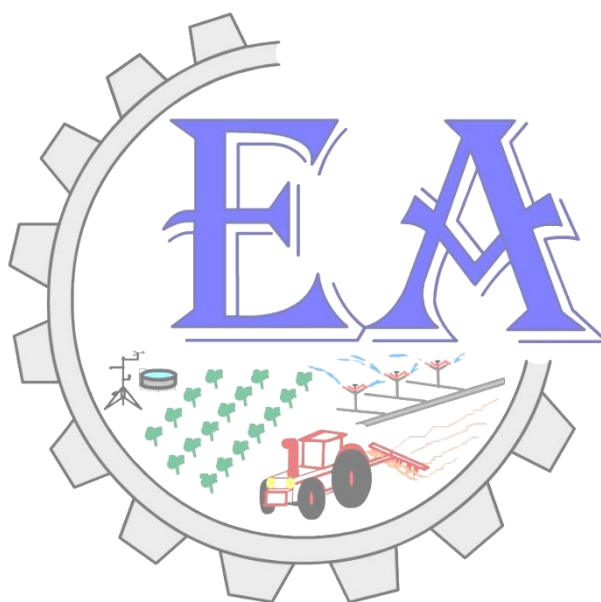




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Vitor Dias Boson Silva

**DESEMPENHO DE UM CONJUNTO MOTOCULTIVADOR E
ENXADA ROTATIVA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
COMBUSTÍVEIS**



JUAZEIRO/BA

2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Vitor Dias Boson Silva

**DESEMPENHO DE UM CONJUNTO MOTOCULTIVADOR E
ENXADA ROTATIVA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
COMBUSTÍVEIS**

Trabalho apresentado à
Universidade Federal do Vale do
São Francisco – UNIVASF,
Campus Juazeiro – BA, como
requisito para obtenção do título de
Mestre.

Orientador: Prof. D. Sc. Daniel
Mariano Leite
Co-orientador: Prof. D. Sc.
Humberto Santiago

**JUAZEIRO – BA
2018**

	Silva, Vitor Dias Boson.
S586d	Desempenho de um conjunto motocultivador e enxada rotativa em função de diferentes combustíveis / Vitor Dias Boson Silva. -- Juazeiro, 2018.
	xi, 60 f. : il. ; 29 cm.
	Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2018.
	Orientador: Prof. Dr. Daniel Mariano Leite.
	Referências.
	1. Mecanização agrícola. I. Título. II. Leite, Daniel Mariano . III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 631.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Vitor Dias Boson Silva

**“DESEMPENHO DE UM CONJUNTO MOTOCULTIVADOR E ENXADA
ROTATIVA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES COMBUSTÍVEIS”**

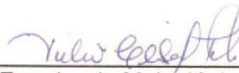
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



Daniel Mariano Leite, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CPGEA



Marconi Ribeiro Furtado Júnior, Prof. D.Sc.
UFV/DEA



Júlio César Ferreira de Melo Júnior, Prof. D.Sc.
UNIVASF/CEAGRO

Juazeiro-BA, 27 de Março de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Senhor nosso Deus, por ter me proporcionado inúmeras oportunidades de aprendizado na vida;

A toda minha família, principalmente meus pais Walter e Célia, por todo amor, apoio e ensinamentos durante a realização dos meus projetos de vida;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF e à CAPES, por terem me proporcionado a oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional dentro da minha área;

Ao meu orientador, Professor D. Sc. Daniel Mariano Leite, por toda orientação durante a minha formação no mestrado e pela parceria na realização dos experimentos no laboratório, disposto a ensinar e ajudar da melhor forma possível, proporcionando cada vez mais o aprendizado na área de mecanização agrícola;

Aos meus colegas de pesquisa, Gilmara Granja, Edmo Henrique e Jeysa Naylle, por todo apoio durante as realizações dos experimentos e no desenvolvimento da pesquisa, e pelos momentos de descontração pré e pós experimentos;

A todos os funcionários do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, em especial a Carolina Torres, aos professores do curso de Engenharia Agrônômica da UNIVASF, em especial ao professor Neiton Machado e o professor Júlio Melo, por todo suporte durante a pós-graduação, e aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola do curso de Engenharia Agrônômica, em especial dona Neide, por toda logística durante a realização do curso;

Aos professores Humberto e Marconi, por disponibilizarem seu tempo para avaliarem e contribuírem com a pesquisa desenvolvida;

A todos que colaboraram com o desenvolvimento do meu trabalho, direta e indiretamente, os meus sinceros agradecimentos.

SILVA, V. D. B. **Desempenho de um conjunto motocultivador e enxada rotativa em função de diferentes combustíveis**. 2018. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

RESUMO

Na agricultura familiar é comum observar a substituição da tração humana e animal pelo uso de equipamentos autopropelidos, em razão de otimizar as operações de preparo do solo e reduzir o esforço físico do produtor e otimizando as operações de manejo do solo, principalmente na oleicultura. Objetivou-se com a realização deste trabalho, avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto mecanizado, em função dos dois sentidos de giro das facas, de quatro profundidades de operação (1", 3", 5" e 7") e três combustíveis distintos (gasolina comum, gasolina aditivada e mistura de gasolina e etanol anidro na proporção de 80/20). Foi utilizado de um trator de rabiças equipado com um conjunto de enxadas rotativas, denominado de motocultivador. O experimento foi realizado na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, campus Ciências Agrárias, na área experimental pertencente ao colegiado de engenharia agrônômica. Foi utilizado o delineamento em blocos causalizados – DBC, em esquema fatorial de 2x4x3, com quatro repetições em cada tratamento. Avaliou-se a capacidade operacional teórica, capacidade de campo efetiva, velocidade de deslocamento, patinagem e consumo horário e específico de combustível, bem como os parâmetros físicos do solo. Os dados foram submetidos ao teste de Tuckey a nível de 1, 5 e 10% de significância. Foi observado que, para as facas girando no sentido reverso, houve redução na velocidade de deslocamento, capacidade de campo efetiva e aumento da patinagem à medida que aumentou-se a profundidade de operação, independente do tipo de combustível utilizado. Nesses tratamentos, não foi estatisticamente diferente o consumo horário de combustível à medida que aumentou-se a profundidade de operação. No entanto, o consumo de combustível por hectare aumentou à medida que aumentou-se a profundidade de operação, aumentando, também o custo operacional. Para as facas girando no sentido normal, observou-se que a velocidade e a capacidade de campo efetiva elevaram-se à medida que aumentou-se a profundidade de operação, enquanto que a patinagem foi reduzida, chegando a obter valores negativos de tal parâmetro. O consumo horário de combustível para esses tratamentos diferiu estatisticamente a nível de 5% de significância, elevando-se à medida que aumentou-se a profundidade de operação. Dessa forma, o custo operacional também aumentou proporcionalmente à profundidade de operação. Para todos os tratamentos foi verificado que a utilização da gasolina comum foi a que proporcionou maior custo operacional por hectare.

Palavras -chave: Agricultura familiar, microtrator, enxada rotativa.

SILVA, V. D. B. **Performance of a cultivators and Rotary spindle as a function os different fuels.** 2018. 60f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

ABSTRACT

In family agriculture it is common to observe the substitution of human and animal traction by the use of self-propelled equipment, minimizing the physical effort of the producer and optimizing the operations of soil management, mainly in the olive-growing. The objective of this work was to evaluate the operational and energy performance of the mechanized assembly, according to the two directions of turning of the knives, of four operating depths (1 ", 3", 5 "and 7") and three fuels (common gasoline, gasoline additive and gasoline and anhydrous ethanol mixture in the proportion of 80/20). It was used of a rabbit tractor equipped with a set of rotating hoes, denominated of motorcultivador. The experiment was carried out at the Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, in the experimental area belonging to the collegiate of agronomic engineering. It was used the delineation in causalized blocks - DBC, in a factorial scheme of 4x3x2, with four replications in each treatment. Theoretical operational capacity, effective field capacity, speed of movement, skating and hourly and specific fuel consumption, as well as the physical parameters of the soil were evaluated. Data were submitted to the Tuckey test at the level of 1, 5 and 10% significance. It was observed that, for the knives turning in the reverse direction, there was reduction in the speed of displacement, effective field capacity and increase of the skating as the depth of operation was increased, regardless of the type of fuel used. In these treatments, hourly fuel consumption was not statistically different as the operating depth was increased. However, the fuel consumption per hectare increased as the operating depth increased, also increasing the operating cost. For knives turning in the normal direction, it was observed that the displacement velocity effective field capacity increased as the operating depth increased, while skating was reduced, reaching negative values of such parameter. The hourly fuel consumption for these treatments differed statistically at a 5% level of significance, increasing as the operating depth increased. In this way, the operating cost also increased proportionally to the operating depth. For all treatments it was verified that the use of the common gasoline was the one that provided the highest operating cost per hectare.

Keywords: Family farming, microtractor, rotary spade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração de uma enxada rotativa.....	18
Figura 2 – Princípio de funcionamento da enxada rotativa.....	19
Figura 3 – Área experimental utilizada no experimento.....	24
Figura 4 – Motocultivador utilizado no experimento.	27
Figura 5 – Orifício confeccionado para posicionamento do fototacômetro.	28
Figura 6 – Esquema da montagem da proveta no sistema de alimentação do motor.	31
Figura 7 – Determinação do perfil superior do solo mobilizado utilizando o software AutoCad 2015.	33
Figura 8 – Resistência à penetração da área experimental em 4 profundidades.	38
Figura 9 – Velocidade de deslocamento ($m.s^{-1}$) para o rotoencanteirador operando com as facas girando no sentido reverso.	42
Figura 10 – Velocidade de deslocamento ($m.s^{-1}$) para o rotoencanteirador operando com as facas girando no sentido normal.	42
Figura 11 – Custo operacional por hectare ($R\$.ha^{-1}$) para o equipamento operando com os três tipos de combustíveis e as facas girando no sentido reverso.	53
Figura 12 – Custo operacional por hectare ($R\$.ha^{-1}$) para o equipamento operando com os três tipos de combustíveis e as facas girando no sentido normal.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações técnicas do motocultivador.....	26
Tabela 2 – Especificações técnicas do motor utilizado no motocultivador.....	27
Tabela 3 – Composição da gasolina comum produzida pela Petrobrás.	29
Tabela 4 – Composição química da gasolina Grid produzida pela Petrobrás.....	29
Tabela 5 – Classificação textural e densidade do solo da área experimental.....	37
Tabela 6 – Profundidade real obtida (cm) para o equipamento operando em função dos fatores avaliados.	39
Tabela 7 – Velocidades médias ($m.s^{-1}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.	41
Tabela 8 – Deslizamento dos rodados (%) para o equipamento em função dos fatores avaliados.	44
Tabela 9 – Capacidade de campo efetiva ($h.ha^{-1}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.	47
Tabela 10 – Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.	49
Tabela 11 – Consumo de combustível por volume de solo mobilizado ($g.m^{-3}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.	51
Tabela 12 – Consumo de combustível por hectare ($L.ha^{-1}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA	13
2.2. MANEJO DO SOLO.....	14
2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	15
2.3. MICROTRATOR E MOTOCULTIVADOR	17
2.4. ENXADA ROTATIVA	18
2.5. DESEMPENHO DAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS	19
2.6. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL.....	21
2.6.1. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO	25
3.2.1. DENSIDADE DO SOLO.....	25
3.2.2. RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO.....	25
3.2.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	25
3.3. MAQUINARIA AGRÍCOLA.....	26
3.4. PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS.....	27
3.5. ROTAÇÃO DO MOTOR.....	28
3.6. COMBUSTÍVEL UTILIZADO NO EXPERIMENTO	29
3.7. PARÂMETROS OPERACIONAIS DE OBTENÇÃO INDIRETA	30
3.7.1. VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO.....	30
3.7.2. DESLIZAMENTO DOS RODADOS	30
3.7.3. CONSUMO HORÁRIO DE COMBUSTÍVEL.....	31
3.7.4. VOLUME DE SOLO MOBILIZADO.....	32

3.7.5. CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL.....	34
3.7.6. CAPACIDADE OPERACIONAL.....	34
3.9. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	37
4.2. PERFIL MOBILIZADO DO SOLO	38
4.3. DESEMPENHO OPERACIONAL.....	41
4.3.1. VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO.....	41
4.3.2. DESLIZAMENTO DOS RODADOS	44
4.3.3. CAPACIDADE OPERACIONAL.....	46
4.4. DESEMPENHO ENERGÉTICO	48
4.4.1. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	48
4.4.2. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR HECTARE	51
5. CONCLUSÃO	55
6. REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da agricultura familiar na região do vale do São Francisco, produzindo, principalmente, hortaliças e vegetais, é possível observar uma crescente substituição da tração humana ou animal nas operações agrícolas pela mecanizada, otimizando as atividades no campo, reduzindo o custo operacional e, também, proporcionando maior conforto ao trabalhador do campo.

Nesse contexto, os microtratores se encaixam bem nesses tipos de operações, uma vez que são equipamentos projetados para operarem em pequenas áreas, possuírem manutenção mais simples e menor custo de aquisição. No entanto, são limitados quanto a potência, e, ainda que em menor proporção, exigem esforço físico de operação, fazendo com que os implementos a ele acoplados operem em pequenas e médias profundidades.

Os microtratores, ou trator de rabiças, podem vir com barra de tração e tomada de potência, semelhante à um trator agrícola, permitindo que o produtor realize desde o preparo periódico do solo, como a utilização de arados e enxadas rotativas, até a etapa de colheita, no qual o microtrator utiliza uma carreta agrícola, necessário para transporte da produção. Quando o microtrator vem equipado com enxadas rotativas como órgão ativo, este é denominado de motocultivador.

Esses equipamentos são dotados de um motor de combustão interna, do ciclo OTTO ou DIESEL, monocilíndrico com até 22,07 kW (30 cv) de potência no motor. Geralmente são equipados com rodados de pequenas dimensões, o que, aliado ao pequeno raio de rolamento, pequena região de contato pneu/solo e lastro, proporciona menor interação pneu/solo, acarretando em maiores níveis de patinagens e menor aproveitamento energético.

No entanto, motores de combustão interna ainda possuem baixo rendimento, entre 25 e 35%. Dessa forma, é possível utilizar combustíveis que possuam aditivos químicos em suas formulações visando reduzir as forças resistivas no movimento do pistão, bem como elevar a octanagem e, conseqüentemente, o índice antidetonante-IAD, possibilitando que o motor opere em maiores taxas de compressão, gerando, assim, maior potência no eixo.

A gasolina utilizada nos motores de combustão interna é uma mistura de diversos compostos químicos que podem sofrer alterações de acordo com o fabricante, causando, assim, uma incerteza na potência gerada no motor. Dessa forma, a octanagem e o poder calorífico inferior não é constante, reduzindo o desempenho dos motores, uma vez estes operam em pequenas taxas de compressão. O etanol possui elevada octanagem, garantindo elevada propriedade antidetonante, fazendo com que o motor opere sobre médias taxas de compressão, gerando, assim maior torque e potência do motor.

Os ensaios das máquinas agrícolas permitem que os produtores detenham informações importantes a respeito da melhor configuração operacional e do desempenho energético, de forma a otimizar a utilização do equipamento. No entanto, tais estudos ainda são escassos em relação aos microtratores e rotoencanteiradores. Dessa forma, a execução deste trabalho visa gerar informações importantes aos pequenos produtores, de forma a extrair a máxima potência do conjunto mecanizado.

Portanto, objetivou-se, com a realização desse trabalho, determinar o desempenho operacional e energético de um motocultivador com 0,45 m de largura de trabalho e pneus com 16" de diâmetro, utilizando motor 4 tempos a gasolina com 5,22 kW (7,1 cv) de potência nominal, operando com três diferentes combustíveis, visando obter informações necessárias para produtores rurais.

Especificamente, objetivou:

- Avaliar os atributos físicos do solo;
- Avaliar o desempenho operacional (velocidade de deslocamento, patinagem, profundidade de operação, capacidade operacional teórica e capacidade de campo efetiva) e energético (consumo horário de combustível e consumo de combustível por volume de solo mobilizado) da máquina em função dos dois sentidos de giro das facas e das quatro profundidades de operação; e
- O custo operacional por hectare em função dos dois sentidos de giro das facas e das quatro profundidades de operação em relação ao consumo horário de combustível.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA

Em razão do aumento da demanda de alimentos no mundo, a mecanização agrícola representa fator determinante para competitividade em termos de custo, qualidade e demanda, sendo considerado por muitos como fator de produção mais importante, ficando atrás apenas da posse da terra (PELOIA e MILAN, 2010). O aumento da produção acarretou maior utilização da mecanização em campo com maiores demandas de insumos energéticos nas operações de campo (MONTANHA et al., 2011).

A mecanização aborda a aplicação de ferramentas, máquinas e implementos agrícolas, e potência mecânica (humana, animal ou motomecanizada). A mecanização é fundamental na maximização da produção agrícola, pois está presente em todas as etapas do processo produtivo, desde o manejo do solo até a colheita da lavoura. A elevação da atividade mecanizada acarreta em redução das atividades manuais desde as atividades mais simples mas necessita de mão de obra qualificada (ARAÚJO, 2013).

A produção de tratores e implementos agrícolas no Brasil se deu a partir do fim da década de 50, com a instituição do Plano Nacional da Indústria de Tratores de Rodas, iniciando a comercialização em 1960. Antes disso e até o ano de 1961, a importação e comercialização de máquinas e implementos eram predominantes no país (NETO, 1985). Essa modernização do campo contribuiu para a redução significativa da carga física submetida ao trabalhador rural, elevando consideravelmente a produção agrícola local (ARAÚJO, 2013).

Segundo a Norma Regulamentadora 12 (Ministério do Trabalho e Emprego, 2011), o trator agrícola é uma máquina autopropelida de médio a grande porte, com capacidade para arrastar ou puxar implementos agrícolas. Para a Agência Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (2015), os tratores podem ser classificados em leves (até 36,04 kW), médios (entre 36,78 e 72,81 kW) e pesados (acima de 73,55 kW).

2.2. MANEJO DO SOLO

O manejo do solo representa um conjunto de práticas e métodos que objetivam a manutenção das características físicas, químicas e biológicas do solo, de modo a oferecer condições ideais para o desenvolvimento das plantas. É considerada uma das mais importantes operações no campo, pois o manejo incorreto gera elevada degradação do solo, compactação de camadas superficiais e erosão, impedindo o desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2010).

Os sistemas de preparo do solo podem ser divididos em convencional, plantio direto e cultivo mínimo. O sistema convencional consiste basicamente de duas etapas, no qual a primeira, ou o preparo primário, se dá pela inversão da leiva do solo em camadas de 0,15 a 0,20 m de profundidade, geralmente utilizando arados de discos ou de aivecas, e a segunda consiste no destorroamento e nivelamento do solo, que foi gerado pela aração (DERPSCH, 1991). Esse tipo de preparo objetiva incorporar restos de traços culturais, fertilizantes e corretivos, bem como elevar a porosidade, a permeabilidade e a aeração do solo, promovendo o desenvolvimento das plantas e raízes (BRAUNAK & DEXTER, 1989).

No entanto, segundo Seguy et al. (1984), esse sistema de manejo promove pulverização excessiva do solo, aumentando a erosão e lixiviação dos nutrientes, pois a inversão da leiva altera a agregação de partículas de argila, principal responsável pela retenção dos nutrientes das plantas. Esse sistema tende a formar uma zona compactada em camadas inferiores as profundidades de aração, conhecida como “*pé de grade*”, impedindo o desenvolvimento radicular e a infiltração de águas e nutrientes (CAMARGO, 1983).

O sistema de plantio direto consiste em semear sobre a palhada, mobilizando o solo apenas na linha de semeadura, abrindo um pequeno sulco para deposição das sementes. A manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo promove aumento na retenção de água e maior proteção contra agentes externos, como a chuva, por exemplo, bem como promove alterações nas propriedades do solo, resultando no aumento na fertilidade e produtividade do solo devido à melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas promovidas pela decomposição lenta e gradual da palhada (LEANDRO, 2006).

Carvalho et al. (2004), avaliando a produtividade do milho sobre o plantio direto e o plantio convencional, verificou que o sistema de plantio convencional promoveu maior massa da espiga sem palhada, maior número de grãos e maior produtividade, obtendo valores de 4,15 tonha⁻¹ para o sistema em plantio direto e 4,83 ton.ha⁻¹ para o sistema convencional.

O sistema de cultivo mínimo consiste na redução no número de operações do sistema convencional, substituindo os processos de aração e gradagem pela escarificação do solo, com palhada ou não. Segundo Rydberg (1990), esses sistemas de preparo do solo contribuem para a redução na perda de água e melhora nas propriedades físicas, tais como resistência a penetração e densidade, promovendo melhoria no desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Gabriel Filho et al. (2000), avaliando a cultura da mandioca sob o sistema convencional e o sistema de cultivo mínimo, observaram que este tipo de manejo além de promover maior produtividade, 10,95 tonha⁻¹ para o cultivo mínimo e 9,15 tonha⁻¹ para o sistema convencional, reduziu a força requerida de arranquio em cerca de 5,25%.

Carvalho Filho (2007), avaliando a mobilização do solo em diferentes sistemas de cultivo, observou que o arado e o escarificador conseguiram alcançar camadas mais profundas do solo, enquanto que a enxada rotativa e a grade aradora atingiram menores profundidades de operação. O autor justifica que no caso das enxadas rotativas, os elementos ativos encontram-se fixados juntos a um mesmo eixo, dificultando a sua penetração no solo.

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

A rugosidade superficial do solo, também conhecido por microrrelevo, faz referência ao enrugamento da superfície do solo gerada pela diferença de alturas na sua superfície em pontos equidistantes, ocasionada pelas microelevações e microdepressões distribuídas ao longo do seu perfil (ARAÚJO, 2013). Este microrrelevo é dependente da intensidade do preparo do solo, do teor de água, do tipo

do solo, e do manejo, tipo e quantidade do resíduo vegetal sobre o solo (PANACHUKI et al, 2011).

A rugosidade superficial e a cobertura vegetal encontrada no solo são responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo, representando dois parâmetros importantes na prevenção da erosão da superfície. Isso se deve ao fato de que a rugosidade retém e armazena, a partir da infiltração, grande parte das águas das chuvas, diminuindo, conseqüentemente, o volume e a velocidade do escoamento da água, enquanto que a cobertura vegetal diminui o impacto direto das gotas de chuva no solo por meio da dissipação da sua energia cinética ao se chocar com a superfície vegetal (ALMARRAS et al. 1967).

O manejo do solo é considerado como fator de maior potencial para variação da rugosidade do solo. A utilização do preparo convencional, com intensa utilização de grades pulveriza o solo, desagregando consideravelmente as camadas superficiais, contribuindo para menor rugosidade. No entanto, práticas conservacionistas como o cultivo mínimo, que combina a utilização de escarificador e grade e pouca mobilização do solo, contribuem para elevadas microdepressões e microelevações, resultando em menor erosão hídrica (ALMEIDA et al., 2008).

Para Cogo (1981), as práticas convencionais ainda proporcionam maior rugosidade ao solo do que as técnicas de semeadura direta. Entretanto, como o solo está muito mobilizado (pulverizado), as irregularidades do solo tendem a diminuir rapidamente com a ação das chuvas.

Segundo Oliveira et al. (2012), a redução da rugosidade do solo por práticas convencionais de manejo do solo geram, juntamente com a erosão do solo, a redução dos nutrientes, dos reservatórios de água, da fertilidade química, física e biológica, gerando redução da produtividade a longo prazo. Ainda em seu estudo, comprovaram que a técnica de plantio direto promove a redução da erosão hídrica, no entanto, a atuação dessa prática não garante a manutenção dos nutrientes e das perdas de água do solo.

Panachuki et al. (2010), avaliando a rugosidade da superfície do solo gerada a partir da semeadura direta, preparo convencional e cultivo mínimo com diferentes doses de cobertura de soja, verificaram que a área que passou por cultivo mínimo possui maiores índices de rugosidade, atingindo valores em torno de 17,45 mm, enquanto que a semeadura direta gerou índices ao redor de 5,41 mm. Concluíram,

ainda, que a região com sistema de manejo sob cultivo mínimo se mostrou mais resistente à ação das chuvas devido à formação de torrões de solo gerados na escarificação que não foram quebrados pela ação da gradagem, conforme Almeida et al. (2008).

2.3. MICROTRATOR

Na agricultura familiar é possível observar uma crescente substituição da tração animal pelo uso de microtratores como forma de otimização das atividades do campo, reduzindo o tempo e o custo de produção, além de contribuir significativamente para redução do esforço físico demandado (RODRIGUES et al., 2006). Segundo Embrapa (2015), os microtratores são máquinas agrícolas voltadas para produção de pequeno porte, voltados para o manejo e conservação do solo, proporcionando maior conforto durante as operações no campo.

Segundo Machado et al. (2010), os microtratores de duas rodas são denominados de motocultivadores, mas também são conhecidos como mula mecânica, devido a existência de um par de rabiças para operação do conjunto, no qual o operador anda atrás, simulando os implementos de tração animal.

Esses implementos versáteis são ideais para a agricultura familiar, pois permitem a utilização de vários implementos, como carreta agrícola, enxadas rotativas e arados, por exemplo, baixo custo de aquisição e manutenção, redução dos esforços físicos, aumento da capacidade operacional e, também, solução do problema de escassez de mão de obra (ARAUJO, 2013).

No entanto, devido ao seu pequeno porte e o tamanho reduzido dos seus rodados, o seu desempenho de tração é limitado, tendo os seus implementos de tamanho compatível e operando em pequenas profundidades (SURESH; VARSHNEY, 2005).

Os motocultivadores são constituídos por um eixo com duas rodas, podendo ou não possuir um diferencial central, montados sob um motor de combustão interna de 4 tempos, geralmente do ciclo diesel. Esses equipamentos possuem potência entre

3,68 e 19,86 kW (5 e 27 cv) e diferentes velocidades para frente e para trás (SCHLOSSER, 2001).

2.4. ENXADA ROTATIVA

As enxadas rotativas são máquinas agrícolas muito utilizadas em manejos de culturas perenes, visando a eliminação de plantas daninhas ou preparando o solo para horticultura, forma de cultivo muito encontrado na agricultura familiar. Geralmente as facas das enxadas são construídas em forma de L, pois exigem menor demanda de tração e potência de acionamento, gerando boa desagregação do solo e incorporação de restos culturais (BALASTREIRE, 1990). A Figura 1 detalha os componentes de uma enxada rotativa.

As enxadas rotativas dos tratores agrícolas são acionadas pela tomada de potência (TDP), cujo mecanismo de acionamento é a rápida rotação das lâminas, cortando o solo em fatias que serão projetadas para a parte traseira da máquina para que possam ser fragmentadas em porções menores. Geralmente, esses implementos são dotados de placas de impacto metálicas, podendo, ou não, possuir regulagens de desagregação do solo.

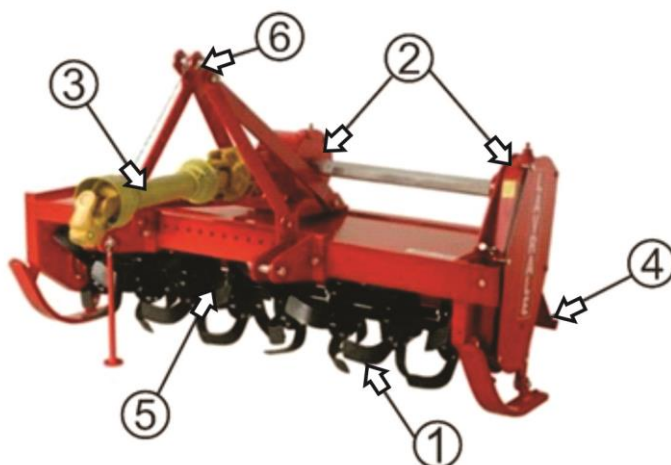


Figura 1 – Ilustração de uma enxada rotativa. (1: Facas; 2: Sistema de transmissão; 3: Eixo Cardã; 4: Placa de impacto; 5: Eixo; 6: Torre de acoplamento). Fonte: Adaptado de [http://www.lavrle.com.br/produtos/15/Enxada-Rotativa-Super-Forte-\(RSF\)](http://www.lavrle.com.br/produtos/15/Enxada-Rotativa-Super-Forte-(RSF))

Esses equipamentos podem ser utilizados para substituir o sistema convencional de plantio, onde têm-se operações de aração e gradagem do solo, desagregando o solo e incorporando restos culturais, fertilizantes e corretivos, conforme Figura 2. No entanto, deve-se regular corretamente a profundidade de operação, rotação das enxadas e distância entre as facas de modo a minimizar a pulverização do solo. Embora seja um equipamento muito versátil, é desaconselhado sua utilização em áreas com declividade elevada, pois a inclinação do terreno pode favorecer os processos erosivos devido a estrutura dos agregados (GUNKE et al., 1996).

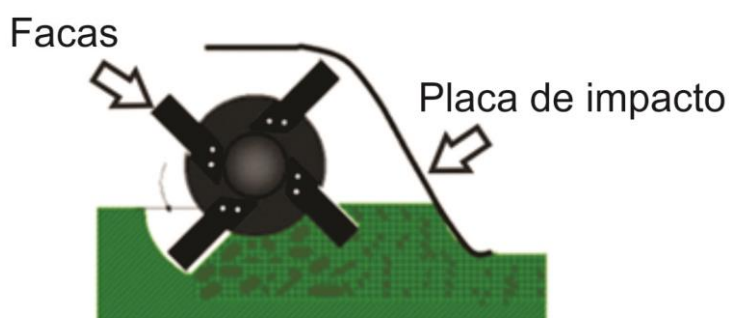


Figura 2 – Princípio de funcionamento da enxada rotativa. Fonte: Autor

As enxadas rotativas, segundo Mantovani (1987), proporcionam o menor consumo de combustível nas operações agrícolas, obtendo valores de $3,7 \text{ kWhha}^{-1}$, representando uma redução no consumo específico de combustível em cerca de 88% em relação às operação com arado de discos e de aproximadamente 66% em relação às operações de gradagem convencionais em solos com baixa resistência à penetração. Isso porque as operações com enxadas promovem menores esforços na barra de tração, elevando, assim, o desempenho energético e operacional do conjunto mecanizado.

2.5. DESEMPENHO DAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS

O aproveitamento da energia mecânica fornecida pelo conjunto motopropulsor do trator em forma de capacidade de tração depende dos fatores operacionais, das

condições do solo e do implemento, dentre outros (ASAE, 1996). A utilização correta dos parâmetros definidos pelo fabricante, como a pressão de inflação dos rodados, garante máxima eficiência de tração.

A modelagem do desempenho dos tratores agrícolas é muito importante e alvo de inúmeros estudos, pois permite ao fabricante e aos proprietários de propriedades rurais, prever a configuração do conjunto mecanizado que garantirá o melhor desempenho do trator, reduzindo a perda de potência por patinação e otimizando a força de tração, reduzindo, assim o consumo de combustível.

A norma ASAE D497.4 (2003) estabelece padrões para as perdas de transmissão de potência do conjunto motopropulsor para a barra de tração e a tomada de potência (TDP) em função do atrito entre os componentes mecânicos, padronizando a máxima eficiência na barra de tração quando o trator está operando sobre piso de concreto. Ela considera que as perdas devido à embreagem, sistema de transmissão, diferencial, redução final e os rodados representam de 19 a 25% da potência total produzida pelo motor neste tipo de piso. Dessa maneira, a eficiência da potencia produzida nos diversos tipos de solos são dadas em relação a essa condição pré-estabelecida.

Outro fator muito importante para garantia da eficiência operacional do trator é a patinagem, ou deslizamento dos rodados, que está relacionada com a capacidade de tração e o consumo de combustível. Segundo Leite (2015), o deslizamento dos rodados, também conhecida como patinagem, representa o deslizamento da banda de rodagem dos pneus sobre o solo, sendo definido como a razão entre o deslocamento proveniente da rotação dos rodados e a sua respectiva distância percorrida.

Segundo a ASAE S290.5 (1989), para garantir a máxima capacidade de tração, a patinagem deve ficar entre 8 e 10% para solos com pouca mobilização, 11 e 13% para solos revolvidos e entre 14 e 16% em solos arenosos. Entretanto, diversos estudos mostraram valores distintos de deslizamento dos rodados que geraram máxima eficiência de tração.

Para Brixius (1987), a patinagem deve manter-se entre 5 e 20 % para garantir a máxima eficiência de tração, pois com patinagens abaixo de 5% indica que há um grande sobrepeso dos rodados, necessitando de maior potência para vencer a

resistência ao rolamento, e acima de 20% a potência é perdida pelo próprio consumo da patinagem.

A patinagem garante a capacidade trativa do trator, no entanto, em excesso gera não só desgaste prematuro da banda de rodagem, mas também perda de potência e elevação do consumo específico de combustível. Para controlar isso, a utilização de lastro correto nos eixos dianteiro e traseiro, bem como utilização da pressão de inflação correta (ou seja, recomendada pelo fabricante) reduzem a patinagem e elevação a eficiência da operação (JESUINO, 2007).

As características do tipo de solo e construtivas dos pneus influenciam diretamente no deslizamento das rodas. Monteiro et al. (2013) verificaram que, independente do tipo de pneu e do nível de lastro, a patinagem para o trator operando em solo mobilizado é maior do que quando o trator está sob solo firme.

Leite et al. (2015), utilizando um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar e dois tipos de pneus, radiais e diagonais, verificaram que a pressão de inflação dos rodados pneumáticos e a velocidade de deslocamento não influenciam na patinagem quando utilizou-se pneus radiais nos rodados dianteiro e traseiro, enquanto que a patinagem utilizando pneus diagonais é fortemente influenciada por esses dois parâmetros. Segundo o autor, a maior rigidez dos pneus radiais faz com que haja uma deformação lateral destes à medida que varia – se a pressão interna, não alterando, assim, o raio de rolamento.

2.6. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

O consumo de combustível representa um dos maiores custos nas operações agrícolas, no qual esse parâmetro é fortemente influenciado por diversos fatores, tais como condição do conjunto trator-implemento, tipo de solo, capacidade operacional, número de operações agrícolas e perdas na transmissão de potência do motor até o conjunto propulsor.

O consumo horário de combustível, segundo Mialhe (1996), representa o volume de combustível consumido por unidade de tempo (Lh^{-1}) para realizar determinada operação. Nesse caso, esse parâmetro expresso de tal forma

desconsidera a influência da temperatura e a potência desenvolvida pelo conjunto mecanizado. Ele também pode ser apresentado como unidade de massa consumida por unidade de tempo (kg h^{-1}), no que, embora leve em consideração a influência da temperatura, desconsidera a potência disponível na barra de tração.

O consumo específico de combustível passa a levar em consideração a potência disponível na barra de tração, podendo ser expressada em função da massa consumida por unidade de potência (kg kWh^{-1}) ou ainda por unidade de área trabalhada ($\text{kg kWh}^{-1} \text{ha}^{-1}$). Nesse caso, é possível observar a eficiência da conversão da energia fornecida pelo combustível, no qual quanto maior for esse parâmetro, menos eficiente é o equipamento (LOPES et al., 2003). Márquez (2012), afirma que este parâmetro não é linear em função da demanda de tração, no qual sofre influencia direta da patinagem, pressão de inflação dos rodados e características construtivas dos pneus, por exemplo.

Segundo Cordeiro (2000), este é um forte indicador de desempenho da máquina que pode ser controlado de modo a otimizar o consumo. O autor constatou na sua pesquisa que a forma construtiva do pneu tem influencia significativa em tal parâmetro, no qual o conjunto mecanizado apresentou menor consumo de combustível quando equipado com pneus radiais em relação aos diagonais e mistos.

2.6.1. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores de combustão interna – MCI utilizam combustíveis compostos basicamente por carbono, hidrogênio e oxigênio, denominados de hidrocarbonetos. Esses combustíveis podem ser oriundos de fontes minerais, como os derivados do petróleo (gasolina, diesel e gás natural veicular – GNV), vegetais, como o etanol e o metanol e reciclados, como o gás metano, produzido a partir da decomposição de matéria orgânica.

Atualmente, é possível notar que cresce a necessidade da substituição dos combustíveis minerais por fontes alternativas, uma vez que as reservas desses combustíveis tendem a diminuir. Dessa forma, cada vez mais são realizados estudos

e pesquisas a respeito da utilização de misturas de combustíveis renováveis com fósseis (HUANG et al., 2006).

A qualidade dos combustíveis é função da sua composição química, no qual cada combustível possui propriedades específicas, que variam entre os fabricantes. No entanto, segundo Owen e Coley (1995), tal parâmetro não é levado em consideração no projeto do motor, uma vez que, comparado aos demais parâmetros levados em consideração no projeto do motor, como lubrificantes e materiais, por exemplo, o aumento na sua qualidade promove incremento insignificante na eficiência do motor.

Nos MCI por centelha, o número de octanagem do motor, ou número de octanas, está relacionado com a característica anti-detonação do combustível, no qual quanto maior a octanagem, maior a resistência à detonação, permitindo que o motor opere sobre maiores taxas de compressão, gerando, assim, maior potência. No entanto, a utilização de combustível com maior número de octanas não implica necessariamente em maior geração de potência no motor (ALBAHRI et al., 2006). Entretanto, a utilização de combustível com menor número de octanas em um motor projetado para operar com combustível de maior octanagem, irá gerar menor potência e danos ao motor (MARTINS, 2006).

A gasolina é uma mistura de mais de cem compostos químicos diferentes em sua mistura, que podem variar o número de octanas a depender do fabricante. No Brasil, a gasolina comum é uma mistura de gasolina pura – tipo A com etanol anidro em uma proporção que varia em torno de 75/25, sendo assim caracterizada como gasolina comum (ANFAVEA, 2011). Essa adição de etanol na gasolina proporciona maior octanagem ao combustível, permitindo que o motor opere em maiores taxas de compressão.

Cooney et al. (2009), realizando um teste de resistência à detonação com gasolina comum e uma mistura de combustíveis com 84% de etanol, verificou que a taxa de compressão foi aumentada de 8:1 para a gasolina comum para 16:1 para a mistura. Verificou, também, que à medida que eleva-se a proporção de etanol na mistura, a duração da combustão é menor, resultando em maior potência gerada no motor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma área pertencente ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias, localizada no município de Petrolina – PE, a $09^{\circ} 19' 16''$ S e $40^{\circ} 33' 43''$ O, com altitude de 373 m. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico Típico, utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006).



Figura 3 – Área experimental utilizada no experimento.

3.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

3.2.1. DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, segundo metodologia proposta por EMBRAPA (2011), extraídas na faixa de 0,00 a 0,20 m de profundidade, com 10 repetições estratificadas a cada 0,10 m.

3.2.2. RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO

A resistência à penetração do solo foi determinada utilizando-se o penetrômetro de Impacto a partir da superfície do solo até a profundidade de 0 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m, 0,10 a 0,15 m e 0,15 a 0,20 m, segundo a metodologia descrita em Stolf (1991). Foram coletadas os valores de resistência à penetração em 15 pontos ao longo da área experimental.

3.2.3. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Foram coletadas amostras deformadas do solo para determinação da classe textural segundo o método da peneira e pipeta conforme EMBRAPA (2011).

3.2.4. UMIDADE DO SOLO

A determinação da umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico em profundidades de 0 a 0,05 m, 0,05 a 0,10 m, 0,10 a 0,15 m e 0,15 a 0,20 m de

modo aleatório na área. O valor da umidade do solo é dada de acordo com a Equação 1.

$$U_S = \frac{(M_U - M_S)}{(M_U - T_A)} \times 100 \quad (1)$$

onde,

U_S = Umidade do solo (%);

M_U = Massa úmida do solo mais peso do anel (g);

M_S = Massa seca do solo mais peso do anel (g); e

T_A = Peso do anel (g).

3.3. MAQUINARIA AGRÍCOLA

Para realização do experimento, foi utilizado um motocultivador do fabricante MTD, utilizando motor 4 tempos a gasolina do fabricante Toyama, visando obter informações necessárias do conjunto motorizado, conforme Figura 4. As Tabelas 1 e 2 apresentam as especificações técnicas do motocultivador e do motor utilizado no experimento.

Tabela 1 – Especificações técnicas do motocultivador.

Modelo	Gold 16"
Largura de trabalho	0,45 m
Profundidade máxima de trabalho	17,78 cm
Velocidades	1 + 1 ré
Transmissão	Por correias
Transmissão da facas	Por engrenagens
Giro das facas	2 (horário e anti-horário)
Peso estimado	69 kg

Tabela 2 – Especificações técnicas do motor utilizado no motocultivador

Marca	Toyama®
Modelo	TE 70 XP
Tipo	4 tempos, monocilíndrico
Combustível	Gasolina
Potência máxima	5,22 Kw (7,1 cv)
Cilindrada	196 cm ³
Tipo de óleo lubrificante	15w-40
Taxa de compressão	8,5:1
Rotação máxima	3600 rpm
Volume do tanque de combustível	3,6 L
Sistema de partida	Manual retrátil
Tipo de eixo	Chavetado
Peso estimado	16 kg



Figura 4 – Motocultivador utilizado no experimento.

3.4. PRESSÃO INTERNA DOS PNEUS

Os pneus foram calibrados antes da realização dos ensaios utilizando um medidor de pressão digital da marca TIRE GAUGE, com intervalo de leituras de 0,014

a 686 MPa (2,0 a 99,5 psi) e precisão de 0,003 MPa (0,5 psi). A pressão utilizada foi de 0,138 Mpa (20 psi), uma vez que, devido ao pequeno diâmetro dos rodados, a utilização de diferentes pressões não influenciará significativamente no raio de rolamento do pneu.

3.5. ROTAÇÃO DO MOTOR

Para padronização da rotação do motor antes da realização dos ensaios, utilizou-se um fototacômetro da marca Digital Meter, modelo DT-2234C+, com range de 2,5 a 99.999 rpm, e resolução de 0,1 rpm. Para medição, fixou-se uma fita reflexiva no eixo de saída do motor, e realizou-se um furo na tampa de proteção da correia, próximo ao eixo de saída do motor, por onde foi posicionado o equipamento e posterior medição, mantendo-a em 3600 rpm. A Figura 5 apresenta a confecção de um orifício para posicionamento do fototacômetro e calibração da rotação do motor.



Figura 5 – Orifício confeccionado para posicionamento do fototacômetro.

3.6. COMBUSTÍVEL UTILIZADO NO EXPERIMENTO

Foi utilizado três tipos de combustíveis no experimento, sendo eles gasolina comum, gasolina aditivada e uma mistura de gasolina e etanol na proporção de 4:1. Cada um dos combustíveis foi designado como GC, GA e GE, respectivamente. Os combustíveis foram adquiridos em cota única e de um único fabricante, na rede Petrobrás, no município de Petrolina – PE, no mês de outubro de 2017 e armazenado em recipientes adequados para o acondicionamento de combustíveis. As Tabelas 3 e 4 apresentam a composição química detalhada da gasolina comum e gasolina Grid produzidas pela Petrobrás.

Tabela 3 – Composição da gasolina comum produzida pela Petrobrás.

	Componentes	Concentração (%)
Composição química	Gasolina	72,5 - 87
	Álcool anidrido combustível	18 – 27,5 (p/p)
	Benzeno	< 1 (p/p)
Octanagem mínima, medida pelo IAD	87 unidades	
Teor de enxofre	50 ppm	

Tabela 4 – Composição química da gasolina Grid produzida pela Petrobrás.

	Componentes	Concentração (%)
Composição química	Hidrocarbonetos saturados	27 - 47
	Hidrocarbonetos Olefínicos	15 - 28
	Hidrocarbonetos aromáticos	26 – 35 %
	Enxofre	< 50 mg/kg
	Aditivos	máx. 0,5%
	Álcool anidrido combustível	18 – 27,5 (p/p)
	Benzeno	< 1 (p/p)
	Octanagem mínima, medida pelo IAD	87 unidades

3.7. PARÂMETROS OPERACIONAIS DE OBTENÇÃO INDIRETA

3.7.1. VELOCIDADE

Como o fabricante da máquina não disponibiliza a relação entre a rotação regulada no motor e a velocidade de deslocamento, a velocidade de deslocamento teórica foi determinada experimentalmente a partir da relação de transmissão entre o eixo de saída do motor e os rodados e, permitindo, assim, que a velocidade de deslocamento teórica fosse determinada.

A velocidade de deslocamento foi mensurada como a razão entre a distância percorrida e o tempo gasto para tal, conforme Equação 2. Para medição do tempo, utilizou-se um cronômetro digital, iniciando a contagem quando a parte inicial do pneu encontrava a baliza inicial e finalizando quando encontrava a última baliza.

$$V = \frac{D}{t} \quad (2)$$

onde,

V = Velocidade média (m.s⁻¹);

D = Distância percorrida na parcela (m); e

t = Tempo decorrido para percorrer a parcela (s).

3.7.2. DESLIZAMENTO DOS RODADOS

Após a coleta dos dados, o deslizamento dos rodados foi obtido pela relação entre as velocidades de deslocamento rotacional e translacional nos rodados dianteiro e traseiro do trator, de acordo com a Equação 3. Para mensuração da velocidade translacional, foi contabilizado o número de voltas do pneu no decorrer da parcela,

marcando-se o ponto de referência no pneu com quando o mesmo encontrava-se alinhado com a primeira estaca.

$$\delta = \frac{V_r - V_t}{V_r} \times 100 \quad (3)$$

onde,

δ = Deslizamento dos rodados, %;

V_r = Velocidade rotacional, $m\ s^{-1}$; e

V_t = Velocidade translacional, $m\ s^{-1}$.

3.7.3. CONSUMO HORÁRIO DE COMBUSTÍVEL

Para mensuração do consumo horário de combustível, utilizou-se o método gravimétrico, instalando uma proveta graduada com volume de 1 L, com resolução de 0,1 L instalada no sistema de alimentação do motor, conforme Figura 6.



Figura 6 – Esquema da montagem da proveta no sistema de alimentação do motor.

O valor do consumo para cada parcela foi obtido de maneira direta, sendo realizado a leitura quando o pneu do equipamento se alinhava com a primeira baliza e depois com a última baliza. O consumo horário é dado de acordo com a Equação 4.

$$C_H = \frac{(V_F - V_I) \times d}{t} \times 3,6 \quad (4)$$

onde,

C_H = Consumo horário (kg.h^{-1});

V_F = Leitura final (mL);

V_I = Leitura inicial (mL);

d = Massa específica do combustível (kg.L^{-1}); e

3,6 = Fator de conversão.

3.7.4. VOLUME DE SOLO MOBILIZADO

A área de solo mobilizada foi obtido utilizando um perfilômetro de varetas, espaçadas de 0,02 m e 1,0 m de largura útil, realizando medições em três pontos em cada unidade experimental para determinação do perfil do solo, e para cada ponto foi obtido três perfis, sendo o primeiro do perfil natural do solo, obtido antes da passagem do equipamento, o segundo revelando o perfil mobilizado superior do solo, obtido após a passagem do equipamento, e o último do fundo do perfil, revelando a profundidade alcançada pelo implemento, todas no mesmo ponto da unidade experimental, sendo que cada ponto fora identificado por uma estaca. Para obtenção das imagens do perfilômetro foi utilizada uma câmera digital sem zoom, de modo a não gerar diferenças na imagem original. A partir daí, as imagens foram tratadas no software AutoCad® 2015. A Figura 7 mostra como o perfil foi obtido no software.



Figura 7 – Determinação do perfil superior do solo mobilizado utilizando o software AutoCad 2015.

A determinação do volume de solo mobilizado é dado pela Equação 5.

$$V_S = (A_T - A_F) \times 30 \quad (5)$$

onde,

V_S = Volume de solo mobilizado (m^3);

A_T = Perfil natural do solo (m^2);

A_F = Perfil inferior do solo mobilizado pela maquinaria (m^2); e

30 = Comprimento da parcela (m).

Para determinação do empolamento, foi utilizado o perfilômetro, seguindo metodologia descrita anteriormente.

O empolamento foi determinado utilizando o software AutoCad 2015, e foi calculado segundo Equação 6:

$$E = A_T - A_S \quad (6)$$

onde,

E = empolamento (m^2); e

A_S = Área superior mobilizada da parcela (m^2).

A profundidade real de operação também será determinada como sendo diferença entre a média das alturas antes da mobilização do solo e após a operação do equipamento.

3.7.5. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR VOLUME DE SOLO MOBILIZADO

O consumo específico é dado como a relação entre o combustível consumido por unidade de volume de solo mobilizado. A Equação 7 expressa como tal variável foi obtida.

$$C_E = \frac{(V_F - V_I) \times d}{V_S} \times 3,6 \quad (7)$$

onde,

C_E = Consumo específico de combustível ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$); e

V_S = Volume de solo mobilizado (m^3).

3.7.6. CAPACIDADE OPERACIONAL

A capacidade operacional teórica foi obtida de acordo com a Equação 8:

$$C_O = \frac{10}{V \times L} \quad (8)$$

onde,

C_O = Capacidade operacional teórica ($\text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$);

V = Velocidade de trabalho ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$); e

L = Largura de trabalho (m).

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela razão entre a área útil da parcela trabalhada e o tempo decorrido no percurso da parcela, conforme Equação 9:

$$C_E = \frac{t}{A_T} \times 2,78 \quad (9)$$

onde,

C_E = Capacidade de campo efetiva ($\text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$)

A_T = Área útil da parcela trabalhada (m^2); e

2,78 = Fator de conversão.

3.8. CUSTOS OPERACIONAIS

O custo operacional por hectare do equipamento é determinado como a relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, segundo Equação 10:

$$C_U = V_C \times \frac{C_H}{C_E} \quad (10)$$

onde,

C_U = Custo ($\text{R\$} \cdot \text{ha}^{-1}$);

V_C = Valor médio do combustível ($\text{R\$} \cdot \text{L}^{-1}$).

3.9. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As parcelas experimentais possuíam 30 m de comprimento e 1,0 m de largura, com 5,0 m para manobras e estabilização, totalizando uma área de aproximadamente 0,336 ha (3.360,0 m^2). O experimento foi realizado com delineamento em esquema fatorial 4x3x2 em blocos casualizados – DBC, sendo utilizados 4 profundidades de trabalho (1”, 3”, 5” e 7”), dois sentidos de giro das facas (normal e reverso) e 3 tipos

de combustíveis (gasolina comum tipo C, gasolina aditivada tipo C e mistura de gasolina comum tipo C com etanol anidro na proporção de 80/20), cujas denominações são GC, GA e GE, respectivamente, com 4 repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. A Tabela 5 descreve os tratamentos experimentais utilizados.

Os dados foram processados em planilhas eletrônicas e softwares para realização da análise de variância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de velocidade de deslocamento, patinagem, consumo horário de combustível, consumo específico de combustível, capacidade operacional teórica, capacidade de campo efetiva, e as análises do solo são apresentadas em gráficos e tabelas nos tópicos subsequentes.

4.1. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para classificação granulométrica e da densidade do solo obtida na área experimental, sendo classificada como de textura arenosa.

Tabela 5 – Classificação textural e densidade do solo da área experimental.

Classificação textural						Densidade do solo (g.cm ⁻³)
Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Total de Areia	Argila	Silte	
18,67%	21,75%	44,96%	86,02%	0,51%	14,11%	1,64

Com as 15 amostras coletadas na área experimental, foi possível observar que a resistência a penetração foi semelhante para todas. A Figura 8 apresenta a média dos dados de resistência à penetração para o solo da área experimental.

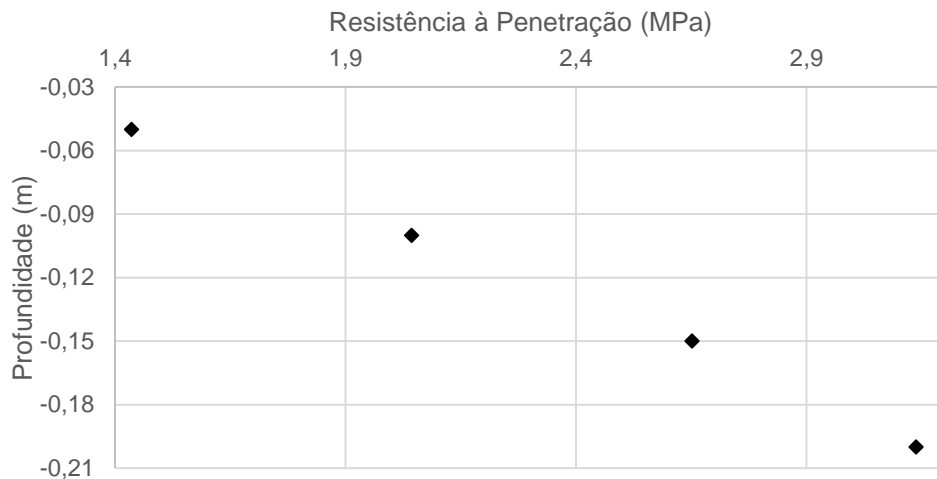


Figura 8 – Resistência à penetração da área experimental em 4 profundidades.

É possível observar que a resistência aumenta à medida que aumenta-se a profundidade, oferecendo maior resistência mecânica aos implementos agrícolas que operam em tais profundidades. O menor valor se deu na profundidade de 0 a 0,05 m, com um valor médio de 1,44 MPa, e o maior valor se deu na profundidade de 0,15 a 0,20 m, com valor médio de 3,14 MPa.

Valores elevados de resistência a penetração podem comprometer o desenvolvimento radicular das culturas, no entanto, segundo Costa (2014), solos com textura arenosa somente irão oferecer resistência ao desenvolvimento radicular com valores a partir de 6,0 MPa.

4.2. PERFIL MOBILIZADO DO SOLO

A área de solo mobilizada não teve influencia significativa do sentido de giro das facas. A Tabela 6 apresenta a profundidade real para os tratamentos analisados. Após a realização do experimento foi observado que quando a máquina foi regulada na primeira profundidade (1”), não houve mobilização do solo, havendo apenas a remoção da vegetação superficial (capina). Dessa forma, não será representado os tratamentos nessa profundidade para o perfil mobilizado do solo, mas será representado nos demais parâmetros analisados.

Tabela 6 – Profundidade real obtida (cm) para o equipamento operando em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade Regulada	Profundidade Obtida (cm)		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	3"	6,21 ^{ns}	5,99 ^{ns}	6,07 ^{ns}
	5"	7,37 ^{ns}	7,85 ^{ns}	8,05 ^{ns}
	7"	13,12 ^{ns}	13,02 ^{ns}	13,09 ^{ns}
Normal	3"	6,01 ^{ns}	5,80 ^{ns}	5,98 ^{ns}
	5"	10,29 ^{ns}	9,91 ^{ns}	10,11 ^{ns}
	7"	13,92 ^{ns}	12,98 ^{ns}	13,21 ^{ns}

^{ns}: Não apresentaram diferenças estatísticas significativas a nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Na Tabela 6 é possível observar que para todos os tratamentos a profundidade real de operação é sempre inferior a regulada, e reduz à medida que aumenta-se a regulagem da profundidade. No entanto, a profundidade real de operação não sofreu influência significativa do sentido de giro das facas, nem a profundidade de operação sofreu influencia do tipo de combustível utilizado no motor. Desse modo, observa-se que a maior resistência à penetração em camadas mais profundas gera maior resistência à ação das facas, reduzindo a profundidade real de operação.

Para as facas girando no sentido reverso, observa-se que para o equipamento operando na profundidade de 3", a profundidade real de operação foi de 0,062 m, 0,060 m e 0,061 m para o equipamento utilizando os combustíveis GC, GA e GE, respectivamente, representando uma diferença em relação à profundidade regulada de 18,50%, 21,39% e 20,34% para os respectivos combustíveis. Quando aumenta-se a profundidade de operação essa diferença tende a aumentar, obtendo profundidade real de operação para a máxima regulagem (7") de 0,131 m, 0,130 m e 0,132 m para os combustíveis GC, GA e GE respectivamente, representando uma diferença entre a profundidade regulada de 26,21%, 26,77% e 25,70% para os respectivos combustíveis. Tais profundidades foram obtidas no rastreamento digital utilizando o software AutoCad 2015.

Para as facas girando no sentido normal o comportamento é semelhante, obtendo valores reais de profundidade de operação para a segunda regulagem (3")

de 0,060 m, 0,058 m e 0,059 m para os GC, GA e GE, respectivamente, representando uma redução em relação à profundidade regulada de 21,13%, 23,88% e 21,52% para os respectivos combustíveis. Para a profundidade regulada de 7", a real obtida foi de 0,14 m, 0,13 m e 0,13 m para os GC, GA e GE, respectivamente, representando, também, uma redução em relação à regulada de 21,70%, 26,30% e 26,38% para os respectivos combustíveis.

Silva (2012) observou que a medida que a velocidade de deslocamento de um microtrator equipado com um arado de discos aumentou, houve uma redução na profundidade de operação. Isso porque, como a velocidade aumentou, reduziu a potência disponível na barra de tração.

Após a realização do trabalho observou-se, também, que não houve empolamento da superfície para nenhum dos tratamentos. Isso foi acarretado devido à placa de impacto localizada na região posterior às facas, no qual é confeccionada em chapa metálica e tem a função de diminuir os agregados e proteger o operador do equipamento contra possíveis lançamentos de pedras e detritos. No entanto, devido a sua elevada massa, ele tende a conformar o perfil superior mobilizado, compactando-o e não permitindo sua elevação. Esse também é um importante parâmetro, pois, segundo Nascimento (2007), promove a aeração e descompactação do solo, favorecendo o crescimento do sistema radicular, infiltração e retenção de água.

Carvalho et al. (2007) avaliando o preparo do solo com diferentes equipamentos verificou que a enxada rotativa montada no trator agrícola equipada com seis flanges e quatro lâminas por flange gerou empolamento de 40,9%, a grade aradora de 24,3%, escarificador de 19,6%, arado de discos de 18,0% e de aivecas de 10,9%, resultados totalmente distintos para o equipamento em estudo.

4.3. DESEMPENHO OPERACIONAL

4.3.1. VELOCIDADE

A relação de transmissão determinada experimentalmente para o motocultivador foi de 163,636:1, no qual a velocidade de deslocamento teórica para o motor regulado na rotação especificada é de 0,47 m.s⁻¹ (1,70 km.h⁻¹).

Os resultados obtidos para a velocidade de deslocamento do rotoencanteirador encontram-se descritos na Tabela 7 e nas Figuras 9 e 10.

Tabela 7 – Velocidades médias (m.s⁻¹) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Velocidade Média (m.s ⁻¹)		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	1"	0,455 Aa	0,439 Aa	0,419 Ba
	3"	0,339 Ab	0,314 Bb	0,378 Ab
	5"	0,222 Bc	0,272 Ac	0,267 Ac
	7"	0,217 Ac	0,258 Ac	0,250 Ac
Normal	1"	0,419 Ab	0,369 Bb	0,433 Ac
	3"	0,475 Aa	0,442 Ba	0,442 Cb
	5"	0,514 A*a	0,450 A*a	0,447 A*b
	7"	0,458 b	0,447 a	0,458 a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às linhas, e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. ^{ns}: Não significativo (p>0,05).

A partir da Tabela 7 é possível observar que houve diferenças significativas para todos os tratamentos. Observa-se que para as facas girando no sentido reverso, há uma redução na velocidade à medida que aumenta-se a profundidade de operação, independente do tipo de combustível utilizado. Os máximos valores obtidos para as velocidades foram de 0,455 m.s⁻¹, 0,439 m.s⁻¹ e 0,419 m.s⁻¹ para o

equipamento operando na profundidade de 1" utilizando GC, GA e GE, respectivamente, enquanto que os menores valores obtidos foram de $0,217 \text{ m.s}^{-1}$, $0,258 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,250 \text{ m.s}^{-1}$ para a profundidade de 7", com o equipamento utilizando gasolina comum, aditivada e mistura, respectivamente.

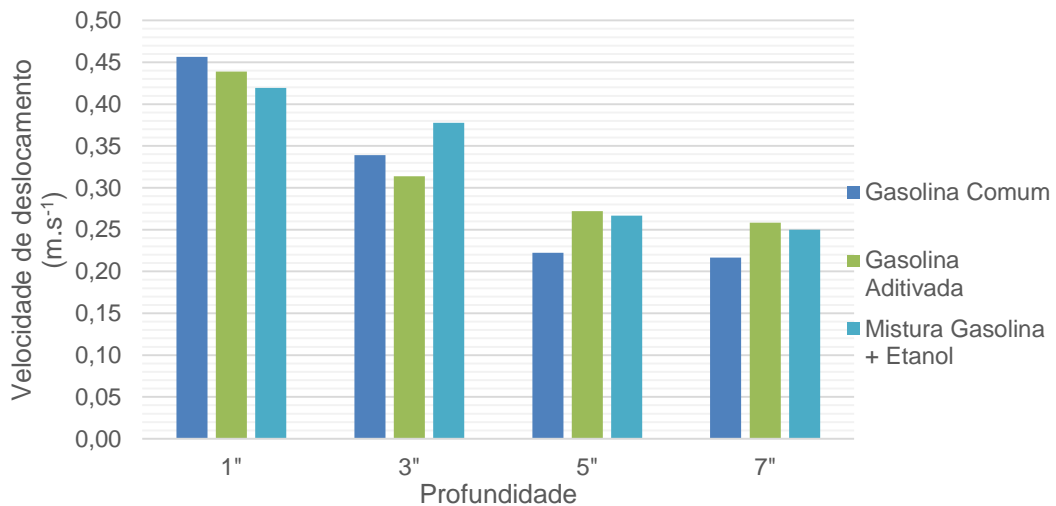


Figura 9 – Velocidade de deslocamento (m.s^{-1}) para o rotoencanteirador operando com as facas girando no sentido reverso.

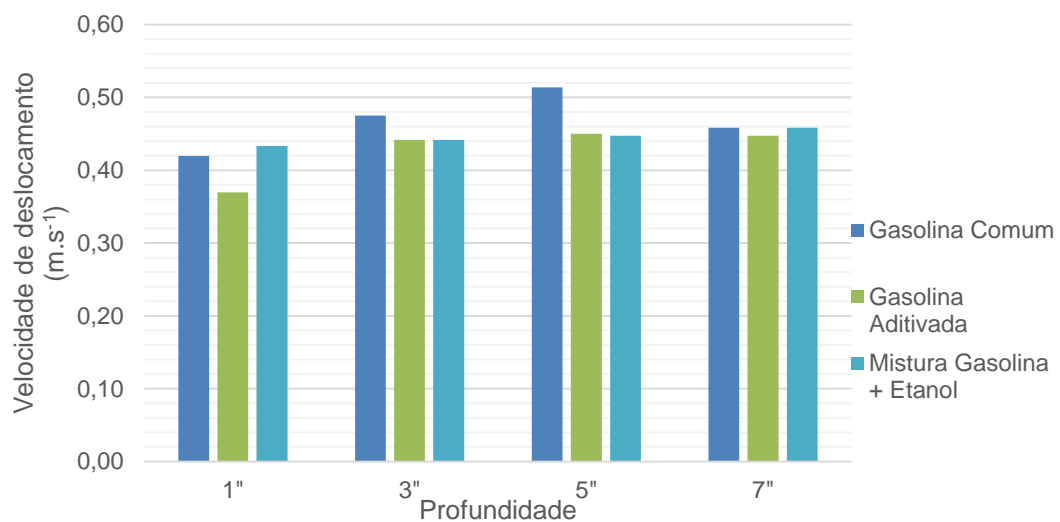


Figura 10 – Velocidade de deslocamento (m.s^{-1}) para o rotoencanteirador operando com as facas girando no sentido normal.

É possível observar que tal comportamento se mostra inverso quando o equipamento opera com as facas girando no sentido normal, aumentando a velocidade de deslocamento à medida que aumenta-se a profundidade de operação,

obtendo valores máximos de $0,514 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,450 \text{ m.s}^{-1}$ com o equipamento operando na profundidade de 5" utilizando GC e GA, respectivamente, e de $0,458 \text{ m.s}^{-1}$ para o equipamento operando na profundidade de 7" utilizando GE, enquanto que os menores valores foram encontrados na profundidade de 1", sendo eles $0,419 \text{ m.s}^{-1}$, $0,369 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,433 \text{ m.s}^{-1}$ para o equipamento operando com gasolina comum, aditivada e mistura.

Esse comportamento inverso é devido ao sentido de giro das facas, no qual quando as facas giram no sentido normal (horário), ele passa a exercer uma força solidária ao sentido de deslocamento do equipamento, força esta que tende a aumentar à medida que aumenta-se a profundidade de operação, resultando, assim, em maiores velocidades de deslocamento, ao contrário das facas girando no sentido reverso, exercendo, agora, uma força resistente ao movimento, que também eleva-se proporcionalmente à profundidade de operação.

Essa redução na velocidade de deslocamento para o equipamento com as facas girando no sentido reverso promove maior número de golpes na fatia de solo, gerando agregados menores, sendo ideal para utilização em solos mais argilosos, enquanto que para as facas girando no sentido normal acontece o oposto, sendo mais adequado para utilização em solos mais arenosos.

É possível notar que o tipo de combustível utilizado tem influencia significativa na velocidade de deslocamento, com exceção apenas dos tratamentos nas profundidades de 5" e 7", com as facas girando no sentido normal. Isso pode estar atrelado ao fato do maior aproveitamento da energia fornecida pelos combustíveis, bem como o diferente poder calorífico deles, no entanto, tal parâmetro é mais fortemente influenciado pela profundidade de operação e sentido de giro.

Padrón et al. (2005), utilizando um microtrator equipado com um rotoencanteirador obteve velocidade de deslocamento média de $0,889 \text{ m.s}^{-1}$ com o conjunto operando em solo enlameado para cultura de arroz.

Araújo et al. (2015), utilizando um conjunto microtrator equipado com rotoencanteirador, verificaram que a maior marcha do conjunto promove maior velocidade de deslocamento, obtendo velocidades de $0,292 \text{ m.s}^{-1}$, $0,381 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,421 \text{ m.s}^{-1}$ para a 1ª, 2ª e 3ª marcha, respectivamente. Já Silva (2012), em seu experimento utilizando um trator de rabiças acoplado a um arado de discos, verificou que houve

redução significativa na velocidade de deslocamento à medida que aumentava-se a demanda de tração.

Santos (2017), em seu trabalho utilizando um quadriciclo tracionando diferentes cargas sobre pista de concreto, verificou que a elevação da carga de 0 kg para 400 kg influenciou significativamente no incremento da velocidade de deslocamento, elevando de 2,41 m.s⁻¹ para 2,64 m.s⁻¹ para a primeira e segunda carga, respectivamente. Tal elevação pode ser devida a maior aderência entre o pneu e o solo promovido pela elevação na carga.

4.3.2. DESLIZAMENTO DOS RODADOS

Os resultados obtidos para a velocidade de deslocamento do motocultivador encontram-se descritos na Tabela 8.

Tabela 8 – Deslizamento dos rodados (%) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Deslizamento dos Rodados (%)		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	1"	11,09 C*	11,80 B*	12,10 B*
	3"	43,77 B*	44,37 A*	37,05 A*
	5"	57,95 A*	52,49 A*	51,32 A*
	7"	64,83 A*	51,40 A*	56,07 A*
Normal	1"	14,56 Aa	9,74 Ab	4,08 Ac
	3"	-1,60 B	-1,25 B	-0,395 B
	5"	-4,69 Cb	-2,59 Ba	-4,50 Ca
	7"	-4,91 C	-6,78 C	-7,20 C

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às linhas, e seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. *: Não significativo (p>0,05) em relação às linhas.

Os valores do deslizamento dos rodados para a mesma profundidade, porém em relação aos combustíveis diferentes não apresentaram diferenças significativas a 5% de significância, com exceção apenas para o equipamento operando na profundidade de 1" e 3" com as facas girando no sentido de deslocamento.

É possível notar que há uma elevação do deslizamento dos rodados à medida que aumenta-se a profundidade quando as facas giram no sentido reverso, contribuindo para redução na velocidade média de deslocamento. Os menores valores do deslizamento para esses tratamentos se deram na profundidade de 1", obtendo valores de 11,09%, 11,80% e 12,10% para o equipamento operando com GC, GA e GE, respectivamente, enquanto que os maiores valores se deram quando o equipamento estava operando na profundidade de 7", obtendo valores de 64,83%, 51,40% e 56,07% para o equipamento operando com GC, GA e GE, respectivamente.

Já para o equipamento operando com as facas girando no sentido normal, é possível observar que há uma redução do deslizamento à medida que eleva-se a profundidade de operação, chegando a atingir valores negativos. Os maiores valores se deram na profundidade de 1", alcançando valores de 14,56%, 9,74% e 4,08% para GC, GA e GE, respectivamente, e os menores valores se deram na profundidade de 7", obtendo valores de -4,91%, -6,78% e -7,20% para os respectivos combustíveis.

Tal fenômeno está atrelado à força exercida durante o corte da fatia de solo, que, para as facas girando no sentido normal, a força de reação é solidária ao sentido de deslocamento do conjunto mecanizado, possibilitando que os menores valores de deslizamento dos rodados, inclusive de gerar deslocamentos maiores do que o promovidos pela rotação dos rodados.

Segundo Silva (2012), a força requerida de tração é inversamente proporcional ao raio do pneu, e, como o pneu do microtrator possui pequena dimensão (16"), há uma elevação da força requerida de tração devido à elevação da resistência do solo e a sua compactação, resultando, assim, em maiores patinagens. Nesse caso, como a força disponível no pneu do conjunto mecanizado é maior com o conjunto operando com a mistura de gasolina e etanol, resulta em menor deslizamento dos rodados, elevando a velocidade de deslocamento e o desempenho operacional.

Carvalho (2011), avaliando o desempenho de um motor de combustão interna com potência máxima de 77,2 kW e utilizando gasolina comum, gás natural veicular – GNV, etanol e diferentes proporções de gasolina/etanol, verificou que misturas de

gasolina e etanol, nas proporções de 50/50 e 25/75 geraram maior torque do que o motor operando com gasolina comum, corroborando com os menores valores de deslizamento dos rodados para o equipamento operando com GE.

À medida que aumenta-se a profundidade de operação, a força de tração requerida pelo equipamento também aumenta proporcionalmente. Desse modo, quando as enxadas giram no sentido reverso, geram uma força resistiva ao movimento, resultando, assim, em maiores valores de patinagens dos rodados. No entanto, quando as facas giram no sentido normal, tal força é solidária ao movimento, e como ela tende a aumentar à medida que aumenta-se a profundidade de operação, há a redução na patinagem dos rodados, resultando, também, em maiores velocidades de deslocamento.

Sousa et al. (2016), utilizando um motocultivador em pista de solo mobilizado, verificou que maiores velocidades de deslocamento e rotações do motor promoveram menores valores de patinagens dos rodados, elevando, assim, a eficiência operacional do conjunto mecanizado.

Segundo Nascimento et al. (2016), a patinagem dos rodados é um dos problemas que mais afetam o desempenho da maquinaria agrícola, contribuindo para desgaste prematuro da banda de rodagem dos pneus, redução na capacidade trativa do trator e aumento no consumo de combustível.

4.3.3. CAPACIDADE OPERACIONAL

Para a velocidade de deslocamento teórica obtida, a capacidade operacional teórica (C_0) é de 13,07 h.ha⁻¹.

Os dados de capacidade de campo efetiva para o equipamento operando nas quatro profundidades e utilizando os três combustíveis encontram-se descritas na Tabela 9.

A partir dos dados da Tabela 9 acima é possível observar que quando as facas giram no sentido reverso, há uma redução na capacidade de campo efetiva à medida que reduz-se a profundidade de operação, enquanto que para as facas girando no

sentido normal há uma elevação na capacidade de campo à medida que eleva-se a profundidade de operação.

Tabela 9 – Capacidade de campo efetiva ($\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Capacidade de Campo Efetiva ($\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}$)		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	1"	13,53 Aa	14,04 Aa	14,76 Ba
	3"	18,24 Ab	19,62 Bb	16,38 Ab
	5"	27,86 Bc	22,67 Ac	23,08 Ac
	7"	28,46 *c	24,03 *c	24,60 *c
Normal	1"	14,75 Ab	16,66 Bb	14,26 Ac
	3"	13,00 Aa	15,54 Ca	13,99 Bb
	5"	12,04 *a	14,01 *a	13,73 *a
	7"	13,77 *b	13,93 *a	13,48 *a

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às linhas, e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. *: Não significativo ($p>0,05$) em relação às colunas.

Para as facas girando no sentido reverso, os menores valores se deram na profundidade de 1", sendo eles $13,53 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$, $14,04 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $14,76 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$ e os maiores valores se deram na profundidade de 7", sendo $28,46 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$, $24,03 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $24,60 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$ para o equipamento operando com GC, GA e GE, respectivamente.

Em relação ao tipo de combustível para esses tratamentos, é possível observar que não há uma variação significativa na capacidade de campo efetiva em relação ao tipo de combustível, no qual mudanças nas profundidades de operação geraram reduções mais expressivas em tal parâmetro, uma vez que a compactação do solo promove maior resistência a enxada rotativa.

Araújo et al. (2015), avaliando o desempenho operacional e energético de um motocultivador, verificaram que a terceira marcha promoveu maior capacidade de campo efetiva, mesmo obtendo maiores valores de deslizamento. Isso porque, mesmo

com maior deslizamento dos rodados, a velocidade de deslocamento do conjunto foi maior, resultando em maior desempenho.

Para as facas girando no sentido normal, observa-se um comportamento inverso ao primeiro, no qual o equipamento alcança valores máximos na profundidade de 1" de 0,06777 ha.h⁻¹, 0,06003 ha.h⁻¹ e 0,07015 ha.h⁻¹ para o equipamento operando com GC, GA e GE, respectivamente, e mínimos valores de 12,04 h.ha⁻¹ para a profundidade de 5" com GC e de 13,93 h.ha⁻¹ e 13,48 h.ha⁻¹ para a profundidade de 7" com o equipamento utilizando GA e GE, respectivamente.

A mudança do combustível utilizado, embora sendo diferentes estatisticamente para a primeira e segunda profundidade, não mostraram uma diferença expressiva na capacidade de campo efetiva, sendo este parâmetro mais influenciado pela profundidade de operação.

Araújo (2013), avaliando o desempenho de um motocultivador verificou que a pressão interna dos pneus têm influencia significativa na capacidade de campo efetiva, obtendo maiores valores quando o conjunto operava na terceira marcha e com lastro, obtendo valores de 9,82 h.ha⁻¹, 10,10 h.ha⁻¹ e 10,48 ha.h⁻¹ para as pressões de 110,32 KPa, 96,53 KPa e 82,74 KPa, respectivamente. O que está ligado ao raio de rolamento do pneu, uma vez que mudanças na pressão interna promovem mudanças no raio de rolamento, o que atreladas à maior carga do conjunto, garantem ao pneu maior aderência na relação pneu/solo.

4.4. DESEMPENHO ENERGÉTICO

4.4.1. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

A Tabela 10 descreve os resultados obtidos para o consumo horário de combustível para o equipamento operando com os três tipos de combustíveis.

Na Tabela 10 é possível observar que os valores de consumo de combustível para as facas girando no sentido reverso não diferiram estatisticamente em relação a profundidade e ao tipo de combustível utilizado. Para as facas girando no sentido

normal, apenas os dados de consumo de combustível quando o equipamento operava com gasolina aditivada não diferiram estatisticamente em relação à profundidade. Para os demais tratamentos na mesma profundidade, o consumo de combustível não foi influenciado pelo tipo de combustível utilizado.

Tabela 10 – Consumo horário de combustível (L.h⁻¹) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Consumo horário de combustível (L.h ⁻¹)		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	1"	1,16 **	0,92**	1,08 **
	3"	1,01 **	1,02 **	0,99 **
	5"	1,16 **	1,05 **	1,03 **
	7"	1,12 **	1,41**	1,02 **
Normal	1"	1,01 B*	0,95 **	0,83 C*
	3"	0,99 B*	0,89 **	0,90 B*
	5"	1,21 A*	0,96 **	1,02 A*
	7"	1,54 A*	1,04 **	1,13 A*

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. *: Não significativo ($p>0,05$) em relação às linhas; **: Não significativo ($p>0,05$) em relação às linhas e colunas.

Mesmo não diferindo estatisticamente, podemos observar que, para as facas girando no sentido reverso, os menores valores se para o equipamento utilizando GC e GE foram na profundidade de 3", que foi de 1,01 L.h⁻¹ e 0,99 L.h⁻¹, respectivamente, e para GA se deu na profundidade de 1", sendo o consumo de 0,92 L.h⁻¹. Para a profundidade de 7", o menor consumo de combustível se deu quando o equipamento operava com a mistura, resultando em 1,02 L.h⁻¹.

Para as facas girando no sentido normal, é possível observar que o consumo horário de combustível aumenta a medida que aumenta-se a profundidade de operação, obtendo menor valor na profundidade de 1" com o equipamento utilizando GE, sendo o consumo de 0,83 L.h⁻¹, e o máximo valor se deu na profundidade de 7" utilizando GC, sendo o consumo de 1,54 L.h⁻¹. De 3" até 7" de profundidade, o

combustível que mostrou melhor consumo foi a GA, sendo os consumos de 0,78 L.h⁻¹, 0,92 L.h⁻¹ e 0,96 L.h⁻¹ para a segunda (3”), terceira (5”) e quarta (7”) profundidade.

Isso está ligado aos aditivos que são adicionados à gasolina comum, que proporcionam melhor combustão dentro no cilindro do motor, reduzem o atrito entre o pistão e o cilindro, dentre inúmeros outros benefícios.

Segundo Sandi et al. (2014), o consumo de combustível depende da eficiência da conversão da energia química no combustível em energia mecânica, o que, segundo Liljedahl (1989), varia entre 25% e 35%, pois os motores de combustão interna são considerados conversores de baixa eficiência devido às perdas internas de energia no motor por atrito e aquecimento, por exemplo.

Carvalho (2011), avaliando o desempenho de um motor de combustão interna, verificou que a eficiência energética do motor aumentou à medida que aumentava-se a proporção de etanol na gasolina. A eficiência por ele encontrada foi de 32,32% para o combustível com 75% de etanol e 25% de gasolina e de 31,42% para a gasolina comum.

Silva (2012), utilizando um conjunto microtrator – arado, verificou que o consumo horário de combustível é inversamente proporcional às marchas reguladas no trator de rabiças, mas que tal parâmetro aumenta à medida que eleva-se a demanda por potência na barra de tração da maquinaria agrícola.

A Tabela 11 apresenta os dados de consumo de combustível por volume de solo mobilizado para o equipamento em função dos fatores avaliados. Nela é possível observar que, embora não tenha havido diferenças significativas no consumo horário de combustível para os tratamentos em que o equipamento opera com as facas girando no sentido reverso, o consumo de combustível por volume de solo mobilizado diminuiu à medida que aumentou-se a profundidade de operação de 3” para 7”, obtendo máximos valores na profundidade de 5”, sendo eles 32,144 g.m⁻³, 32,677 g.m⁻³ e 25,924 g.m⁻³ para GC, GA e GE respectivamente, e os menores valores se deram na profundidade de 7”, sendo eles 21,093 g.m⁻³, 21,679 g.m⁻³ e 22,796 g.m⁻³ para GC, GA e GE respectivamente.

Tabela 11 – Consumo de combustível por volume de solo mobilizado (g.m^{-3}) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Consumo específico de combustível (g.m^{-3})		
		Gasolina Comum	Gasolina Aditivada	Mistura Gasolina + Etanol
Reverso	3"	27,455 Bb	30,201 Bb	24,429 Aa
	5"	32,144 Bb	32,677 Bb	25,924 Aa
	7"	21,093 Aa	21,679 Aa	22,796 Ba
Normal	3"	27,871 Ac	25,880 Ac	27,375 Ac
	5"	17,450 Bb	14,858 Ab	14,115 Ab
	7"	11,139 Ba	10,624 Aa	11,533 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às linhas, e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. ^{ns}: Não significativo ($p>0,05$).

Tal comportamento é semelhante para o equipamento operando com as facas girando no sentido normal, no entanto, o consumo é menor para os tratamentos nas profundidades de 5" e 7" em relação às facas girando no sentido reverso. Nesses tratamentos, os maiores consumos se deram na profundidade de 3", sendo 27,871 g.m^{-3} , 25,880 g.m^{-3} e 27,375 g.m^{-3} para GC, GA e GE, respectivamente, enquanto os menores consumos se deram na profundidade de 7", sendo eles 11,139 g.m^{-3} , 10,624 g.m^{-3} e 11,533 g.m^{-3} para GC, GA e GE respectivamente.

4.4.2. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR ÁREA

A Tabela 12 descreve os resultados de consumo de combustível por hectare trabalhado.

Embora o consumo horário de combustível não tenha apresentado diferenças estatísticas significativas a 5% de probabilidade, tal comportamento não se aplica para o consumo de combustível por hectare. A partir da Tabela 13 podemos observar que, para as facas girando no sentido reverso, há um aumento no consumo de combustível para todos os tratamentos à medida que aumenta-se a profundidade de operação.

Analisando o equipamento operando na profundidade de 1” podemos observar que o GE foi o que apresentou maior consumo de combustível, 15,89 L.ha⁻¹, e o GA foi o que apresentou o menor, 12,90 L.ha⁻¹, entretanto, para a profundidade de 7”, o GE foi o que apresentou menor consumo de combustível, sendo o consumo de 25,21 L.ha⁻¹, e o GC de 31,98 L.ha⁻¹, de representando uma redução de 21,17% em relação ao GC, o que gera uma redução bastante expressiva no custo operacional do equipamento.

Tabela 12 – Consumo de combustível por hectare (L.ha⁻¹) para o equipamento em função dos fatores avaliados.

Sentido de giro das facas	Profundidade	Consumo de combustível por hectare (L.ha ⁻¹)		
		Combustível	Combustível	Combustível
		1	2	3
Reverso	1”	15,69 Ba	12,90 Aa	15,89 Ba
	3”	18,52 Bb	20,08 Bb	16,23 Aa
	5”	32,2 Bc	23,75 Ab	23,89 Ab
	7”	31,98 Bc	33,8 Bc	25,21 Ab
Normal	1”	14,78 Bb	15,81 Bb	11,85 Aa
	3”	12,93 Aa	13,79 Aa	12,59 Aa
	5”	14,60 Ab	13,51 Aa	14,07 Ab
	7”	21,20 Bc	14,46 Aa	15,18 Ac

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às linhas, e seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em relação às colunas. ^{ns}: Não significativo (p>0,05).

A Figura 11 apresenta o custo operacional por hectare para o equipamento operando com as facas girando no sentido reverso. Aliado ao menor consumo, o fato desse combustível possuir maior proporção de etanol anidro em sua composição contribui para maior redução do custo operacional. Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo – ANP (2018), no município de Petrolina, estado de Pernambuco, o valor médio do litro da GC custa R\$ 4,496, e do etanol cerca de R\$ 3,332. Dessa forma, o GE apresenta custo médio de R\$ 4,263, segundo dados da agência. A ANP não apresentou os valores para a GA, então foi considerado o mesmo valor da GC. Assim, a utilização de tal combustível com as facas girando no sentido horário representam uma economia no custo com combustível em cerca de 29,28%.

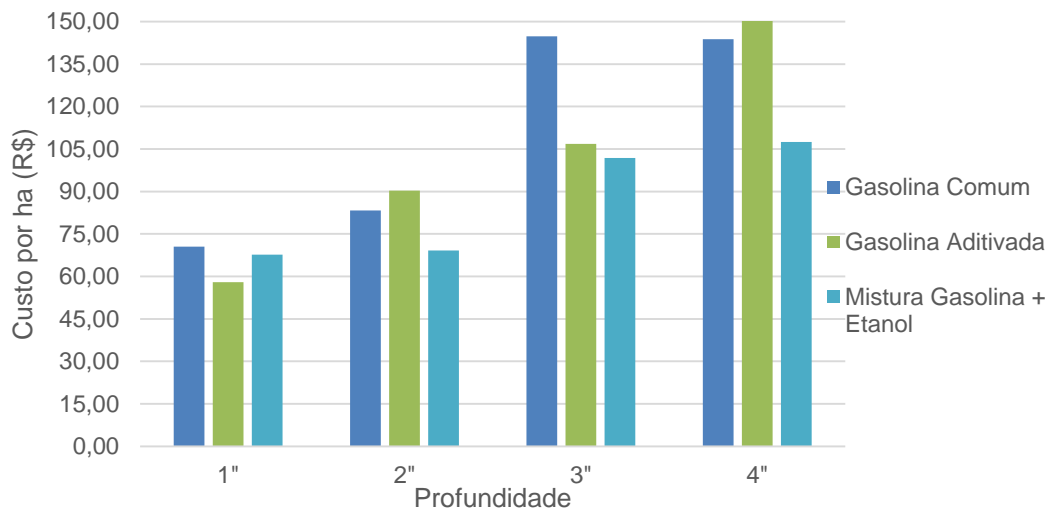


Figura 11 – Custo operacional por hectare (R\$.ha⁻¹) para o equipamento operando com os três tipos de combustíveis e as facas girando no sentido reverso.

A partir da figura 11, podemos observar que há um aumento no custo operacional por hectare a medida que aumenta-se a profundidade de operação, obtendo menores custos na profundidade de 1", sendo eles de 70,54 R\$.ha⁻¹, 58,00 R\$.ha⁻¹ e 67,74 R\$.ha⁻¹ para GC, GA e GE respectivamente, e o maior custo com o equipamento utilizando GC se deu na profundidade de 5", que foi de 144,77 R\$.ha⁻¹, e para a GA e GE se deram na profundidade de 7", sendo eles 151,96 R\$.ha⁻¹ e 107,47 R\$.ha⁻¹, respectivamente.

Para todos os tratamentos, com exceção apenas da profundidade de 1", o GE foi o que apresentou o menor custo operacional por hectare. Isso está ligado ao fato de que maiores proporções de etanol na gasolina promovem maior geração de potência no motor, uma vez que o poder calorífico do etanol é superior ao da gasolina, gerando, assim, maior potência no eixo de saída do motor. Carvalho (2011), observou que a adição de etanol anidro na gasolina elevou o torque no motor em médias e altas rotações.

A Figura 12 mostra o comparativo do custo operacional para os tratamentos com as facas girando no sentido normal. Em todos os tratamentos foi observado que a utilização de GE proporcionou menor custo operacional, e que a GA apresentou maior custo nas profundidades de 1" e 3".

Nos tratamentos com as facas girando no sentido normal, observa-se que os menores valores de consumo se deram na profundidade de 3" para o GC, sendo ele

de 58,12 R\$.ha⁻¹ , na profundidade de 1" para o GE, sendo ele de 50,52 R\$.ha⁻¹. Os maiores valores se deram na profundidade de 7", sendo eles de 95,31 R\$.ha⁻¹ para o GC e de 64,10 R\$.ha⁻¹ para a GE, representando uma redução no custo de 32,75%.

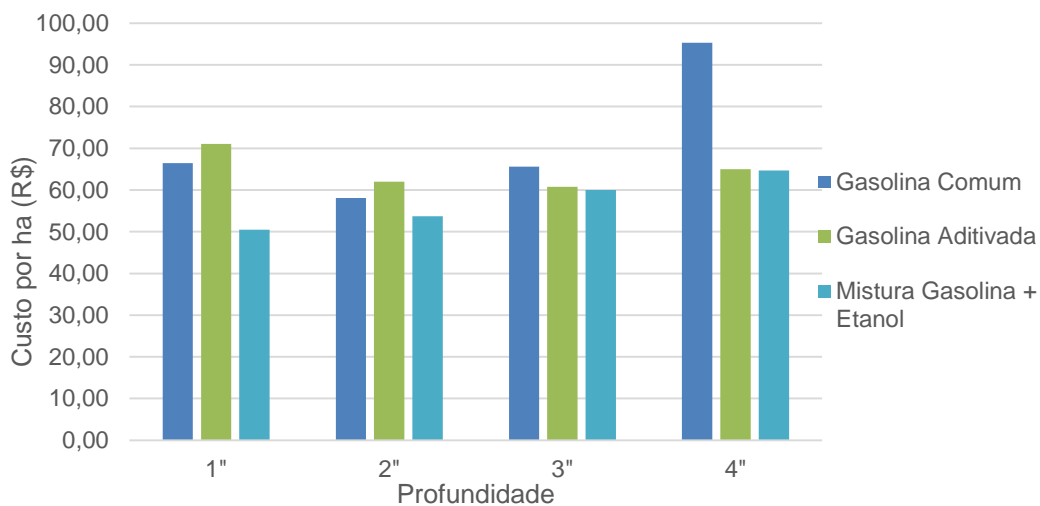


Figura 12 – Custo operacional por hectare (R\$.ha⁻¹) para o equipamento operando com os três tipos de combustíveis e as facas girando no sentido normal.

5. CONCLUSÃO

Após a realização do experimento, foi possível concluir que:

- O solo da área experimental é classificado com textura arenosa e a resistência a penetração se mostrou diretamente proporcional à profundidade, com comportamento praticamente linear;
- A profundidade real de operação foi inferior ao regulado na máquina, no entanto, não sofreu influência do tipo de combustível utilizado, atingindo profundidade cerca de 26,45% inferior ao regulado para as facas girando no sentido reverso e 24,80% para as facas girando no sentido normal;
- A velocidade de deslocamento diminuiu à medida que aumentou-se a profundidade de operação para as facas girando no sentido reverso, enquanto que para as facas girando no sentido normal, a velocidade aumentou a medida que elevou-se a profundidade de operação;
- O deslizamento dos rodados foi influenciado significativamente pelo tipo de combustível utilizado. Para as facas girando no sentido reverso, houve aumento no deslizamento dos rodados quando aumentou-se a profundidade de operação, enquanto que, para as facas girando no sentido normal, o deslizamento reduziu, chegando a obter valores negativos;
- A capacidade de campo efetiva também diminuiu à medida que aumentou-se a profundidade de operação quando as facas giravam no sentido reverso, e aumentou quando as facas giravam no sentido normal;
- O consumo horário de combustível não sofreu influência significativa da profundidade de operação, do tipo de combustível e nem da profundidade para as facas girando no sentido reverso;
- O consumo de combustível por hectare aumentou a medida que aumentou-se a profundidade de operação para as facas girando em ambos os sentidos;
- O combustível mais adequado para utilização no motocultivador é a mistura de gasolina e etanol, uma vez que proporcionaram menores custos em todos os tratamentos.

6. REFERÊNCIAS

ALMARRAS, R. R.; BURWELL, R. E.; HOLT, R. F. Plow-layer porosity and surface roughness from tillage as affected by initial porosity and soil moisture at tillage time. **Soil Science society of America Proceedings**, v. 31, p. 550-556, 1967.

ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1227-1237, 2008.

ANFAVEA. Anuário estatístico. Disponível em: [HTTP://www.anfavea.com.br](http://www.anfavea.com.br). Acesso em: 5 maio 2016.

ARAÚJO, K. L. B. **Desempenho operacional e energético de um microtrator em função da lastragem, velocidade de deslocamento e pressão de inflação dos pneus**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ARAUJO, K. L. B.; VILIOTTI, C. A.; NASCIMENTO, E. M. S.; MONTEIRO, L. A.; MION, R. L. Avaliação do desempenho operacional e energético de um conjunto trator de rabiça-rotoencanteirador. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, nº 44, 2015, São Pedro. **Anais...** São Pedro – SP, 2015.

ALBAHRI, T. A.; RIAZI, M. R.; ALQATTAN, A. A. **Analysis of Quality of the Petroleum Fuels**. Energy & Fuels, 2003.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS **Agricultural machinery management data**: ASAE Standards S313.2. St Joseph, Michigan, 1996.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **ASAE D497.4**. Agricultural machinery management data. In: ASAE Standards: Standards engineering practices data. St. Joseph: american Society of Agricultural engineers, 2009. p. 373-380.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. **ASAE S290.5**. Agricultural machinery management data. In: ASAE Standards: Standards engineering practices data. St. Joseph: american Society of Agricultural engineers, 1989. p. 44-48.

BALASTREIE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Editora Manole, 1990, 307p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Brasília, Ministério do Trabalho e Emprego. 2010.

BRAUNACK, M. V.; DEXTER, A. R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 14, p. 259-279, 1989.

BRIXIUS, W. W. Traction prediction equation for bias ply tires. **American Society of Agricultural Engineers**. n. 83, St. Joseph, Michigan, 1987.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO FILHO, A.; et al. Métodos de preparo do solo: Alterações na rugosidade do solo. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, v. 27, n.1, p.229-237, 2007.

CARVALHO, M. A. S. **Avaliação de um motor de combustão interna ciclo otto utilizando diferentes tipos de combustíveis**. 2011. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia – UFBA.

COONEY, C. P.; WORM, J. J.; NABER, J. D. Combustion Characterization in an Internal Combustion Engine with Ethanol-Gasoline Blended Fuels Varying compression Ratio and Ignition Timing. **Energy & Fuels**, 2009.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters**. 1981. Tese (Doutorado), Purdue University, West Lafayette, 1981.

CORDEIRO, M. A. L. **Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento**. 2000, 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DERPSCH, R. Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. In: CONGRESO NACIONAL DE ASOCIACIÓN ARGENTINA

DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA, 5., 1997, Mar del Plata. **Anais...**
Rosario: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, 1997. p.153-176

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 3. Ed. Brasília, 2013.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STOHHAecker, L.; HELMICH, J. J.
Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta, **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, 2000.

HUANG, Z. ET AL. Experimental Study on Engine Performance and Emissions for na Engine Fueled with Natural Gas-Hydrogen Mixtures. **Engine & Fuels**, 2006, 20, 2131-2136.

JESUÍNO, P. R. **Desempenho de um trator agrícola em função do desgaste das garras dos pneus e das condições superficiais do solo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

LEITE, D. M.; FURTADO JÚNIO, M. R.; FERNANDES, H. C.; SILVA, A. C.; FORASTIERE, P. R. Deslizamento dos rodados de um trator 4x2 TDA de parâmetros técnicos e operacionais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, nº 44, 2015, São Pedro. **Anais...** São Pedro – SP, 2015.

LEITE, D. M. **Desempenho de um conjunto trator-grade em função da velocidade do trator, pressão interna e tipo de construção dos pneus**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

MARTINS, J. **Motores de Combustão Interna**. 2ª edição. 2006.

MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V.; MACHADO, R. L. M. **Tratores para agricultura familiar**: Guia de referência. Ed. Universitária. UFPEL, 2010, 126 p.

MANTOVANI, E. C. *et al.* Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1241-1246, 1999.

MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas – **Ensaio e Certificação**. Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz, 1996, 723 p.

MONTANHA, G. K.; GUERRA, S. P. S.; SANCHEZ, P. A.; CAMPOS, F. H.; LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n.1, p. 39-51, 2011.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.3, p. 551-560, 2011. ISSN 0100-6916.

MONTEIRO, L. M.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H.; MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p. 70-75, 2013. ISSN 1806-6690.

NASCIMENTO, E. M. S.; AMORIM, M. Q.; ARAUJO, K. L. B.; CHIORDEROLI, C. A.; OLIVEIRA, J. L. P. Desempenho operacional do conjunto microtrator-rotoencanteirador. **Nucleus**, v. 13, p. 291-300, 2016.

NETO, J. A. A indústria de máquinas agrícolas no Brasil – origens e evolução. **Administração de Empresas**, 1985.

OLIVEIRA, J. G. R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim Geografia**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012.

OWEN, K.; COLEY, T. **Automotive Fuels Reference Book**. 2nd ed. SAE, 1995.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; URCHEI, M. A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v. 34, p. 443-451, 2010.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1777-1785, 2011.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.4, p. 681-691, 2010.

RODRIGUES, D. E.; et al. Desempenho de um microtrator utilizando-se motores de diferentes alternativas energéticas. **Aeta Scientiarium Technology**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 55-63, Jan/June, 2006.

SANDI, J.; SPADIM, E. R.; MARTINS, M. B.; FERNANDES, B. B.; LANÇAS, K. P. Ensaio de barra de tração de dois tratores agrícolas em pista de concreto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, nº 43, 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande – MS, 2014.

SANTOS, M. A. M. **Desempenho operacional e energético de um protótipo de quadriciclo agrícola em pista de concreto em função da rotação, da marcha e carga aplicada na barra de tração**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2017.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENSCHEN, F.N.; DALL'ACQUA, F.M. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1984. 26p.

SILVA, F. S. **Avaliação do ruído e do desempenho energético de um trator de rabiças com um arado de disco acoplado**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará – UFC.

SCHLOSSER, J. F.; LINARES, P.; MÁRQUEZ, L. Influência do avanço cinemático das rodas dianteiras sobre a eficiência em tração de tratores com quatro rodas motrizes não isodiamétricas. **Ciência Rural**, v. 34, n.6, p. 1801-1805, 2004. ISSN 0103-8478.