

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROJETO ADAPTATIVO E TESTE DE UM
CULTIVADOR-ADUBADOR PARA CONTROLE DE
PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA MANDIOCA**

**LEONARDO ESTEVÃO DA SILVA
OTÁVIO ESTEVÃO DA SILVA**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

**PROJETO ADAPTATIVO E TESTE DE UM CULTIVADOR-
ADUBADOR PARA CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA
CULTURA DA MANDIOCA**

LEONARDO ESTEVÃO DA SILVA

OTÁVIO ESTEVÃO DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte das exigências do Curso de
Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586p Silva, Leonardo Estevão Da

PROJETO ADAPTATIVO E TESTE DE UM CULTIVADOR-ADUBADOR PARA
CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA MANDIOCA [recurso eletrônico] /
Leonardo Estevão Da Silva, Otávio Estevão Da Silva. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Manihot esculenta. 2. operações agrícolas mecanizadas. 3. rendimento operacional. 4. capina mecânica. I. Silva, Otávio Estevão Da. II. Souza, Cristiano Márcio Alves De. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

PROJETO ADAPTATIVO E TESTE DE UM CULTIVADOR-ADUBADOR
PARA CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA
MANDIOCA

Por

Leonardo Estevão da Silva
Otávio Estevão da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovada: 27 de maio de 2021.



Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Membro da Banca – UFGD/FCA



Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde
Membro da Banca – UFGD/PGEA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e do conhecimento, e por desde o início ter nos abençoado em nossa caminhada. Nos dando força, fé e perseverança, por nos manter firmes e confiantes rumo a realização dos nossos sonhos. Seremos eternamente gratos a Deus por todas as bênçãos recebidas, e pelas pessoas que Ele colocou em nossos caminhos e que tiveram papel fundamental para nossa formação, crescimento pessoal e profissional.

A nossa família que nos apoiou desde o início, principalmente nossos pais, João Luiz da Silva e Aparecida Nilcéia Estevão da Silva, que não mediram esforços para tornar nossos sonhos realidade. E a toda família que nos instruiu nos tornarmos melhores como seres humanos, Angelina A. Estevão, Gleice M. Zanon, Antônio M. Estevão, Jair A. Estevão, Edgard Amaral, Felipe E. da Silva, Lucas T. da Silva, João Manoel T. da Silva, Gustavo T. da Silva, José Luiz da Silva, Manoel C. da Silva Irmão (in memoriam), Natalia Estevão, Gabriel Estevão, Rafael Estevão, Mikael Estevão, Luiz E. Zanon, Eduardo M. Zanon e Waldilei Siqueira.

Agradecemos nossos amigos, que conhecemos e que nos motivaram ao longo do curso, que de certa forma nos apoiaram e nos inspiraram a chegarmos até aqui, Fernando Vinicius, Allan H. Pereira, Mauricio M. da Silva, Thiago Luiz, Vinicius D. Pinto, Rafael Leite, Bruno Aparecido G. Bezerra, Vinicius Fernandes, Rodrigo Leal, Talysson Messias, Roberto Rocha e Jean Caramashi.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza, pelo profissional que é, pelo empenho e dedicação ao projeto, pela amizade construída, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso e que foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho e para a nossa formação acadêmica. Um exemplo de ser humano, de professor e de amigo, ficamos honrado em ser seus orientados. Agradecemos cada orientação transmitida para o nosso desenvolvimento.

A todo o corpo docente da Engenharia Agrícola – FCA, UFGD, que sem eles não estaríamos aqui. À professora Dra. Leidy Z. Leyva Rafull que sempre nos apoiou e cobrou desempenho ao longo do curso, ao professor Dr. Roberto Carlos Orlando, pelos conhecimentos transmitidos e que de certa forma foram essenciais para a realização do trabalho e aos demais professores da FCA que fizeram parte da nossa jornada.

À UFGD, por nos dar a oportunidade de obtermos conhecimento transmitidos por excelentes profissionais da área agrícola.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos econômicos da cultura da mandioca	3
2.2. Aspectos agronômicos da cultura da mandioca	4
2.3. Controle de plantas daninhas.....	5
2.4. Cultivador mecânico	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Local	8
3.2. Implemento original.....	8
3.3. Projeto adaptativo do cultivador	8
3.3.1. Projeto informacional.....	9
3.3.2. Projeto conceitual	10
3.3.3. Projeto preliminar.....	14
3.4. Modelagem do desempenho do conjunto trator-cultivador-adubador.....	15
3.5. Testes de campo com o cultivador-adubador	18
3.6. Altura de planta de mandioca e contagem de plantas daninhas	20
3.7. Análise estatística de dados.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Cultivador-adubador adaptado e construído.....	25
4.2. Análise do desempenho operacional obtido em campo.....	26
4.3. Altura de plantas de mandioca e controle de plantas daninhas	35
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

SILVA, Leonardo Estevão da; SILVA, Otávio Estevão da. **Projeto adaptativo e teste de um cultivador-adubador para controle de plantas daninhas na cultura da mandioca.** 2021. 42f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

É de grande importância para o bom desenvolvimento da cultura da mandioca que as operações mecânicas de adubação do solo e do controle das plantas daninhas sejam realizadas de maneira eficaz, e eficiente no uso do combustível do trator. O objetivo desse trabalho foi realizar uma adaptação de um cultivador-adubador, visando obter maior rendimento operacional e eficiência energética, diminuição do consumo de combustível e garantir boa eficácia no controle de plantas daninhas. O cultivador-adubador adaptado foi projetado com 4 caixas de adubo acionadas por engrenagens acopladas às suas rodas motoras, e conjunto de 13 enxadas de corte. Para avaliar o cultivador em campo foram usadas diferentes velocidades de deslocamento do conjunto trator-cultivador-adubador (3,74; 5,82 e 8,51 km h⁻¹) e duas profundidades de corte do solo (1 e 2 cm), segundo o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial, com 4 repetições. A altura de plantas da mandioca e a eficácia do controle de plantas daninhas foram quantificadas ao zero, 17, 39 e 63 dias após o cultivo. Para se determinar o consumo de combustível e o rendimento de campo, o cultivador foi colocado a trabalhar na área total, quando foram medidos o gasto de combustível, o tempo de motor ligado, o tempo de manobra e o de abastecimento. O cultivador-adubador adaptado foi projetado e construído com sucesso, suprimindo a necessidade de duplicar a capacidade de trabalho no cultivo da mandioca, em área com grandes níveis de incidência de plantas daninhas. O conjunto trator-cultivador-adubador apresentou melhor desempenho operacional e energético nas maiores velocidades de operação de cultivo da mandioca, estando em torno de 9,3 km h⁻¹ a velocidade ótima. A variedade de mandioca cultivada se destacou pelo ótimo desenvolvimento das plantas obtido quando a operação foi realizada com 6,5 km h⁻¹, respondendo muito bem ao processo de cultivo mecânico e adubação realizada com o implemento adaptado, independentemente da profundidade de corte do solo. A velocidade de 5,6 a 6,2 km h⁻¹ permite controle de plantas daninhas superiores a 95% de eficácia, independentemente da profundidade de corte do solo.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, operações agrícolas mecanizadas, rendimento operacional, capina mecânica.

SILVA, Leonardo Estevão da; SILVA, Otávio Estevão da. **Adaptive design and field testing of a cultivator-fertilizer for weed control in cassava crop**. 2021. 42p. Monograph (Undergraduate in Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

It is crucial for the excellent development of cassava crop that the mechanical operation of soil fertilization and weed control are carried out effectively and efficiently in tractor fuel use. The objective of this work was to carry out an adaptation of a cultivator-fertilizer to obtain greater operational efficiency and energy efficiency, reduce fuel consumption, and ensure good effectiveness in weed control. The adapted cultivator-fertilizer was projected with four fertilizer distributor boxes driven by gears coupled to its drive wheels and a set of 13 hoe-rods for cutting the soil. Different displacement speeds of the tractor-cultivator and fertilizer-distributor set (3.74, 5.82 and 8.51 km h⁻¹) and two depths of soil cut (1 and 2 cm) were evaluated according to a completely randomized design, with treatments arranged in the factorial scheme, with four repetitions. Each experimental unit corresponded to an area of 680 m² (4 cultivator passes x 50 m). The cultivator-fertilizer was put to work in an area of 27.7 ha, when the fuel consumption, the engine running time, the maneuvering time, and the refueling time were measured. The plant height of cassava and the effectiveness of weed control were quantified at zero, 17, 39, and 63 days after the cultivation. The adapted cultivator-fertilizer was successfully designed and built, meeting the need to double the work capacity in cassava cultivation in an area with high levels of weed incidence. The tractor-cultivator-fertilizer set showed better operational and energy performance at the highest operating speeds for cassava cultivation, with the better speed being around 9.3 km h⁻¹. The cassava variety stood out for the good development of the plants obtained when the operation was carried out with 6.5 km h⁻¹, responding very well to the cultivation and fertilization process carried out with the adapted implement, regardless of the soil cutting depth. To obtain greater efficiency in the weed control in the cassava crop, the speed of 5.6 to 6.2 km h⁻¹ allows effectiveness greater than 95%, regardless of the cutting depth of the soil.

Keywords: *Manihot esculenta*, agricultural operations in cassava, field yield, mechanical weeding.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um alimento fundamental para aproximadamente 800 milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2019). Devido às suas características rústicas e por ter fácil adaptação a diferentes climas e condições de solo, a espécie foi cultivada por agricultores em mais de 100 países tropicais e subtropicais na África, Ásia e América Latina (LATIF e MÜLLER, 2015; FAO, 2019).

No Brasil, grande parte da produção da mandioca ocorre na região Sul e tem como principal destino à indústria de amido e farinha. As cultivares utilizadas nesta indústria podem ser colhidas de 10 a 12 meses (primeiro ciclo) ou de 20 a 22 meses (segundo ciclo) após o plantio, dependendo do preço das raízes da época (TAKAHASHI e GONÇALO, 2001). Entretanto, apesar de ter grande potencial produtivo e importância econômica, as lavouras de mandioca geralmente são cultivadas em regiões com solos de baixa fertilidade e com baixos investimentos em fertilizantes e insumos agrícolas (GUIMARÃES et al., 2019).

Apesar de que os níveis de nutrientes das plantas possam ser aumentados aumentando a fertilidade do solo, em geral, os produtores de mandioca não aplicam fertilizantes durante o ciclo da cultura. No entanto, as cultivares de mandioca respondem positivamente à fertilização mineral e aplicação de nitrogênio, com produtividade superior a 30 Mg ha⁻¹ (MUNYAHALI et al., 2017), com produção aumentada em aproximadamente 17 Mg ha⁻¹ (KANG et al., 2020).

Cultivada em solos de baixa fertilidade, aliada ao baixo índice de crescimento inicial da cultura e tendo o solo inicialmente descoberto, faz com que ocorra o surgimento de plantas daninhas (BIFFE et al., 2010; SILVA et al., 2012). Em casos extremos, as plantas daninhas podem diminuir o desenvolvimento e a produtividade das lavouras de mandioca em até 100% (JOHANNIS e CONTIERO, 2006).

O uso de herbicidas na cultura da mandioca, de certa forma, tem como principais vantagens o maior rendimento operacional, eficácia de controle de plantas daninhas e menor custo comparado ao controle mecânico (SILVA et al., 2011). Porém, o número de princípios ativos de herbicidas registrados para essa cultura é baixo, somente seis a alguns anos atrás (AGROFIT, 2021), dificultando o estabelecimento de sistemas eficientes de manejo de plantas daninhas, dada a distribuição geográfica do cultivo da mandioca e a diversidade de plantas daninhas no Brasil (SILVA et al., 2009).

Com a exigência de cultivos agrícolas cada vez mais ambientalmente corretos, e com o advento da agricultura de precisão com gerenciamento localizado de áreas é possível adotar operações com cultivadores-adubadores com ótima eficácia e exatidão no controle das plantas daninhas, com praticamente eliminação total de perdas por corte das plantas da cultura da mandioca.

O projeto de máquinas e o estudo das operações agrícolas, levando em conta a capacidade de campo e a eficiência de trabalho, tem foco em racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na execução dos trabalhos (VIEIRA e BRIZOLLA, 2009). Assim, é apropriado determinar o desempenho das máquinas em operação, observando alguns parâmetros como consumo de combustível, velocidade da operação e largura de trabalho da máquina.

O objetivo desse trabalho foi realizar uma adaptação de um implemento já existente, visando obter maiores rendimento operacional e eficiência energética, bem como garantir boa eficácia no controle de plantas daninhas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos econômicos da cultura da mandioca

A mandioca é parte da cultura sul-mato-grossense, com tanta frequência no aspecto de cultivo agrícola como no alimentar e industrial (OTSUBO et al., 2001), é também uma das principais culturas que garante renda na agricultura familiar, devido a sua exigência agrônômica não ser alta, permite sua cultura em solos menos férteis e arenosos.

Lorenzi e Dias (1993) acreditam que, no Brasil, aproximadamente 50% da produção destina-se à alimentação animal e o restante à alimentação humana. A mandioca tem seu destaque como uma das principais culturas do Brasil, sendo a maior parcela da sua produção destinada à fabricação de farinha de mandioca. O restante divide-se em consumo final e extração de amido (CEREDA e VILPOUX, 2003).

O Brasil em meados de 1970 foi o maior produtor mundial de mandioca, com uma produção de 30 milhões de toneladas, em seguida perdeu a supremacia para a Nigéria e durante os últimos anos cedeu o 2º e o 3º lugar para a Indonésia e a Tailândia (GROXKO, 2020).

A produção mundial de mandioca praticamente não oscila, mas exibe um crescimento contínuo, porém, as maiores taxas ocorreram entre os anos de 2012 e 2016 quando anotou um aumento de aproximadamente 7% e passou de 241,3 para 274,7 milhões de toneladas (GROXKO, 2020).

Nos últimos anos, ocorreu uma diminuição da área ocupada com mandioca no Brasil. Como resultado desse cenário, a oferta também tem sido menor, e, pelo menos por enquanto, é o que também se espera para 2021. Nas áreas de mandioca destinada à indústria, produtores avançaram com a colheita e a comercialização de raízes de 1º ciclo ainda em 2020, reduzindo a disponibilidade do produto em 2021. Segundo colaboradores do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), os reflexos da pandemia de covid-19 na cadeia produtiva da mandioca em 2020 foram transitórios, mas, mesmo assim, o ano ficou marcado pela menor demanda por derivados. Para 2021, tem-se expectativa de uma retomada da economia, o que pode elevar a procura pelos derivados de mandioca e a necessidade de processamento de raízes. Com oferta restrita, deve haver maior disputa pela matéria-prima em 2021 (CEPEA, 2021).

Para o atual ano agrícola, o que se espera é redução nas áreas de mandiocas cultivadas no Brasil, isso é reflexo do atual aumento do valor de produtos agropecuários, principalmente grãos como soja e milho, o que dificulta a expansão da cultura devido à baixa competitividade do preço da mandioca comprado com preço da soja e do milho (CEPEA, 2021).

A estimativa de produção brasileira de raiz de mandioca para o ano de 2020, de acordo com a última atualização do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2020), é de aproximadamente 19 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 1,36 milhão de hectares, representando uma produtividade de 14,75 t ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Existem 2 tipos de mandioca no Brasil, sendo elas a mandioca doce conhecida por aipim ou macaxeira utilizada como alimento in natura, e a mandioca amarga ou mandioca brava, utilizada para fabricação de farinha e polvilho. Em meio a esses dois tipos de mandiocas cultivadas no Brasil, existem várias variedades, devido à adversidade de clima e solos existentes no país.

2.2. Aspectos agronômicos da cultura da mandioca

A mandioca é uma cultura de grande adaptabilidade, cultivada em praticamente todo território brasileiro, é uma das principais culturas geradoras de renda para agricultura familiar, para a implantação da cultura alguns critérios devem ser estabelecidos: realizar uma análise, saber as condições de solo, condições climáticas, a relação e capacidade da máquina necessária para realizar as operações de trabalho, espaçamento, velocidade e largura de trabalho. A concentração dos plantios de mandioca em novas áreas de Mato Grosso do Sul está relacionada com a implantação de agroindústrias do setor, particularmente a de féculas. A mandioca é uma cultura que exige boas práticas de manejo para evitar perdas de solos e impactos no desenvolvimento da cultura, sendo que o preparo de solo, o crescimento inicial lento, o espaçamento, as capinas e a colheita são fatores responsáveis por fazer da mandioca uma das culturas que provocam maiores perdas de solo e água por erosão, devido à exposição do solo (MARGOLIS et al., 1991).

O preparo do solo, dentre outros objetivos, como é uma prática que visa a melhoria das condições físicas do solo, principalmente, pelo aumento da aeração e da

infiltração de água no solo, e pela redução da resistência do solo à penetração das raízes (OTSUBO et al, 2001).

Um dos fatores produtivos que podem afetar a produtividade e sustentabilidade do sistema de produção é a utilização de insumos agrícolas, corretivos e fertilizantes. A análise do solo é uma ferramenta importante no planejamento técnico da cultura, servindo de base para indicações de aplicações corretas de fertilizantes e corretivos (OTSUBO et al, 2001). Dessa forma para o bom desenvolvimento da cultura, a análise do solo é fundamental para a implantação da cultura.

Atualmente com evolução dos métodos aplicados na produção agrícola é possível que o produtor busque formas de produção com menor custo e maior produtividade da cultura. Cultivada nas mais variadas condições climáticas, a mandioca é importante na segurança alimentar por ter alta capacidade de produção em zonas marginais, com pouca fertilidade e distribuição irregular de chuvas (GOMES JÚNIOR, 2018).

A mandioca é considerada uma cultura tolerante à seca, mas a baixa disponibilidade hídrica ainda está entre as restrições abióticas mais significativas para a cultura da mandioca (GOMES JÚNIOR, 2018). A faixa mais adequada de chuva para o bom desenvolvimento da cultura é entre 1.000 e 1.500 mm por ano, de chuvas bem distribuídas. Em regiões tropicais, a mandioca produz em locais com índices pluviométricos de até 4.000 mm por ano, sem estação seca em nenhum período do ano; porém nesse caso, é importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento favorece a podridão de raízes (GOMES e LEAL, 2003).

2.3. Controle de plantas daninhas

Segundo Gomes e Leal (2003) todo produtor tem como objetivo obter maior produtividade, com menor custo possível e uma melhor qualidade do produto. Para atingir essas metas, deve-se empregar os insumos agrícolas da melhor forma possível. O controle de plantas daninhas é uma etapa de produção agrícola muito importante, mas sem os demais não resulta em maiores benefícios.

O controle cultural de plantas daninhas consiste na utilização de boas práticas agrícolas que, se bem manejadas, visam favorecer o desenvolvimento da cultura em meio as plantas daninhas. Essa prática de manejo engloba a rotação de culturas, variação de

espaçamento e população de plantas e cobertura verde, dentre outras direcionadas ao controle por supressão das plantas daninhas (OLIVEIRA e BRIGHENTI, 2018).

O controle físico-mecânico consiste no uso de práticas de eliminação de plantas daninhas através do arranquio manual, a capina manual, a roçada, a inundação, a queima, a cobertura e o cultivo mecanizado (LORENZI, 2017).

O controle biológico, pode ser definido como uma ação de fatores bióticos do ecossistema, regulando a instalação e crescimento de população de plantas daninhas. Uma definição mais específica é a utilização de organismos vivos que sejam concorrentes e que possam matar, controlar o crescimento, expansão populacional e/ou reduzir a capacidade competitiva de uma ou mais espécies de plantas daninhas (PITELLI et al., 2017).

O controle químico, de acordo com Lorenzi (2017), obedece ao princípio de que certos produtos químicos são capazes de matar plantas, e muito mais importante, que muitos deles podem matar apenas alguns tipos de plantas, sem causar danos as outras culturas.

2.4. Cultivador mecânico

Um dos métodos mais antigos de controle de plantas daninhas é a capinação. Com a evolução das tecnologias e o desenvolvimento de máquinas e implementos agrícolas, surgiram os cultivadores mecânicos, reduzindo assim o tempo gasto para realização da operação e custo com mão-de-obra, e dessa forma aumentando o rendimento operacional.

O cultivador é um implemento utilizado tanto para escarificação, destorroamento do solo, incorporação de fertilizantes e principalmente controle de plantas daninhas (Figura 1). Os cultivadores mais comuns de tração mecânica podem ser montados no sistema de três pontos (Figura 2) ou na barra de tração dos tratores.

Os cultivadores-adubadores surgiram com o intuito de diminuir o tempo de serviço, tempo de funcionamento de máquina, número de operações e custos com operações. Com isso possibilitou o cultivo da área e a adubação em uma mesma passada, dispensando assim a necessidade do cultivador mecânico e posteriormente da aplicação de adubo feita pelo distribuidor de fertilizantes. Dessa forma o que necessitaria de duas operações, pode ser realizado em uma operação, reduzindo tempo e custos e maximizando lucros para o produtor.



Fonte: agroads.com.br

FIGURA 1. Cultivador realizando trabalho no campo.



Fonte: agroads.com.br

FIGURA 2. Cultivador-adubador acionado pela TDP do trator.

Segundo Trevisan (2007), a taxa de desgaste dos órgãos ativos aumenta à medida em que se aumenta a velocidade de trabalho, sendo mais crítico na faixa de 10 até 18 km h⁻¹. A textura e o teor de água no solo influenciam na taxa de desgaste dos órgãos ativos, o teor de água em solos argilosos diminui a taxa de desgaste, enquanto em solos arenosos aumenta. O desgaste da extremidade de corte das lâminas consequentemente causa um aumento de força de tração, aumento de consumo de combustível e aumento da profundidade de trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O projeto adaptativo do cultivador-adubador foi realizado no Laboratório de Projeto de Máquinas da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados-MS, no ano de 2020.

Os testes de campo usando o cultivador-adubador adaptado foram realizados na Fazenda Bela Vista, localizada município de Deodápolis-MS, em área de 27,7 ha onde está implantada a cultura de mandioca, variedade IAC-90.

3.2. Implemento original

O implemento original (Figura 3) é um cultivador-adubador pertencente a fazenda Bela Vista, localizada no município de Deodápolis-MS.



Fonte: Autores.

FIGURA 3. Cultivador-adubador original.

O cabeçalho e chassi do implemento é da marca Tatu Marchesan. O implemento original foi submetido a algumas modificações estruturais a fim de se adequar as condições encontradas no sistema produtivo da cultura da mandioca.

3.3. Projeto adaptativo do cultivador

O projeto adaptativo do cultivador-adubador foi dividido em projeto informacional, projeto conceitual e projeto preliminar. Onde, a princípio optou-se por

identificar a problemática do produtor, e a vontade de conhecer e aumentar a capacidade de campo da operação. O desenvolvimento do dispositivo foi realizado buscando possibilitar uma solução completa e personalizada entregue ao produtor.

O processo do projeto foi dividido em três partes principais:

- a) Análise e projeto dos dispositivos do implemento;
- b) Alocação dos componentes;
- c) Teste do implemento modificado em campo.

3.3.1. Projeto informacional

Para projetar a adaptação do implemento, buscou-se clarear a tarefa, levando em consideração os problemas identificados no cultivo da mandioca e propor uma solução viável. Neste trabalho foi analisado a necessidade de algumas modificações no implemento, pelo fato da propriedade ter pouco tempo para realizar todas as operações necessárias, a partir da qual buscou-se uma alternativa viável para modificar o implemento de modo a obter uma resposta satisfatória, em relação à melhoria da capacidade de campo, e buscando ainda uma maior eficiência na principal função do implemento que é a remoção das plantas daninhas da entrelinha da cultura.

Para permitir que a equipe de desenvolvimento do cultivador incorporasse as reais necessidades do cliente no projeto adaptativo usou-se a técnica de desdobramento da função qualidade (QFD). Através desta técnica foi possível descobrir e quantificar as etapas do desenvolvimento do produto, os vários requisitos que vão de encontro às necessidades dos consumidores e, com isso, reduzir os custos e o tempo gasto no seu desenvolvimento.

Na aplicação da ferramenta QFD o primeiro passo foi estabelecer os níveis de relacionamento entre os requisitos de projeto e os requisitos dos clientes, variando de forte, médio e fraco relacionamento entre si, além da correlação entre os requisitos de projeto. Os valores variaram de 1 a 5, onde 1 é fraco relacionamento, e o 5 é forte relacionamento.

Na Figura 4 está a lista de requisito do consumidor e do projetista para o desenvolvimento do cultivador-adubador, obtidos com o uso do QFD aplicados a produtores de mandioca na região de Deodópolis-MS. O requisito de maior importância para o consumidor é o custo do projeto, sendo esse relacionado a aquisição e a durabilidade.

GRAUS DE RELACIONAMENTO "r" NECESSIDADE CONSUMIDOR		Requisitos de projeto						Peso (% da importância)		Valor da importância para o consumidor
X		Consumo de potência	Peças de reposição	Custo	Confiabilidade	Aspecto estético				
REQUISITO DA QUALIDADE										
FORTE RELACIONAMENTO (5)										
MEDIO RELACIONAMENTO (3)										
FRACO RELACIONAMENTO (1)										
NULO RELACIONAMENTO (0)										
Requisito do consumidor	Custo	Aquisição	5	3	1	5	3	41,88	34,7	14,53
		Durável	3	5	5	3	1		34,7	14,53
		Garantia	3	3	3	3	3		30,6	12,82
	Desempenho	Fácil Ajuste	3	3	1	3	1	26,49	35,48	9,40
		Fácil regulação	1	1	1	3	1		22,58	5,98
		Capacidade	3	5	1	3	1		41,93	11,11
	Segurança	Na operação	5	3	1	3	1	31,62	35,13	11,11
		No transporte	3	3	1	3	1		29,72	9,40
		Na manutenção	1	5	3	3	1		35,13	11,11

Fonte: Autores.

FIGURA 4. Lista de requisito do consumidor e do projetista para o desenvolvimento do Cultivador-adubador.

Uma vez clareada a tarefa adequadamente e as pessoas envolvidas estando de acordo de que os requisitos listados podem ser atendidos técnica e economicamente, pôde-se partir para a fase do projeto conceitual.

3.3.2. Projeto conceitual

O implemento submetido a adaptação é um cultivador de mandioca, implemento montado, composto por hastes com ponteiras que facilitam a capina das plantas daninhas da entrelinha e dotada de um sistema de adubação.

Buscou-se, no website da fabricante Tatu Marchesan, o modelo de cultivador que foi submetido a adaptação, mas por ser um implemento muito antigo, não foi possível encontrar dados dele, apenas cultivadores de modelos mais novos, porém similares.

Concepções do projeto

Na concepção do projeto foram levantadas todas as hipóteses sobre o funcionamento e atuação dos órgãos ativos do implemento. A base que foi utilizada para o desenvolvimento do projeto foram:

1) a dimensão do implemento, que por fatores operacionais da propriedade ficou restringido a um projeto de implemento maior que a largura de trabalho da plantadora de mandioca;

2) as ponteiros, foi buscado soluções que melhor se adequassem aos fatores de capinação das plantas daninhas, maior cobertura do adubo e menor dano na cultura.

Concepção 1:

A primeira variável que buscou-se alterar, além da nova dimensão do implemento já determinada, foi a seleção das ponteiros a serem utilizadas e se as ponteiros teriam melhor eficiência se fossem combinadas. A primeira ponteira utilizada buscando obter um melhor desempenho foi a “ponteira alada em meia lua” (Figura 5). Porém, após pré-testes, esse tipo de ponteira não apresentou desempenho satisfatório na função cobertura do adubo, e mesmo combinando ponteiros de maiores dimensões ao centro da entre linha não apresentou um bom desempenho.



Fonte: Autores.

FIGURA 5. Modelo testado e descartado, devido ao funcionamento não atender ao que era esperado para o projeto.

Concepção 2:

A segunda ponteira utilizada foi a tipo “seta” (Figura 6), que era o modelo utilizado para essa operação, porém modificou-se a ponteira do centro da entrelinha, o formato da ponteira ficou o mesmo, variando apenas a dimensão, que foi imposta uma

ponteira com dimensões maiores, trazendo melhores resultados tanto no aumento da eficiência de remoção das plantas daninhas, quanto no maior cobertura de adubo.



Fonte: Autores.

FIGURA 6. Modelo de ponteira utilizada no projeto, devido à eficiência na capinação das plantas daninhas, a uniformidade de solo após cultivo e a alta cobertura do adubo, essa opção foi a que melhor atendeu às exigências operacionais necessárias para a boa prática de cultivo.

Eliminando erros e influências perturbadoras

As correntes do sistema de adubação foram entraves que necessitaram de ajustes, pois em certas ondulações do terreno ocorria o arraste de um dos pneus do implemento, diminuindo assim a taxa de adubo aplicada por hectare, visto que esse fato ocorria por conta do pouco comprimento da mola esticadora de corrente (Figura 7), logo foi substituída a mola, por um de maior comprimento e para ocasionar a mesma pressão sobre as correntes foi necessário realizar a diminuição de 2 elos da corrente, para a mesma ficar ajustável à mola de maior comprimento.



Fonte: Autores.

FIGURA 7. Mola que necessitou ser substituída devido ao arraste dos pneus em terrenos mais ondulados da área.

Outro elemento perturbador foi o par de caixa de adubo utilizadas para o aumento da largura de trabalho do implemento, por não encontrar caixas dos mesmos modelos, foi necessário adaptar um par de caixas que eram tocadas pela TDP do trator, sendo assim ao adaptar para passar as caixas para serem acionadas pela roda do implemento, a taxa de adubo que caía era muito acima do desejado, dessa forma dificultou muito a regulagem. Visando solucionar esse problema, foi proposto inverter as catracas, consequentemente invertendo também as coroas dentro da caixa de adubo, e substituindo as coroas, por coroas mais estreitas, dessa forma, tal substituição permitiu fazer com que as caixas de adubos adaptadas aceitassem regulagem (Figura 8).



Fonte: Autores.

FIGURA 8. Coroa que teve necessidade de locada ao eixo superior.



Fonte: Autores.

FIGURA 9. Solução proposta, que resolveu o problema relacionado a regulagem do adubo.



Fonte: Autores.

FIGURA 10. Modelo de coroa mais estreito foi a que melhor atendeu a demanda de adubação necessária para área em questão.

Foram feitas coletas de informações referentes as dimensões do equipamento e outras variáveis, como: distância entre hastes, modelos de ponteiros, largura de trabalho e regulagem de adubo.

3.3.3. Projeto preliminar

As peças usadas nas adaptações foram peças comerciais fáceis de se encontrar, sendo assim não houve a necessidade de se projetar peças inexistentes no mercado, exceto as hastes que continham as enxadas.

As hastes foram dimensionadas usando procedimentos constantes em Budynas e Nisbeth (2011), Norton (2011) e Collins (2013), para projeto de vigas sob flexão.

No Quadro 1 estão apresentados os parâmetros usados no dimensionamento das hastes do cultivador.

QUADRO 1. Parâmetros adotados na análise de tensão na haste.

Parâmetro	Valor
Hastes do cultivador (b x h)	4 x 5 cm
Área da haste	0,002 m ²
Velocidade máxima	9,62 km h ⁻¹
Profundidade de corte	100 mm
Resistência do material (ANSI 1020)	210 MPa

3.4. Modelagem do desempenho do conjunto trator-cultivador-adubador

A estimativa da demanda de força de tração requerida pelo cultivador-adubador foi determinada pela soma dos esforços necessários para realizar o corte do solo pelas enxadas do cultivador e para vencer a resistência ao rolamento para transportar e acionar os dosadores de adubo do implemento.

A modelagem da demanda de força requerida pelas hastes do cultivador foi feita usando o modelo da norma D497.5 (ASABE, 2006b) e modelo descrito em Ortiz-Cañavate (1989), com os quais foi possível determinar uma curva média, conforme apresentado na Equação 1.

$$R_s = 86,25 \cdot p_f + 77,5 \cdot V - 20 \quad (1)$$

em que,

R_s - resistência do solo ao corte das enxadas do cultivador, N m⁻¹;

p_f - profundidade de corte do solo, cm;

V - velocidade de deslocamento do cultivador, km h⁻¹.

Para vencer a resistência ao rolamento da roda do cultivador-adubador torna-se necessária uma força adicional que deve ser incluída no cálculo da potência requerida para o acionamento do implemento (SOUZA et al., 2017). A resistência ao rolamento foi calculada usando-se o coeficiente de resistência ao rolamento para rodas em solo não movimentado (Equação 2 e 3). O índice de cone foi determinado de acordo com as recomendações da norma S313.3 (ASABE, 2006a).

$$RR_a = W \left(\frac{1,2}{C_n} + 0,04 \right) \quad (2)$$

$$C_n = \left(\frac{I_c b d}{W_a / 2} \right) \quad (3)$$

em que,

RR_a - resistência ao rolamento do cultivador-adubador, kN;

W_a - peso do cultivador-adubador agindo sobre o eixo, kN;

C_n - coeficiente de mobilidade sem deflexão do pneu, adm.;

I_c - índice de cone, kPa;

b - largura da banda de rodagem do pneu, m;

d - diâmetro do pneu, m.

Com a obtenção da força na barra de tração para tracionar e acionar o cultivador-adubador (Equação 4) foi possível conhecer o desempenho do trator dado a condição de solo e de equilíbrio de forças. A carga dinâmica sobre o rodado foi determinada por meio da carga estática e da transferência de peso entre os eixos (Equação 5).

$$F_b = R_s + RR_a \quad (4)$$

$$W_d = W_e + \frac{h_b}{D} F_b \quad (5)$$

em que,

W_e - peso estático sobre o rodado do trator, kN;

h_b - distância entre a barra de tração e a superfície do terreno, m;

W_d - carga dinâmica sobre os rodados do trator, kN;

F_b - força de tração disponível na barra, kN;

D - distância entre eixos, m.

O coeficiente de mobilidade que leva em consideração a interação entre o rodado e o solo foi determinado usando a Equação 6.

$$B_n = \left(\frac{c}{W_d} \right) \left(\frac{h}{1 + 3 \frac{b}{d}} \right) \quad (6)$$

em que,

h - altura da banda de rodagem do pneu, m;

B_n - coeficiente de mobilidade considerando a deflexão do pneu, adm.;

δ - deflexão dos pneus, m.

A resistência ao rolamento imposta pelo solo aos rodados do trator foi determinada usando a Equação 7. A resistência ao rolamento do pneu dianteiro foi calculada omitindo o termo envolvendo a patinação do rodado.

$$R_r = W_d \left[\frac{1}{B_n} + 0,04 + \frac{0,5s}{\sqrt{B_n}} \right] \quad (7)$$

em que,

R_r - resistência ao rolamento dos rodados do trator, kN;

s - patinação do rodado motriz, dec.

A força de tração bruta foi determinada utilizando-se a Equação 8. A eficiência tratória, que é definida como a razão entre a potência na barra de tração (Equação 9) e a potência transmitida aos eixos motrizes (Equação 10), e pode ser determinada conforme Equação 11.

$$F_t = F_b + R_r^{traseiro} + R_r^{dianteiro} \quad (8)$$

$$P_b = \frac{F_b V}{3,6} \quad (9)$$

$$P_{\text{eixo}} = \frac{P_b}{(1-s)} \quad (10)$$

$$\eta_t = \frac{P_b}{P_{\text{eixo}}} \quad (11)$$

em que,

η_t - eficiência tratória, dec.;

P_b - potência de tração disponível na barra, kW;

P_{eixo} - potência disponível na árvore motriz do cubo da roda, kW.

A potência equivalente na tomada de potência do trator foi determinada utilizando-se a Equação 12 e a potência no motor do trator foi determinada utilizando-se a Equação 13.

$$P_{\text{tdp}} = \frac{P_{\text{eixo}}}{\eta_1} \quad (12)$$

$$P_m = \frac{P_{\text{tdp}}}{\eta_2} \quad (13)$$

em que,

P_{tdp} - potência na TDP, kW;

P_{eixo} - potência no eixo dos rodados, kW;

η_1 - eficiência de transmissão mecânica de potência entre o eixo dos rodados e a TDP, dec.;

η_2 - eficiência de transmissão mecânica de potência entre a TDP e o motor, dec.;

P_m - potência no motor do trator, kW.

Uma planilha eletrônica foi desenvolvida para determinar as cargas dinâmicas, os coeficientes de mobilidades, as resistências ao rolamento, a força de tração, as potências e a eficiência tratória do trator em operação de cultivo com o cultivador-adubador.

3.5. Testes de campo com o cultivador-adubador

Nos testes de campo, o cultivador-adubador foi tracionado por um trator 4x2, modelo MF275, com massa de 3.047,91 kg, potência nominal de 56,5 kW no motor e de 47,1 kW na TDP, equipado com rodados de pneus dianteiros de 7.5-16'' e traseiros de 12.4-38'', distância entre eixos de 2,29 m e altura da barra de 0,4 m. A Figura 11 mostra o conjunto sendo ajustado para início de cada teste. Os mecanismos dosadores de adubo do implemento foram regulados para aplicar 192,1 kg de adubo por hectare.



Fonte: Autores.

FIGURA 11. Dispositivo pronto para ser testado em campo.

A área experimental foi dividida em sete talhões, correlacionando velocidade de trabalho com profundidade de capinação. No talhão 1 o conjunto operou em 1ª simples com 1 cm de profundidade; talhão 2 com 1ª simples e 2 cm de profundidade; talhão 3 em 2ª simples e 1 cm de profundidade; talhão 4 em 2º simples e 2 cm de profundidade; talhão 5 em 3º reduzida e 1 cm de profundidade; talhão 6 em 3º reduzida e 2 cm de profundidade; e, talhão 7 sem cultivo e capina.

Foram determinados o tempo de preparo do conjunto máquina-implemento, a patinagem do trator, o arraste da roda acionadora do implemento e sua influência no processo de adubação, a velocidade de trabalho, a capacidade de campo, o rendimento operacional e o consumo de combustível.

Os fatores de desempenho dinâmico do conjunto trator-implemento determinados nos testes foram a capacidade de campo efetiva (Equação 14), a capacidade de campo operacional (Equação 15) e o rendimento de campo (Equação 16).

$$C_{ce} = \frac{w_c \cdot V}{10} \quad (14)$$

$$C = \frac{A}{t_m} \quad (15)$$

$$R_c = 100 \frac{C_{co}}{C_{ce}} \quad (16)$$

em que,

C_{ce} - capacidade de campo efetiva, ha h⁻¹;

w_c - largura efetiva de trabalho do implemento, m;

t_m - tempo de uso do cultivador, h;

A - área cultivada e adubada com uso do implemento, ha;

C_{co} - capacidade de campo operacional, ha h⁻¹;

R_c - rendimento de campo, %.

Os fatores de demanda energética do conjunto trator-implemento determinados nos testes foram o consumo horário (Equação 17), o consumo específico (Equação 18) e o consumo operacional de combustível (Equação 19), e a energiarequerida na operação (Equação 20).

$$C_h = \frac{q}{t_m} \quad (17)$$

$$C_e = \frac{C_h}{P_m} \quad (18)$$

$$C_o = \frac{C_h}{C_{co}} \quad (19)$$

$$E_n = 3,6 \frac{P_m}{C_{ce}} \quad (20)$$

em que,

C_h - consumo horário de combustível, L h⁻¹;

q - volume de combustível consumido no motor do trator, L;

C_e - consumo específico de combustível, L kWh⁻¹;

C_o - consumo operacional de combustível, L ha⁻¹;

E_n - energia requerida na operação, MJ ha⁻¹.

3.6. Altura de planta de mandioca e contagem de plantas daninhas

A área experimental para coleta das plantas daninhas e alturas de plantas foi de 0,5 ha. Para tanto, a altura de planta foi mensurada do solo até seu ápice e, foram identificadas e contadas todas as plantas daninhas presentes em uma armação de 2,0 m², lançada 4 vezes aleatoriamente em cada unidade experimental.

A eficácia do controle de plantas daninhas foi quantificada nas unidades experimentais um dia antes e um dia após o cultivo e a altura das plantas foram quantificadas ao zero, 17, 39 e 63 dias após o cultivo. As plantas daninhas encontradas na área foram:

- *Galinsoga parviflora* Cav. fazendeiro, picão-branco, botão-de-ouro. Família: Asteraceae (Compositae). Planta anual, herbácea, glabra ou levemente pubescentes, ereta, de 20 a 40 cm de altura. Folhas asparsamente pubescentes de 2 a 4 cm de comprimento. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 12. *Galinsoga parviflora* Cav. fazendeiro, picão-branco, botão-de-ouro.

- *Amaranthus deflexus* L. caruru-rasteiro, caruru, bredo. Família: Amaranthaceae. Planta anual, geralmente prostada. Caule glabro, de 30 a 50 cm de comprimento. Folhas glabras ou levemente pubescentes, de 4 a 7 cm de comprimento. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 13. *Amaranthus deflexus* L. caruru-rasteiro, caruru, bredo.

- *Brachiaria decubens* Stapf. capim-braquiária, braquiária. Família: Poaceae (Gramineae). Planta perene, muito entouceirada, ereta de 30 a 100 cm de altura. Folhas densamente pubescentes, de 10 a 20 cm de comprimento. Reprodução por sementes, rizomas e estolões.



Fonte: Autores.

FIGURA 14. *Brachiaria decubens* Stapf. capim-braquiária, braquiária.

- *Polygonum convolvulus* L. cipó-de-veado, enredadeira. Família: Polygonaceae. Planta anual, herácea, trepadeira, encontrada apenas no sul do país. Caules glabros, de 80 a 150 cm de comprimento. Folhas glabras, de 3 a 5 cm de comprimento. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 15. *Polygonum convolvulus* L. cipó-de-veado, enredadeira.

- *Siegesbeckia orientalis* L. botão-de-ouro. Família: Asteraceae (Compositae). Planta anual, ereta, de 40 a 70 cm de altura. Ramos superiores e face inferior das folhas com pubescência glandulosa. Folhas de 6 a 8 cm de comprimento. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 16. *Siegesbeckia orientalis* L. botão-de-ouro.

- *Commelina benghalensis* L. trapoeraba, rabo-de-cachorro, andacá, maria-mole. Família: Commelinaceae. Planta perene, tenra e suculenta, semi-prostada, de 30 – 60 cm de altura. Folhas levemente pubescentes, de 6 a 12 cm de comprimento. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 17. *Commelina benghalensis* L. trapoeraba, rabo-de-cachorro, andacá, maria-mole.

- *Solanum sisymbriifolium* Lam. joá-bravo, arrebenta-cavalo, joá, juá. Família: Solanaceae. Planta anual, herbácea, espinhenta, ereta, de 60 a 120 cm de altura. Folhas pubescentes em ambas as faces, com as nervuras armadas de fortes acúleos. Reprodução por sementes.



Fonte: Autores.

FIGURA 18. *Solanum sisymbriifolium* Lam. joá-bravo, arrebenta-cavalo, joá, juá.

3.7. Análise estatística de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. Os dados foram submetidos à análise de regressão, com os modelos sendo selecionados com base no coeficiente de determinação, da significância do teste t dos coeficientes dos modelos, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Cultivador-adubador adaptado e construído

Na Figura 19 está a vista frontal do implemento, detalhando o tipo de engate e ponteiras selecionadas. A vista lateral, detalhando o princípio de funcionamento do sistema de adubação, está na Figura 20, e o detalhamento do órgão ativo responsável pela aplicação de adubo na Figura 21. As dimensões do implemento adaptado ficaram assim: largura total de 4 m e largura efetiva de trabalho de 3,4 m; largura e altura das enxadas de 4,5 e 5,5 cm, respectivamente, e comprimento das hastes de 95 cm; distância das ponteiras externas locadas na entre linha de 65 cm; massa do cultivador e do adubo de 950 kg; largura do pneu de 0,2 m e diâmetro do pneu do cultivador de 0,8 m; 13 hastes com enxadas de corte; espaçamento entre linhas do adubo de 0,85 m.



Fonte: Autores.

FIGURA 19. Vista frontal do cultivador-adubador adaptado.



Fonte: Autores.

FIGURA 20. Vista lateral do cultivador-adubador adaptado, detalhando o sistema de transmissão para acionar a caixa de adubação.



Fonte: Autores.

FIGURA 21. Detalhamento do órgão ativo responsável pela aplicação de adubo.

No Quadro 2 estão apresentados os dados calculados para o dimensionamento das hastes do cultivador. O fator de segurança obtido para carregamento dinâmico pode ser considerado seguro para a operação (COLLINS, 2013).

QUADRO 2. Resultados do dimensionamento das hastes do cultivador.

Parâmetro	Valor
Força cortante em cada haste	415,3 N
Tensão de cisalhamento máxima	311,5 kPa
Momento fletor	186,9 Nm
Momento de inércia da seção	$2,67 \times 10^{-7} \text{ m}^4$
Tensão normal na flexão	14 MPa
Fator de segurança para carregamento estático	14
Fator de segurança para carregamento dinâmico	3,7

4.2. Análise do desempenho operacional obtido em campo

Na Figura 22 está apresentada a planilha desenvolvida para calcular os parâmetros do desempenho do trator MF275 quando está em operação com o cultivador-adubador. A planilha funciona por meio de processo iterativo (passos) para obter o equilíbrio dinâmico do trator. Em (A) está apresentada a entrada de dados do trator e a característica do solo, enquanto em (B) está mostrado os resultados obtidos após 5 iterações.

O uso de programas de computador (SOUZA et al., 2002) ou planilhas eletrônicas (SOUZA e QUEIROZ, 2005; SANTOS et al., 2006; MACIAK et al., 2018) têm sido usados para auxiliar na determinação de valores de desempenho de máquinas com mais precisão e livres de erros. Além disso, Souza et al. (2020) propôs um método de estimativa da demanda energética de uma semeadora-adubadora de precisão,

demonstrando que os modelos matemáticos atuais fornecem valores que quando analisados por diferença entre sistemas ou manejos são capazes de favorecer a tomada de decisão com segurança.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Determinação da capacidade de tração do trator 4x2, MF275, em operação de cultivo da mandioca													
2														
3	Autores: Leonardo Estevão, Otávio Estevão e Prof. Cristiano Marcio													
4														
5	ENTRADA DE DADOS													
6														
7	Pneu traseiro		Valor	Símbolo										
8	Largura do Pneu (polegadas)		12.4											
9	Aro da roda (pol)		38.0											
10	Largura do Pneu (m)		0.31	b										
11	Diâmetro do pneu indeformado (m)		1.37	d										
12	Altura da seção do pneu (m)		0.200	h										
13	Deflexão do pneu (m)		0.05	delta										
14	Relação Largura / diâmetro		0.23	b/d	(equações válidas para b/d - 0,1 e 0,7)									
15	Relação entre deflexão/ altura das seção		0.25	delta/h	(equações válidas para delta/d - 0,1 e 0,3)									
16	Quantidade de lastro (kN)		0											
17	Pneu dianteiro		Valor	Símbolo										
18	Largura do Pneu (pol)		7.5											
19	Aro da roda (pol)		16.0											
20	Largura do Pneu (m)		0.19	b										
21	Diâmetro do pneu indeformado (m)		0.71	d										
22	Altura da seção do pneu (m)		0.150	h										
23	Deflexão do pneu (m)		0.03	delta										
24	Relação Largura / diâmetro		0.27	b/d	(equações válidas para b/d - 0,1 e 0,7)									
25	Relação entre deflexão/ altura das seção		0.20	delta/h	(equações válidas para delta/d - 0,1 e 0,3)									
26	Quantidade de lastro (kN)		0											
27	Resistência do solo		Valor	Símbolo										
28	Índice de cone do solo (kPa)		950											
29	Dimensões básicas do trator		Valor											
30	Distância entre eixos (m)		2.29	X										
31	Altura da barra (m)		0.4	y										
32	Distribuição de peso sobre eixo traseiro		0.7	a/(a+b)										
33	Peso do trator (kN)		29.9	W										

(A)

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
144	Passo=	5													
145	Fb	V	Wdd	Wdt	Bnd	Bnt	RRd	RRt	Ft	s	Pb	Peixo	Ptdp	P trator	Et
146	(kN)	(km/h)	(kN)	(kN)			(kN)	(kN)	(kN)	(%)	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	(%)
147	2.54	6.07	8.53	21.39	33.13	50.79	0.60	1.32	4.46	2.85	4.28	7.74	8.23	9.88	55.35
148	2.57	6.17	8.53	21.39	33.15	50.78	0.60	1.32	4.49	2.88	4.40	7.91	8.42	10.10	55.58
149	2.54	6.05	8.53	21.39	33.13	50.79	0.60	1.32	4.45	2.85	4.26	7.70	8.20	9.83	55.30
150	2.60	6.28	8.52	21.40	33.17	50.77	0.60	1.32	4.52	2.90	4.53	8.12	8.63	10.36	55.83
151	2.61	5.22	8.52	21.40	33.18	50.76	0.60	1.32	4.53	2.91	3.79	6.77	7.20	8.63	55.95
152	2.69	5.52	8.51	21.41	33.23	50.73	0.60	1.32	4.61	2.98	4.12	7.29	7.75	9.30	56.61
153	2.67	5.46	8.51	21.41	33.22	50.74	0.60	1.32	4.59	2.97	4.06	7.18	7.64	9.17	56.48
154	2.76	5.78	8.49	21.43	33.28	50.70	0.60	1.33	4.68	3.04	4.42	7.74	8.24	9.88	57.15
155	3.13	8.29	8.43	21.49	33.53	50.55	0.59	1.34	5.05	3.36	7.20	12.04	12.81	15.37	59.82
156	3.01	7.83	8.45	21.47	33.45	50.60	0.59	1.33	4.93	3.26	6.54	11.09	11.79	14.15	58.99
157	2.91	7.48	8.47	21.45	33.38	50.64	0.59	1.33	4.84	3.18	6.06	10.38	11.04	13.25	58.33

(B)

FIGURA 22. Planilha eletrônica de cálculo do desempenho do trator nos testes de campo.

Na Figura 23 pode-se observar o cultivador-adubador em operação de cultivo da mandioca. O deslizamento médio das rodas do cultivador foi de 1,74%, equivalendo a uma redução de 3,4 kg de adubo por hectare, que é considerado aceitável.

No Quadro 3 está apresentada a análise de variância e médias das velocidades, capacidades de campo efetiva e operacional, rendimento de campo, e da resistência do solo ao corte das enxadas, obtidas nas profundidades de corte do solo e da marcha usada para obter velocidades de trabalho do conjunto trator-cultivador-adubador. Houve efeito significativo da marcha sobre a velocidade, capacidades de campo,

rendimento e resistência do ao corte, no entanto somente a resistência do ao corte foi influenciada pela profundidade de corte.



Fonte: Autores.

FIGURA 23. Cultivador-adubador adaptado em operação na área de cultivo.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância e médias das velocidades (V , km h^{-1}), capacidades de campo efetiva (CC_e , ha h^{-1}) e operacional (CC_o , ha h^{-1}), rendimento de campo (R_c , %), e da patinação dos rodados traseiros do trator (s , %), obtidas nas profundidades de corte do solo e velocidades de trabalho do conjunto trator-cultivador-adubador.

Fator de variação	GL	Quadrados médios				
		V	CC_e	R_c	CC_o	s
Marcha (M)	2	45,788*	5,293*	1111,1*	6,488*	2,406*
Profundidade (P_f)	1	0,0546 ^{ns}	0,0063 ^{ns}	1,325 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,467*
M x P_f	2	1,5558*	0,1798	37,756	0,276	0,089*
Resíduo	18	0,0734	0,008	1,7813	0,014	0,004
CV (%)		4,5	4,4987	1,691	7,030	2,13
Profundidades de corte		Médias				
1 cm		5,97 a	2,03 a	78,69 a	1,64 a	2,84 b
2 cm		6,07 a	2,06 a	79,16 a	1,71 a	3,12 a
Marcha usada no trator						
3ª reduzida		3,74 c	1,27 c	67,7 c	0,86 c	2,45 c
1ª simples		5,82 b	1,98 b	77,9 b	1,54 b	2,92 b
2ª simples		8,51 a	2,89 a	91,2 a	2,64 a	3,55 a

GL – graus de liberdade. ** $p < 0,05$. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

Houve aumento linear da capacidade de campo efetiva com o incremento da velocidade, enquanto a capacidade de campo operacional teve tendência quadrática. Observa-se que com o aumento da velocidade houve diminuição entre as duas capacidades (Figura 24), resultado do aumento do rendimento de campo com a velocidade (Figura 25), com efeito significativo da marcha sobre a velocidade, capacidades de

campo, rendimento e resistência do solo ao corte, no entanto somente a resistência ao corte foi influenciada pela profundidade de cultivo.

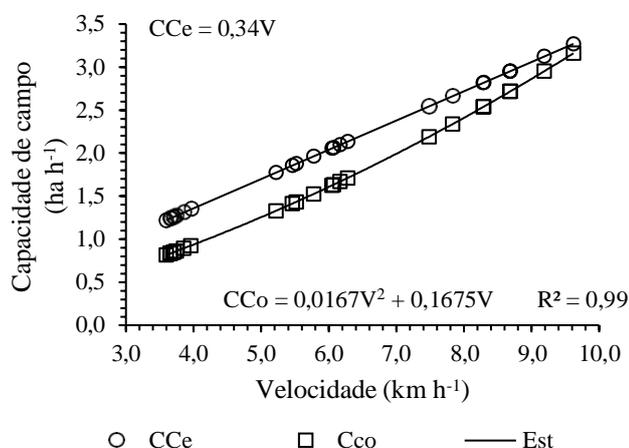


FIGURA 24. Capacidades de campo efetiva e operacional do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho.

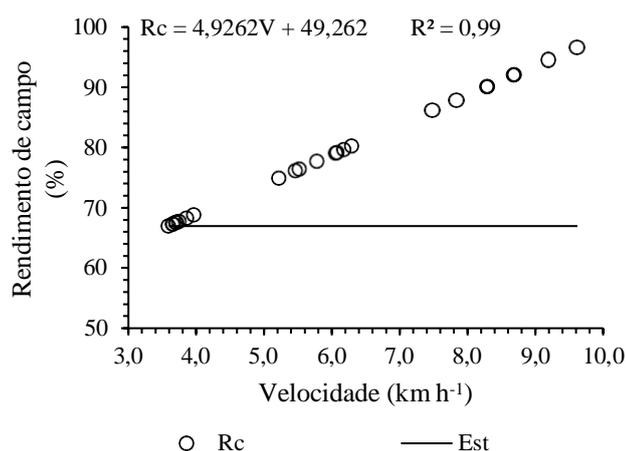


FIGURA 25. Rendimento de campo do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho.

As profundidades até 2 cm utilizadas durante a operação de cultivo não tiveram influência significativa sobre a capacidade de campo e que para velocidades mais altas obteve os melhores resultados em relação à capacidade de campo. A velocidade de trabalho e rendimento de campo são grandezas diretamente proporcionais, e conforme aumentou-se a velocidade, conseqüentemente aumentou-se o rendimento de campo.

A profundidade de trabalho teve influência direta sobre a patinação das rodas traseiras do trator, e que para velocidades de 8,6 e 9,3 km h⁻¹ obteve-se a máxima patinação, para 1 e 2 cm de profundidade de corte, respectivamente (Figura 26). As

máximas patinagens foram de 3,3 e 3,8% obtidos nas duas profundidades, considerando um trator sem necessidade de lastro por se tratar de um implemento leve.

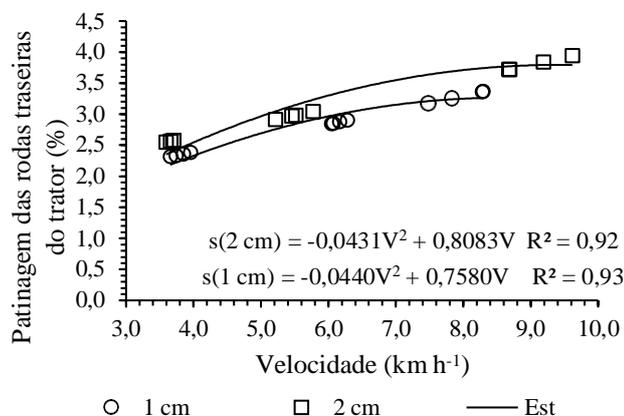


FIGURA 26. Patinação das rodas motoras do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades.

Observou-se que a profundidade de trabalho influenciou diretamente a força e a potência na barra de tração, e que a velocidade de trabalho e a força na barra de tração são grandezas diretamente proporcionais e conforme aumentou-se a velocidade, conseqüentemente aumentou a potência na barra de tração (Quadro 4). Os valores da eficiência tratória e da potência no motor foram influenciados pela velocidade e profundidade de corte.

QUADRO 4. Resumo da análise de variância e médias da força (F_b , kN) e da potência na barra de tração (P_b , kW), eficiência tratória (η_t , dec.) e potência no motor do trator (P_m , kW) nas profundidades de corte e velocidades de trabalho.

Fator de variação	GL	Quadrados médios			
		F_b	P_b	η_t	P_m
Marcha (M)	2	18811,4*	404708,1*	0,0213*	251,22*
Profundidade (P)	1	3598,9*	20315,2*	0,0036*	7,4713*
M x P	2	639,31*	23231,4*	0,0003*	12,753*
Resíduo	18	30,158	966,98	0,00002	0,5438
CV (%)		2,72	8,47	0,86	7,0
Profundidades (cm)		Médias			
1		193,48 b	337,75 b	0,546 b	9,96 b
2		217,97 a	395,94 a	0,571 a	11,08 a
Velocidade do trator (km h ⁻¹)					
3,74		159,4 c	165,39 c	0,51 c	5,41 c
5,82		201,6 b	325,63 b	0,56 b	9,64 b
8,51		256,1 a	609,52 a	0,61 a	16,51 a

GL – graus de liberdade. * $p < 0,05$. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

A profundidade de corte influenciou diretamente a potência na barra de tração, e que a velocidade de trabalho e a potência na barra de tração são grandezas diretamente proporcionais e conforme aumentou-se a velocidade, conseqüentemente aumentou a potência na barra de tração (Figura 27 e 28), conforme verificado também por Souza et al. (2020).

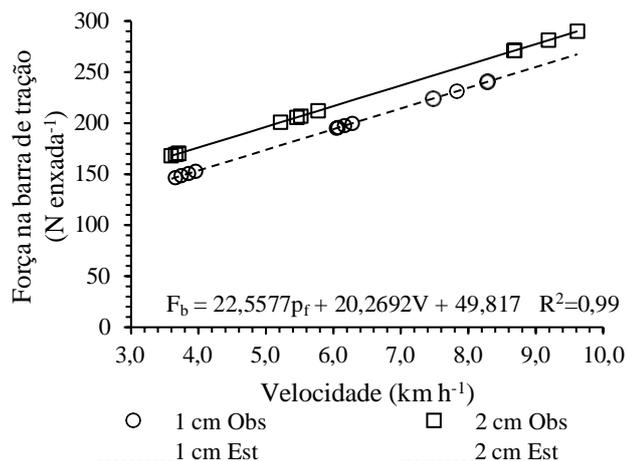


FIGURA 27. Força exigida na barra de tração durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

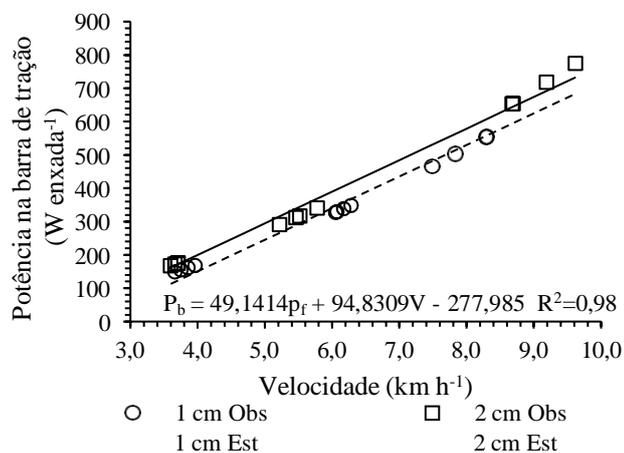


FIGURA 28. Potência exigida na barra de tração durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

A profundidade de trabalho e a velocidade de operação do cultivador-adubador tem influência diretamente na potência demanda no motor, com seus valores aumentando com o incremento da velocidade. A maior potência demandada no motor foi de 19,4 kW, que representa 34,3% da potência nominal do trator (Figura 29).

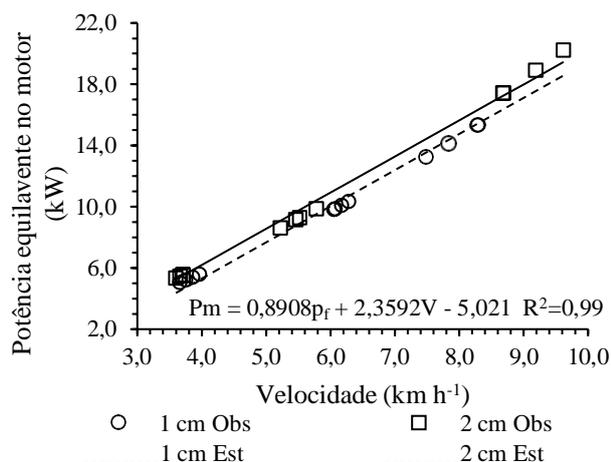


FIGURA 29. Potência equivalente no motor do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

A eficiência tratória aumenta linearmente com o aumento da profundidade de corte e da velocidade de trabalho (Figura 30). A maior eficiência tratória foi de 0,65 obtida nas maiores velocidade e profundidade testadas. Essa eficiência tratória está próximo àquela esperada pela Asabe (2006b), que é de 0,67 para solo preparado ou 0,55 para solo solto ou arenoso.

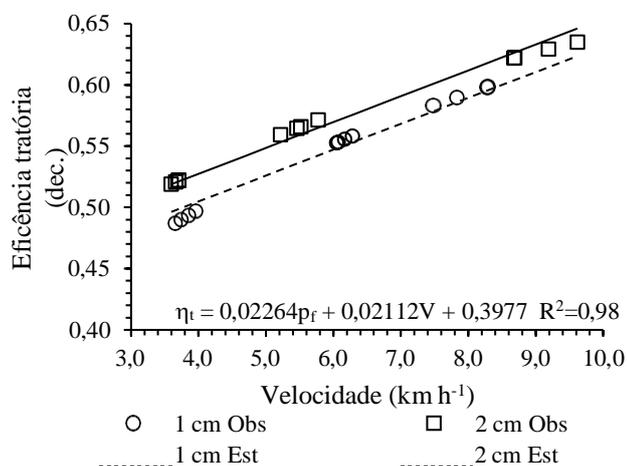


FIGURA 30. Eficiência tratória do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

Houve efeito da velocidade de operação e da profundidade de corte sobre os consumos horário e operacional, e a energia requerida, enquanto o consumo específico de combustível não foi influenciado pela profundidade (Quadro 4).

QUADRO 4. Resumo da análise de variância e médias dos dados dos consumos horário (C_h , $L h^{-1}$), específico (C_e , $L kWh^{-1}$) e operacional de combustível (C_o , $L ha^{-1}$), e a energia requerida (E_n , $MJ ha^{-1}$) nas profundidades de corte do solo e velocidades de trabalho.

Fator de variação	GL	Quadrados médios			
		C_h	C_e	C_o	E_n
Marcha (M)	2	12,605*	0,1708*	0,0004*	52,719*
Profundidade (P)	1	0,3748*	0,0005 ^{ns}	0,0550*	10,157*
M x P	2	0,6399*	0,0015*	0,0003*	1,8637*
Resíduo	18	0,0272	0,0001	$0,6 \times 10^{-6}$	0,0862
CV (%)		7,0	4,4	0,06	1,6
Profundidades (cm)		Médias			
1		2,23 b	0,277 a	1,354 b	17,13 b
2		2,48 a	0,268 a	1,450 a	18,43 a
Velocidade do trator ($km h^{-1}$)					
3,74		1,21 c	0,431 a	1,411 a	15,34 c
5,82		2,16 b	0,243 b	1,403 b	17,55 b
8,51		3,70 a	0,144 c	1,395 c	20,46 a

GL – graus de liberdade. ** $p < 0,05$. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

O consumo horário e a energia demandada na operação de cultivo da mandioca tiveram tendência de aumentar linearmente com a velocidade (Figura 31 e 32), enquanto o consumo específico e operacional de combustível reduziram seus valores com a velocidade (Figura 33 e 34).

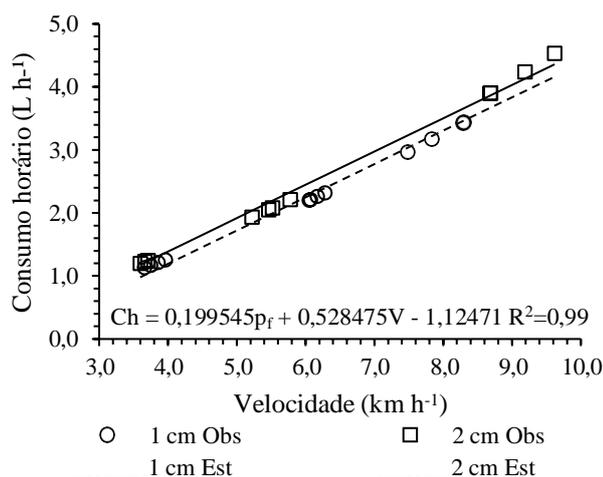


FIGURA 31. Consumo horário do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

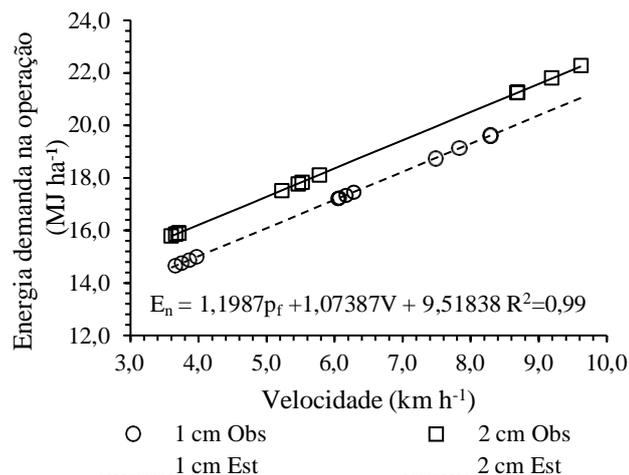


FIGURA 32. Energia demanda na operação pelo conjunto trator-cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

Para o modelo de consumo específico a profundidade não foi significativa, sendo assim desconsiderada na equação, e que a velocidade de trabalho e a consumo específico são grandezas inversamente proporcionais e conforme aumentou-se a velocidade, conseqüentemente diminui-se o consumo específico, com mínimo obtido a 9,3 km h⁻¹ (Figura 33).

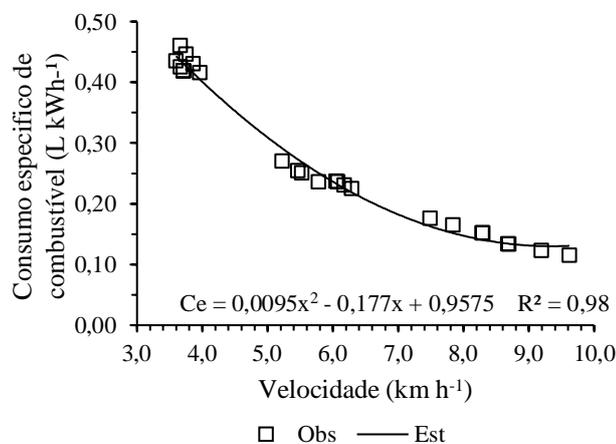


FIGURA 33. Consumo específico de combustível do motor do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

Com o consumo operacional observou-se diminuição dos seus valores com o aumento da velocidade de deslocamento do conjunto e aumento com a profundidade de corte do solo (Figura 34).

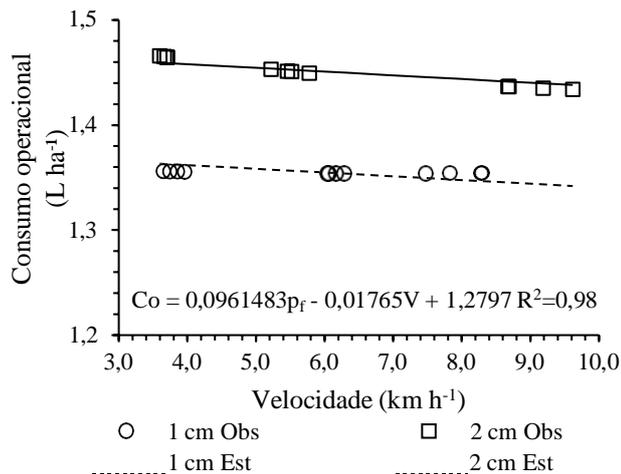


FIGURA 34. Consumo operacional do trator durante arraste do cultivador-adubador em função da velocidade de trabalho, para as duas profundidades de corte.

4.3. Altura de plantas de mandioca e controle de plantas daninhas

Houve efeito significativo da velocidade e do número de dias após o cultivo sobre a altura de plantas, enquanto esta não foi influenciada pela profundidade de corte (Quadro 5).

A velocidade de trabalho e a profundidade de corte influenciou a altura de plantas de mandioca medida nos dias seguintes aos cultivos (Figura 35), obtendo-se para uma velocidade ótima de 6,5 km h⁻¹ o máximo desenvolvimento das plantas.

Observa-se que existe uma velocidade de trabalho ótima para se obter uma máxima eficácia de controle de plantas daninhas, em cada profundidade de cultivo do solo (Figura 36). Na menor profundidade, a máxima eficácia de controle (96,6%) é verificada na velocidade de 6,2 km h⁻¹, enquanto na maior profundidade, a foi a velocidade de 5,6 km h⁻¹ a proporcionar a máxima eficácia (95,1%). A partir desses valores de velocidade a tendência foi de diminuição da eficácia de controle de plantas daninhas.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (m) de mandioca, nas profundidades de corte do solo, velocidades de trabalho do trator e número de dias após o cultivo.

Fator de variação	GL	Quadrados médios
Época de amostragem (E)	3	22420,94*
Erro (A)	12	145,786
Velocidade (V)	2	334,30*
Profundidade (P)	1	15,232
V x P	2	67,832
E x V	6	38,218
E x P	3	11,442
E x P x V	6	41,381
Resíduo	60	91,51
CV (%)		17,4
Profundidades de corte		
1 cm		55,47 a
2 cm		55,67 a
Velocidades (km h ⁻¹)		
3,74		52,04 b
5,82		58,47 a
8,51		54,69 ab
Dias após o cultivo		
0		19,44 d
17		43,37 c
39		66,98 b
63		90,48 a

GL – graus de liberdade. ** p<0,05. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

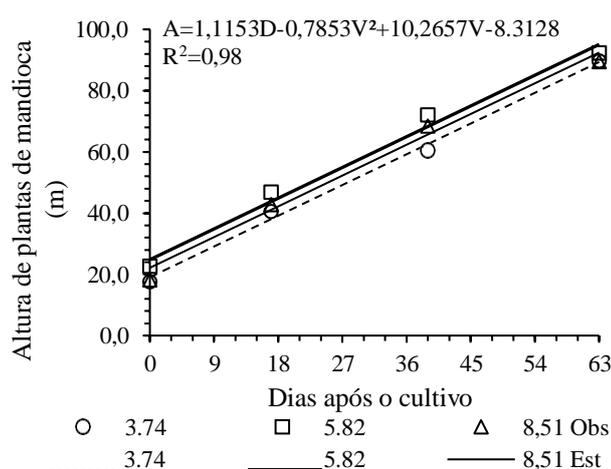


FIGURA 35. Altura de plantas de mandioca (A) em função dos dias após o cultivo (D) com cultivador-adubador, para as três velocidades médias de trabalho.

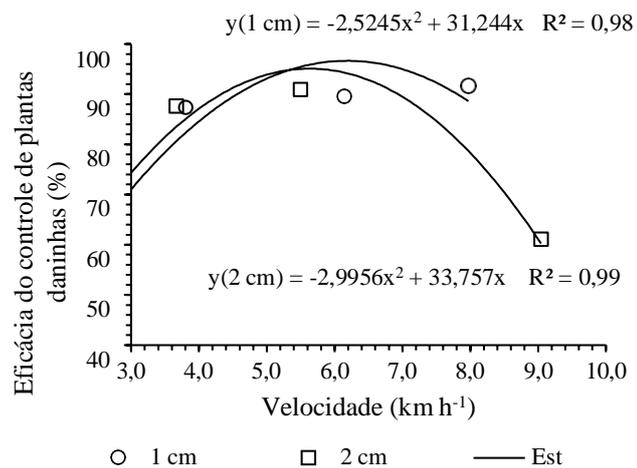


FIGURA 36. Eficácia do controle de plantas daninhas em função velocidades médias de trabalho do cultivador-adubador, para as duas profundidades de corte.

5. CONCLUSÕES

O cultivador-adubador adaptado foi projetado e construído com sucesso, suprimindo a necessidade de duplicar a capacidade de trabalho no cultivo da mandioca, em área com significativa incidência de plantas daninhas.

O trator apresentou ótimo desempenho operacional e energético na operação com o uso do cultivador-adubador de mandioca nas velocidades de trabalho entre 8,6 e 9,3 km h⁻¹.

A variedade de mandioca cultivada se destacou pelo bom desenvolvimento das plantas obtido quando a operação de cultivo foi realizada com 6,5 km h⁻¹ com o implemento adaptado, independentemente da profundidade de corte do solo.

As velocidades de operação entre 5,6 e 6,2 km h⁻¹ permite ótima eficácia no controle de plantas daninhas na cultura da mandioca, superiores a 95%, independentemente da profundidade de corte do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. **ASAE S313.3 Standard**. St. Joseph: ASABE, p.903-904, 2006a.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Agricultural machinery management data. **ASAE D497.5 Standard**. St. Joseph: ASABE, p.391-398, 2006b.

BIFFE, D.F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR., R.S.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; CAVALIERI, S.D. Período de interferência de plantas daninhas em mandioca (*Manihot esculenta*) no noroeste do Paraná. **Planta Daninha**, v.28, p.471-478, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000300003>.

BUDYNAS, R.G.; NISBETT, J. K. **Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica**. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2011. 1084p.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, **Mandioca/CEPEA: com menor oferta, disputa pela raiz deve aumentar em 2021**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/mandioca-cepea-com-menor-oferta-disputa-pela-raiz-deve-aumentar-em-2021.aspx>>.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. Farinhas e derivados. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p.577-620.

COLLINS, J.A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção de falha**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 740p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Mandioca. Análise mensal**. Fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br> > item > download>. Acesso em: 12 fev. 2021.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Protegendo a mandioca, uma cultura negligenciada, de pragas e doenças**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca7117en/CA7117EN.pdf>>. Acesso em 10 mai. 2021.

GOMES, J. de C; LEAL, E.C. **Cultivo da mandioca para região dos tabuleiros costeiros, Embrapa mandioca e fruticultura**. Janeiro de 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_tabcosteiros/plantasdaninhas.htm> Acesso em: 10 mai. 2021.

GOMES JUNIOR, F. de. A. **Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, épocas de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico**. 2018. 86p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Recôncavo da

Bahia, Cruz das Almas, 2018. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/francisco_de_assis_gomes_junior.pdf>.

GUIMARÃES, D.G.; AMARAL, C.L.F.; VIANA, A.E.S.; PÚBLIO JÚNIOR, E.; SANTOS, V. da S.; LOPES, S.C.; FOGAÇA, J.J.N.L. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de mandioca cultivados em solos de baixa fertilidade natural. **Cultura Agrônômica**, v.28, p.280-298, 2019. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n3p280-298>.

GROXKO, M. **Mandioca: análise da conjuntura**. 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/Mandioca%202020.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2021.

JOHANNIS, O.; CONTIERO, R.L. Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da mandioca. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, p.326-331, 2006.

KANG, L.; LIANG, Q.Y.; JIANG, Q.; YAO, Y.H.; DONG, M.M.; HE, B.; GU, M.H. Seleção de diversos genótipos de mandioca com base na eficiência e produtividade de absorção de nitrogênio. **Journal of Integrative Agriculture**, v.19, p.965-974, 2020. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62746-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62746-2).

LATIF, S.; MÜLLER, J. Potential of cassava leaves in human nutrition: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v.44, p.147-158, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.006>.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 7.ed. São Paulo: IPSIS, 2017. 379p.

LORENZI, J.O.; DIAS, C.A.C. **Cultura da mandioca**. Campinas: CATI, 1993. 41p. (Boletim Técnico nº 211).

MACIAK, P.A.G.; ARCOVERDE, S.N.S.; SOUZA, C.M.A. de; PEREIRA, C.G.; SILVESTRE, E.F. Teste de software e modelo para prever a capacidade tráfego no enleiramento de palhço da cana-de-açúcar. In: Convibra: Agronomia, 2018. **Anais do Convibra Agronomia**, 2018. v.1. p.1-17.

MARGOLIS, E.; GALINDO, I.C. de L.; MELLO NETO, A.V. de. Comportamento de sistemas de cultivo da mandioca em relação à produção e às perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.357-362, 1991.

MUNYAHALI, W.; PYPERS, P.; SWENNEN, R.; WALANGULULU, J.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Responses of cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu, Democratic Republic of Congo. **Field Crops Research**, v.214, p.194-201, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.018>.

NORTON, R.L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 1027p.

OLIVEIRA, M. F. de.; BRIGHENTI, A. M. **Controle de plantas daninhas: métodos físicos, mecânicos, cultural, biológico e aleopatia**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 196p.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNÁNZ, J.L. **Tecnica de la mecanizacion agraria**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 654p.

OTSUBO, A.A.; BITENCOURT, P.H.F.; PEZARICO, C.R. **Mandioca de mesa: aspectos de produção, comercialização e consumo em Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 36p. (Documento nº 36).

PITELLI, R.A.; NACHTIGAL, G.F.; PITELLI, R.L.C. **Controle biológico de plantas daninhas**, 2017. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/13%20-%20Leitura%20Controle%20biologico%202017.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2021.

SANTOS, F.L.; FERNANDES, H.C.; RINALDI, P.C.N. Desenvolvimento de uma planilha eletrônica para a determinação da potência disponível na barra de tração de tratores agrícolas. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.2, 122-130, 2006.

SILVA, D.V.; SANTOS, J.B.; SILVEIRA, H.M.; CARVALHO, F.P.; CASTRO NETO, M.D.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; CECON, P.R. Tolerância de cultivares de mandioca aos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butyl. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.3, p.219-231, 2011.

SILVA, D.V.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; FRANÇA, A.C.; SEDIYAMA, T. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v.30, p.901-910, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000400025>.

SILVA, F.M.L.; ABREU, M.L.; BRACHTVOGEL, E. L.; CURCELLI, F.; GIMENES, M. J.; LARA, A. C. C. Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.3, n.2, p.61-72, 2009.

SOUZA, C.M.A. de; RAFULL, L.Z.L.; QUEIROZ, D.M. RONDÓN, P.P. Simulación del rendimiento de tractores agrícolas de ruedas. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, Habana, v.11, n.2, p.41-47, 2002.

SOUZA, C.M.A. de.; QUEIROZ, D.M; PINTO, F.A.C. **Engenharia de Sistemas Agrícolas**. 2017. 169p.

SOUZA, C.M.A. de; BOTTEGA, E.L.; RAFULL, LEIDY Z.L.; ARCOVERDE, SÁLVIO N.S. Estimativa da demanda energética de uma semeadora-adubadora de precisão em semeadura direta da soja. **Energia na Agricultura**, v.35, p.484-492, 2020.

SOUZA, C.M.A. de; QUEIROZ, D.M. de. Tração: força bem distribuída. **Cultivar Máquinas**, v.3, n.38, p.6-10, 2005.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. Paranavaí: Indemil, 2001. 88p.

TREVISAN, C. **Desgastes de órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas de preparo de solo: avaliação bibliográfica**. 2007. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. Disponível em:

<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-09112007-101834/publico/DissertacaoClaudemirTrevisan.pdf>> Acesso em: 10 mai. 2021.

VIEIRA, E.P.; BRIZOLLA, M.M. **A influência da mecanização da atividade agrícola na composição do custo de produção.** Disponível em: <http://www.furb.br/congressocont/_files/CCG%20152.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.