ruminantes.

A importância sócio-econômica da cultura transcende a questão alimentar principalmente das populações mais carentes, encontrando novas e promissoras formas de utilização industrial em função da versatilidade de seus produtos e derivados.

Tais processos de industrialização exigem dos produtores uma adoção imediata de novos sistemas de produção, com manejo adequado dos solos, plantio mecanizado com espaçamentos dimensionados de forma a facilitar as operações de colheita, variedades adaptadas e produtivas, agilização do tempo e otimização dos custos da colheita.

## **2.2 A Produção Agrícola no Município de Ivinhema**

O município de Ivinhema está situado no Meridiano 54, entre os paralelos 22 e 23, tem as coordenadas 22<sup>o</sup>18'17" de latitude Sul e 53<sup>o</sup>48'55" de longitude Oeste, e uma altitude de 362 m acima do nível do mar. Com clima subtropical úmido, apresenta predominantemente manchas de solo Latossolo Vermelho Distrófico com relevo plano a levemente ondulado, adequado à prática da mecanização agrícola (Município de Ivinhema - 2001). No cenário estadual ocupa a 14<sup>a</sup> posição em população com 21.619 habitantes, sendo 15.062 na área urbana e 6.557 habitantes na região rural (IBGE 2001). Ocupa ainda a 28<sup>a</sup> colocação na arrecadação de ICMS, a 24<sup>a</sup> na produção de algodão herbáceo e a 14<sup>a</sup> na produção de leite. Como produtor de mandioca, ocupa no estado o primeiro lugar, com 100.800 t numa área colhida de 3.600 ha, apresentando produtividade média de 28 t.ha<sup>-1</sup> (Quadro 1).

A evolução da cultura no município tem gerado riquezas que, por sua vez, levam o produtor a um nível de profissionalismo dependente de tecnologias mais apropriadas à otimização dos custos de produção.

QUADRO 1. Área cultivada, produção e produtividade média das principais culturas no município de Ivinhema, MS

| Culturas         | Área (ha)    | Produção (t)   | Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------|--------------|----------------|-------------------------------------|
| Café             | 935          | 3.366          | 3,6                                 |
| Feijão           | 250          | 225            | 0,9                                 |
| <b>Mandioca</b>  | <b>3.600</b> | <b>100.800</b> | <b>28,0</b>                         |
| Milho            | 200          | 700            | 3,5                                 |
| Soja             | 350          | 735            | 2,1                                 |
| Abacaxi          | 2            | 15             | 7,5                                 |
| Algodão herbáceo | 100          | 150            | 1,5                                 |

FONTE: Município de Ivinhema - site oficial. Atualizada em 19/01/00

A evolução da produção de mandioca e do faturamento Estadual e Municipal no período 90/99 encontra-se no Quadro 2.

QUADRO 2. Evolução Estadual e Municipal da produção (Prod) e do faturamento (fat) da cultura da mandioca

| Ano   | Mato Grosso do Sul |            | Ivinhema |           | Porcentagem |       |
|-------|--------------------|------------|----------|-----------|-------------|-------|
|       | Prod (t)           | Fat        | Prod (t) | Fat       | Prod        | Fat   |
| 99*   | 622.973            | 40.436     | 100.800  | 6.350     | 16,18       | 15,70 |
| 98*   | 540.641            | 26.685     | 89.376   | 4.021     | 16,53       | 15,07 |
| 97*   | 522.440            | 27.713     | 87.700   | 4.341     | 18,79       | 15,66 |
| 96*   | 402.019            | 19.887     | 48.300   | 2.350     | 12,01       | 11,82 |
| 95*   | 555.808            | 16.438     | 125.000  | 2.978     | 22,49       | 18,12 |
| 94*   | 575.859            | 16.457     | 137.500  | 3.073     | 23,88       | 18,67 |
| 93**  | 405.022            | 1.246.054  | 80.000   | 180.000   | 19,75       | 14,45 |
| 92*** | 309.445            | 87.038.681 | 64.400   | 9.901.500 | 11,38       | 11,38 |
| 91*** | 433.120            | 9.309.923  | 115.000  | 1.495.000 | 16,06       | 16,06 |
| 90*** | 436.653            | 1.238.795  | 78.000   | 156.000   | 12,59       | 12,93 |

Adaptado de IBGE - Produção Agrícola Municipal

\* Valores em Mil Reais

\*\* Valores em Mil Cruzeiros Reais

\*\*\* Valores em Mil Cruzeiros

### 2.3 A Colheita Manual da Mandioca

A colheita manual ainda predomina mesmo nas grandes áreas, iniciando-se com o corte das ramas a cerca de 0,30 m do solo. O arrancamento das raízes é feito com a utilização de enxadas e/ou enxadões. Normanha (1976) relata que são necessários 10 homens.dia<sup>-1</sup> para o corte das ramas de um hectare. Após essa operação de limpeza do terreno, as raízes tornam-se relativamente fáceis de serem retiradas de solos com estrutura arenosa, quando são puxadas pela haste e levemente sacudidas para remoção de torrões. Com um rápido exame do sistema radicular torna-se possível a identificação de eventuais danos ou perda de raízes e, neste caso, o solo deve ser revolvido para recuperação das perdas. Trata-se portanto de uma operação que exige larga utilização da mão-de-obra, fato que tem trazido problemas adicionais ao produtor. Otsubo *et al.*, (2000) encontraram índices da ordem de 15,11% na participação do custo total, com a contratação de 17 homens.dia<sup>-1</sup> para a colheita de um hectare de mandioca.

Problemas com a colheita manual crescem num ritmo paralelo ao da produção de mandioca, que no estado de Mato Grosso do Sul passou de 340.090 em 1980 para 622.973 toneladas em 1999, apresentando um aumento na ordem de 183,18%. Não foram encontrados dados que pudessem atestar a evolução da mão-de-obra no mesmo período.

## **2.4 A Colheita Mecanizada da Mandioca**

Por mecanização agrícola, entende-se o emprego de um conjunto ou sistema de máquinas, de forma técnica e economicamente organizada, na execução das tarefas exigidas pela produção vegetal, visando obter o máximo de rendimento útil com um mínimo de dispêndio de energia, tempo e dinheiro. A esse conceito somam-se razões que abrangem o bem-estar social, o incremento da quantidade e da qualidade dos produtos agrícolas, a redução de preços finais ao consumidor e a viabilização de ordem prática do cultivo em grandes áreas. Nas diversas operações agrícolas mecanizadas, o trator agrícola é a principal fonte de potência para tração de máquinas (Mialhe, 1974 e 1980).

A mecanização agrícola para uso específico em pequenas áreas tem uma evolução lenta, com tecnologia não raro ultrapassada, sem se ater às questões relacionadas com o formato, a adequação para reduzir esforços do operador ou a utilização de materiais mais leves e resistentes (Franco *et al.*,1991). Na região Sul, onde pequenas áreas altamente

produtivas estão estruturadas em torno de colônias familiares de origem européia, novos equipamentos vão surgindo e sendo testados em tração animal e humana, alguns adaptados aos microtratores, mas sem grande referência da ergonomia, ciência que estuda a interação entre o operador e os sistemas mecânicos, fator relevante na obtenção de resultados mais condizentes com a atualidade tecnológica alcançada com as grandes culturas.

Os tratores agrícolas têm seu desempenho avaliado pela força de tração e pela patinagem das rodas motrizes, dentre outros, sendo que a tração é influenciada diretamente pelo sistema rodado-solo e depende das características de ambos. As características do solo que mais influenciam o desempenho do trator são a textura, as condições de superfície e a umidade; e as que influenciam o desempenho do pneu são a largura, diâmetro, pressão interna, o desenho da banda de rodagem e a carga normal sobre as rodas motrizes (Acuna *et al.*, 1995). A tração com uma patinagem de 16% é quantificada como um valor próximo ao do rendimento trativo máximo, sendo determinado como base de comparação de pneus (Barger *et al.*, 1963) e é influenciada pela reação do solo contra as rodas motrizes. Ainda segundo esses mesmo autores, a transferência de peso devida ao carregamento da barra de tração reduz a reação do solo contra as rodas dianteiras enquanto aumenta essa reação contra as traseiras, aumentando assim a tração máxima na barra que o trator pode produzir.

Observa-se que os produtores nacionais têm obtido produções em volume crescente e que têm se destacado no cenário comercial nacional, embora o parque industrial pouco ofereça em máquinas e equipamentos adequados para a cultura da mandioca. A profissionalização dos produtores e uma esperada estabilização dos preços exigirão a adequação dos fabricantes à realidade de mercado.

Assim, a mecanização da colheita da mandioca é ainda um fator incipiente, e não foram encontrados trabalhos que indiquem o quanto ela representa exatamente no custo total de produção. Alves Sobrinho (1981), trabalhando com a colheita semimecanizada de mandioca, cita dados que cifram os custos de colheita desta cultura em até 30% do total, acrescentado ainda o fato de que a colheita constitui um ponto de estrangulamento das operações em escala industrial.

Dentre os implementos encontram-se o Delfosse, francês; o Bonford & Evershed, inglês; o Ciat, colombiano; o Richter, australiano e o Ikeda, brasileiro. Destes, apenas três tiveram avaliações identificadas na literatura. O protótipo da Ciat apresentou uma

capacidade operacional de  $0,29 \text{ ha.h}^{-1}$  com largura de corte de  $0,95\text{m}$  e de  $0,50 \text{ ha.h}^{-1}$  com a largura de corte aumentada para  $1,92\text{m}$ ; o Richter atingiu  $0,20 \text{ ha.h}^{-1}$  operando com  $0,95\text{m}$  de largura de corte, e o Ikeda  $0,43 \text{ ha.h}^{-1}$ , operando com  $0,90\text{m}$  de largura de corte. Foram encontrados valores diferentes para o arranquio da mandioca cultivada em camalhões, mas esse sistema de plantio não coincide com o sistema adotado no Brasil (Alves Sobrinho, 1981 e 1992).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, de propriedade da Senhora Joana Sanches Belmar, localizada na Gleba Azul, no município de Ivinhema, Mato Grosso do Sul. A área plantada de 74 hectares com mandioca, da variedade Fécula Branca, é cultivada pelo arrendatário Alcides de Oliveira Costa que destina toda a sua produção para fecularia.

O solo, onde foi instalada a cultura, é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura franco-arenosa, com topografia levemente ondulada, cujas características físicas encontram-se no Quadro 3.

QUADRO 3. Características físicas da amostra do solo. Dourados, UFMS, 2001.

| Análise Textural (%) |       |              |            |
|----------------------|-------|--------------|------------|
| Argila               | Silte | Areia Grossa | Areia Fina |
| 22,16                | 0,01  | 6,75         | 71,07      |

A cultura foi implantada com uso de máquinas plantadoras, sendo distribuídas as manivas no espaçamento de 0,54 m entre plantas e 0,90 m entre fileiras, perfazendo uma população de 20.576 plantas por hectare. O plantio ocorreu em agosto de 2000 e a colheita em maio de 2001. Imediatamente antes da colheita foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0,20 m para determinação da umidade do solo, pelo método padrão de estufa, conforme descrito em Libardi (1995).

Foram avaliados, na colheita semimecanizada, dois implementos, denominados de afofador (Figuras 1 e 2), cedido pelo arrendatário, e de arrancador (Figuras 3 e 4), protótipo cedido pelo fabricante Interplan Agropecuária Ltda, com sede na cidade de Itararé, SP. Os implementos, foram tracionados por trator de potência nominal de 69 kW, com lastro frontal. A colheita semimecanizada foi efetuada em parcelas experimentais de 1,80m de largura, correspondente a duas fileiras de plantas, e 30m de comprimento. Foram estudados o comportamento e o desempenho operacional dos conjuntos mecanizados.

### 3.1 Características técnicas dos implementos avaliados

As características técnicas do afofador e do arrancador são apresentadas no Quadro 4. O afofador é constituído por um chassi central que sustenta duas lâminas opostas que se aprofundam no solo abaixo das raízes. Para dar estabilidade ao conjunto, existe uma rodaguia balanceada por um sistema de molas, que permite ainda ajustar a profundidade de corte evitando danos às raízes.

QUADRO 4. Características técnicas dos implementos avaliados

| Implemento | Largura corte<br>(m) | Massa<br>(kg) | Profundidade corte<br>( m) |
|------------|----------------------|---------------|----------------------------|
| Afofador   | 1,25                 | 400           | 40                         |
| Arrancador | 1,80                 | 800           | 40                         |

O arrancador é constituído por um chassi e componentes semelhantes ao do afofador, mais dois conjuntos horizontais de correias que, trabalhando em leve inclinação em relação à superfície do terreno, envolvem as ramas, tracionando-as. Com a inclinação do chassi, a parte traseira do implemento fica mais alta em relação ao solo, arrancando a planta.



FIGURA 1. Afofador utilizado na colheita semimecanizada da mandioca. Vista lateral.



FIGURA 2. Afofador de mandioca em operação e área trabalhada, pronta para a retirada das raízes.



FIGURA 3. Arrancador de mandioca (protótipo). Vista superior e inferior.



FIGURA 4. Arrancador de mandioca em operação e área trabalhada, pronta para a retirada das raízes.

Como os implementos permitem ajustes para corte do solo abaixo das raízes da planta, promovem um afrouxamento do solo, no afoador, e um afrouxamento seguido de arranquio das raízes, no arrancador.

Após a passagem dos conjuntos mecanizados, procedeu-se o recolhimento das touceiras, separação das raízes da parte aérea (Figura 5), amontoa, pesagem das raízes inteiras e com danos e o embarque.



FIGURA 5. Aspectos da colheita, em operação de separação manual das raízes.

### 3.2 Comportamento dos conjuntos mecanizados

O estudo do comportamento dos conjuntos mecanizados na colheita, constituiu-se na medição das perdas, avaliação dos danos mecânicos causados às raízes pela lâmina de corte da máquina, e na determinação da patinagem das rodas motrizes do trator.

**a. Medição das perdas:** foram consideradas perdas as raízes não expostas à superfície do solo e não recolhidas durante a operação manual de recolhimento. Depois do recolhimento, o solo foi revolvido com uma enxada para recolher as raízes perdidas que

foram pesadas transformando-se o resultado em percentagem conforme a expressão (Alves Sobrinho, 1981):

$$\text{Perdas (\%)} = \frac{\text{raízes perdidas ( Kg )}}{\text{raízes colhidas (Kg) + raízes perdidas ( Kg )}} \times 100$$

**b. Avaliação dos danos mecânicos:** foram considerados como danos mecânicos as raízes quebradas e/ou cortadas pelos implementos testados. As raízes danificadas foram separadas e pesadas, transformando-se o resultado em percentagem conforme a expressão (Alves Sobrinho, 1981):

$$\text{Danos (\%)} = \frac{\text{raízes danificadas ( Kg )}}{\text{raízes não danificadas ( Kg ) + raízes danificadas ( Kg )}} \times 100$$

**c. Patinagem:** a patinagem da rodas motrizes do trator, que é um indicador da força de tração requerida pelo arrancador, foi determinada aplicando-se a relação, citada por Barger *et al.* (1963) e Mialhe (1974) como segue:

$$\text{Patinagem (\%)} = \frac{(N1 - N2)}{N1} \times 100$$

em que,

N1 = número de voltas da roda motriz com carga, em 30 m.

N2 = número de voltas da roda motriz sem carga, em 30 m.

### 3.3 Desempenho operacional dos conjuntos

O desempenho operacional foi estudado através da determinação da capacidade operacional dos conjuntos. De acordo com Mialhe (1974), denomina-se capacidade operacional de máquinas e implementos a quantidade de trabalho que são capazes de executar na unidade de tempo. Essa capacidade constitui-se em uma medida de intensidade do trabalho desenvolvido durante as operações agrícolas.

A capacidade operacional dos conjuntos foi medida pela relação entre a área trabalhada e o tempo de produção. A área trabalhada em cada unidade experimental foi de 54m<sup>2</sup>. O tempo de produção foi cronometrado a partir do instante em que o eixo traseiro do trator passava pelas estacas que delimitavam a área útil das parcelas, excluindo-se assim os

tempos de manobras nas cabeceiras, e considerando-se o tempo consumido exclusivamente em trabalho produtivo (Mialhe, 1974).

### 3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de Parcelas Pareadas, conforme descrito por Gonçalves (1997), com cinco repetições por tratamento. Os tratamentos corresponderam aos dois implementos avaliados, totalizando 10 unidades experimentais e 20 fileiras de plantas. Os resultados foram submetidos à análise estatística conforme as equações abaixo e os tratamentos comparados no nível de 10% de probabilidade pelo teste de  $t$ .

$$t = \frac{\bar{D}}{S\bar{D}}$$

$$S\bar{D} = \sqrt{S\bar{D}^2 / N}$$

$$S\bar{D}^2 = \frac{\sum \bar{D}i^2 - \left(\sum \bar{D}i\right)^2 / N}{N-1}$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área colhida apresentou-se com produtividade 21,4% acima da média municipal, que é de 28 t.ha<sup>-1</sup>, atingindo 34 t.ha<sup>-1</sup>, o que a caracteriza como adequada às avaliações de implementos para a colheita semimecanizada. A umidade média do solo no momento da colheita foi de 13,1% e, considerando as características físicas do solo, esta umidade pode ser considerada adequada para a operação de colheita mecanizada, que alcançou os índices apresentados no Quadro 5.

QUADRO 5. Produção de raízes inteiras e danificadas, porcentagem de danos causados pelos implementos e a diferença calculada para o teste *t*.

| ARRANCADOR       |               |              | AFOFADOR         |               |              | DIFERENÇA        |               |              |
|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|--------------|
| Inteiras<br>(kg) | Danos<br>(kg) | Danos<br>(%) | Inteiras<br>(kg) | Danos<br>(kg) | Danos<br>(%) | Inteiras<br>(kg) | Danos<br>(kg) | Danos<br>(%) |
| 181,0            | 29,6          | 14,06        | 163,7            | 18,8          | 10,30        | 17,30            | 10,80         | 3,76         |
| 144,9            | 20,5          | 12,39        | 175,9            | 18,7          | 9,61         | -31,00           | 1,80          | 2,78         |
| 146,3            | 22,2          | 13,18        | 180,2            | 22,3          | 11,01        | -33,90           | -0,10         | 2,17         |
| 172,1            | 16,5          | 8,75         | 170,8            | 23,1          | 11,91        | 1,30             | -6,60         | -3,16        |
| 187,0            | 18,5          | 9,00         | 179,8            | 19,2          | 9,65         | 7,20             | -0,70         | -0,65        |

*t* calculado para diferenças = 0,77

*t* tabelado no nível de 10% de probabilidade para 4 GL = 2,13

O teste *t* apresentou um valor abaixo do limite de 10%, indicando que o contraste entre as médias dos tratamentos testados não detectou diferenças estatísticas. Os resultados

da avaliação do comportamento e do desempenho operacional dos conjuntos mecanizados são apresentados no Quadro 6.

QUADRO 6. Resultados da avaliação do comportamento e do desempenho operacional dos conjuntos mecanizados. IVINHEMA - MS, 2001

| Características avaliadas                    | Média Afofador | Média Arrancador | Média do Ensaio |
|--|----------------|------------------|-----------------|
| Raízes inteiras (kg parcela <sup>-1</sup> )  | 174,08         | 166,26           | 170,17          |
| Raízes com danos (kg parcela <sup>-1</sup> ) | 20,42          | 21,46            | 20,94           |
| Produção total (kg parcela <sup>-1</sup> )   | 194,50         | 187,72           | 191,11          |
| Perdas (%)                                   | 0              | 0                | 0               |
| Danos mecânicos (%)                          | 10,50          | 11,48            | 11,09           |
| Patinagem (%)                                | 15,03          | 11,72            | 13,38           |
| Tempo de produção (s)                        | 28             | 35               | 32              |
| Capacidade operacional (ha h <sup>-1</sup> ) | 0,67           | 0,56             | -               |
| Tempo de Poda (minutos)                      | 3              | -                | -               |
| Tempo de Separação (minutos)                 | 18,30          | 13,93            | 16,10           |

#### 4.1 Comportamento dos conjuntos mecanizados

O afofador é de fácil regulagem e operação e facilita a colheita, minimizando os esforços dispensados nas operações manuais de retirada das raízes do solo. O arrancador requer mais atenção do operador, exigindo regulagens precisas da altura, inclinação e distância entre os jogos de correias, além da velocidade destas, que deve ser a mesma do trator. Entretanto, o arrancador, após regulado, é de fácil manejo, não embucha e solta a planta arrancada exatamente no local onde foi plantada, reduzindo ainda mais os esforços manuais dos trabalhadores por deixar as raízes expostas sobre o solo.

Operando com uma mesma rotação de 1600 rpm, o arrancador tende a deixar o conjunto tratorizado mais lento, o que pode ser creditado a dois fatores. Primeiro, exige maior atenção do operador, que não pode desviar-se das linhas de plantio e, segundo, a velocidade das correias deve ser semelhante à velocidade do conjunto trator-implemento para o sucesso do arranquio das plantas, com um mínimo de danos.

Por se tratar de um protótipo, o arrancador pode ter tido seu desempenho ideal comprometido pela falta de familiaridade do operador, que manteve sua atenção voltada às

linhas da cultura, buscando uma precisão de arranquio não observada quando da passagem do afofador, implemento que o operador opera normalmente na colheita da cultura.

O arrancador deixa as raízes expostas otimizando a operação de separação, com melhor aproveitamento da jornada de trabalho e menor esforço físico do trabalhador. Com a utilização do afofador, as touceiras ficam frouxas, mas ainda sob o solo, o que exige ainda algum esforço da mão-de-obra para finalizar a operação de arranquio e separação das raízes.

**a. Medição das perdas:** Não foram detectadas perdas para nenhum dos implementos avaliados. Isto indica a boa performance dos conjuntos tratorizados na operação de colheita, podendo ser indicados para as condições em que se realizaram as avaliações, considerando que menores perdas na colheita é um fator determinante na redução de custos das lavouras. Recomenda-se, contudo, avaliações dos equipamentos em condições de solos argilosos, pois, em resultados de colheita semimecanizada com uso de outros arrancadores, obtidos por Alves Sobrinho (1992), verificou-se perdas da ordem de 26%.

**b. Avaliação dos danos mecânicos:** Não foram encontradas diferenças significativas entre as porcentagens de raízes com danos entre os implementos testados. O afofador apresentou média de 10,50%, de danos o que representa 3,80 t.ha<sup>-1</sup>, enquanto que o arrancador apresentou média de 11,48% de raízes danificadas, equivalente a 3,98 t.ha<sup>-1</sup>. O arrancador, que tem um afofador acoplado ao chassi, afofa o solo na mesma passada, podendo-se atribuir à sua atividade de arranquio a diferença média de 0,78% ou 0,42 t.ha<sup>-1</sup> de raízes com danos, quantidade que deve ser minimizada a partir de novos ajustes na velocidade das correias e na inclinação do chassi. Como os danos mecânicos não caracterizam perdas de raízes destinadas à indústria, pode-se afirmar que os implementos avaliados são adequados à operação de colheita, pelos resultados obtidos.

**c. Patinagem:** O arrancador apresentou menor patinagem entre os dois conjuntos. Considerando que o trator operou com o mesmo lastro, pode-se atribuir esta diferença à melhor dinâmica de penetração e corte do arrancador em relação ao afofador, que desenvolveram velocidades de 3,1 e 3,9 km.h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os valores obtidos para patinagem dos conjuntos avaliados, 15,03% para o afofador e 11,72% para o arrancador, indicam que tanto as condições de umidade de solo

como o trator utilizado foram adequados para a operação. Considerando o índice de 16% como próximo ao rendimento trativo máximo (Barger *et al.*, 1963), pode-se afirmar que o arrancador apresentou melhor performance de tração, com exigência de menor potência.

#### **4.2 Desempenho operacional dos conjuntos**

O conjunto trator-afoador, deslocando-se em terceira marcha a uma velocidade de 3,9 km.h<sup>-1</sup>, apresentou uma capacidade operacional 23,21% superior ao conjunto trator-arrancador, que se deslocou em segunda marcha a 3,1 km.h<sup>-1</sup>. No entanto, deve-se considerar que a operação realizada com o arrancador deixa as raízes expostas na superfície do solo, enquanto que o afoador necessita que as raízes sejam retiradas do solo manualmente, aumentando em até 34% o tempo das operações de poda das ramas e separação das raízes. Deve-se ainda considerar que o arrancador dispõe de um sistema de corte de hastes acoplado na parte dianteira do trator, o que elimina a operação manual de limpeza da área a ser colhida. Esse sistema reduz o tempo de operação de colheita em 24%.

## 5. CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado o trabalho, pode-se concluir que:

- Não foram observadas perdas de raízes para nenhum dos conjuntos testados.
- As diferenças encontradas para danos às raízes não foram significativas.
- O desempenho operacional do arrancador foi superior ao do afofador por eliminar as operações próprias de corte das ramas, promover a total exposição das raízes e reduzir o esforço físico do trabalhador.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ACUNA, R.R.D.; MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J. e BERTAUX, S. Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratorária de um trator agrícola obtidos pela equação de Wismer e Luth e por ensaios de campo. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.4, p.523-530. Abr 1995.
- ALVES SOBRINHO, T. **Avaliação do desempenho de quatro protótipos de arrancadoras de mandioca**. Viçosa, UFV, 1981. Dissertação de mestrado.
- ALVES SOBRINHO, T. Avaliação do Desempenho de um arrancador de mandioca num solo argiloso - Latossolo Roxo Distrófico. Campo Grande, MS, **Revista Cient. Cult.** v. 7; n.1; 1992. p 11-14.
- BARGER, E.L.; LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M. e McKIBBEN, E.G. **Tratores e seus motores**. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1963. 398p.
- EMBRAPA. <http://www.cnpmt.embrapa.br/mandioca.htm>. 08 mai.2001
- EMPAER. Mandioca: importante economicamente...". Fato Rural, EMPAER. Campo Grande, maio de 2000. 12p. Boletim.
- FRANCO, V.P., ROCHA, F.E.C., e MAROUELLI, W.A. Aspectos ergonômicos em projetos de pequenos equipamentos agrícolas. Belo Horizonte, **Informe Agropecuário**, v.15, n.169, p.10-12. 1991.
- GONÇALVES, M.C. **Experimentação agrícola**. DCA/CEUD/UFMS. Dourados, MS, 1997. 145p. Apostila.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. <http://www.ibge.gov.br>.mar. 2001
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, SP, USP:ESALQ, 1995. 497p.

- MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1974. 197p.
- MIALHE, L.G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1980. 367p.
- MUNICÍPIO DE IVINHEMA. <http://www.ivinhema.hpg.com.br/pmi.html>. jul. 2001
- NORMANHA, E.S. **Colheita da mandioca**. Curso Intensivo Nacional de Mandioca. EMBRAPA, Cruz das Almas, BA, 1976. p 63-73.
- OTSUBO, A.A.; AGUIAR, E.B. e ARAÚJO, H.S. Estimativa de custo de produção da mandioca industrial em Mato Grosso do Sul. Comunicado Técnico n. 25. EMBRAPA, Dourados, MS, nov/2000.p 1-3.
- OTSUBO, A.A. e MELO FILHO, G.A. Evolução da cultura da mandioca em Mato Grosso do Sul. Dourados, MS, EMBRAPA Agropecuária Oeste. Circular Técnica n.1. 1999. 32p.
- PASSOS, S.M.G.; CANÉCHIO FILHO, A.J. **Principais culturas** v. II. Campinas, SP, Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, 1981. 407p.
- SILVA, O. **Manual prático e técnico de agricultura**. 2ed. . Campinas, SP, Instituto Campineiro do Ensino Agrícola, 1984. 524p.

## 7. CROQUI DA ÁREA ÚTIL EXPERIMENTAL

