



FACULDADES INTEGRADAS DE TAGUAI

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE ENGENHARIA AGRONOMICA

**DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM SUBSOLADOR SOB DIFERENTES
VELOCIDADES E PROFUNDIDADES**

RICARDO ALVES TEIXEIRA

Taguai/SP

2022

Ricardo Alves Teixeira

**DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM SUBSOLADOR SOB DIFERENTES
VELOCIDADES E PROFUNDIDADES**

Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado para a
Faculdades Integradas de Taguaí,
como requisito parcial para a obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme
Lança Rodrigues

Taguaí/SP
2022

DEDICATÓRIA

Dedico este presente trabalho em primeiro lugar a Deus, por ter me dado condições para seguir nesta árdua caminhada dos 5 anos.

A minha família, minha mãe Maria do Carmo Barbieri Teixeira, meu pai Dirceu Alves Teixeira, minha irmã Alexandra Teixeira Moreira, meu primo Anderson Barbieri Ferreira, amigos e colegas que juntos estivemos nesta jornada, me apoiando, dando força para que nunca desistisse deste sonho e deste importante ciclo da minha vida.

A todos os colegas do curso Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguai (FIT), corpo docente e discente, agradeço e me coloco a disposição para compartilhar e contribuir com tamanho conhecimento absorvido durante todos os 5 anos.

Ao Professor, coordenador e orientador Dr. José Guilherme Lança Rodrigues, sem seu apoio não chegaria onde estou, meu muito obrigado por ter acreditado que seria capaz conquistar junto a todos colegas esta importante formação profissional.

Dedico este TCC a todos que de forma uma forma direta ou indiretamente contribuiu ao longo desta minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelas oportunidades que ao longo dela tem me apresentado, acredito que nada é por acaso, e agradeço a todos que durante todos estes ciclos estiveram comigo em cada momento, pois de cada um dele, tive aprendido. A todos os colaboradores da Faculdades Integradas de Taguaí (FIT), destacando claro algumas pessoas em especial. Meu Orientador Coordenador Prof. Dr. José Guilherme Lança Rodrigues, mestres que tenho muita admiração e respeito. Agradeço também aos mestres acadêmicos, Vinícius Fernandes Canassa, Alexandre Batista, Héroy, Ana Paula Prestes, Gabrieli Romano, Jéssica Gorri, Natália Assunção, Bianca Machado, Rogério Gomes, João Henrique Castanho, Michel Monassa, Emerson, Maria Cecília Soldera, Marco Aurélio Callegari, Marcus Garbelotti, Nanúbia, Jessica Santos, Alex Campos, Giliard Marinho.

RESUMO

O processo de subsolagem consiste-se em uma operação mecanizada de custo elevado e de demanda energética de acordo com a área, tradicionalmente usada por agricultores antes do preparo do solo na descompactação de camadas adensadas. Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise sobre o desempenho de um subsolador em função de seu funcionamento, desempenho operacional e energético. Este é uma revisão integrativa de literatura, por meio da captação de publicações científicas com foco principal nos estudos realizados por Sasaki (2000). Para o experimento, foi utilizado um subsolador de 3 hastes curvas em formato "V", com ponteiros sem asa e roda de controle de profundidade, sendo analisadas as profundidades de acordo com cada obra analisada. Para puxar o subsolador, foi empregado o trator da marca Valtra, modelo 985S, munido de um motor de aspiração forçada com quatro, cilindros. Foram medidos os seguintes aspectos: Análise de espaçamento, velocidade empregada e o desempenho energético e operacional. Ao ser analisado os valores obtidos, foi possível verificar que os fatores de marcha interferem de forma significativa nas variáveis de velocidade, deslocamento, capacidade de campo efetiva e que o aumento de profundidade de subsolagem contribuiu de forma significativa para o aumento de gastos energéticos para a redução da capacidade de campo efetiva.

Palavras-chave: Subsolador. Solo. Energia. Operacional. Velocidade.

ABSTRACT

The subsoiling process consists of a mechanized operation with a high cost and energy demand according to the area, traditionally used by farmers before soil preparation in the decompression of dense layers. This work aims to carry out an analysis of the performance of a subsoiler in terms of its operation, operational and energy performance. This is an integrative literature review, through the capture of scientific publications with a main focus on the studies carried out by Sasaki (2000). For the experiment, a subsoiler with 3 curved rods in a "V" shape was used, with wingless tips and a depth control wheel, being followed as depths according to each underground work. To pull the subsoiler, a Valtra tractor, model 985S, was used, equipped with a forced aspiration engine with four cylinders. The following aspects were measured: Spacing analysis, speed used and energetic and operational performance. When analyzing the values obtained, it was possible to verify that the gait factors significantly interfere in the variables of speed, displacement, effective field capacity and that the increase in subsoiling depth contributed significantly to the increase of energy costs to reduce the effective field capacity.

Keywords: Subsoiler. So. Energy. Operational. Speed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA.....	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
3.1 Preparo do solo.....	5
3.2 Subsolador utilizado: velocidade empregada.....	6
3.3 Desempenho energético e operacional.....	10
4. CONSIDERAÇÃO FINAL.....	12
5. REFERÊNCIAS.....	13

TABELAS

1. TABELA 1 – RESULTADOS MÉDIOS DO SUBSOLADOR NO ESPAÇAMENTO 1.....	6
2. TABELA 2 – RESULTADOS MÉDIOS DO SUBSOLADOR NO ESPAÇAMENTO 2.....	6
3. TABELA 3 – RESULTADOS MÉDIOS DO SUBSOLADOR NO ESPAÇAMENTO 3.....	7
4. TABELA 4 – SÍNTESE DE ANÁLISE DE ESPAÇAMENTO, VELOCIDADE DE TESTE.....	7
5. TABELA 5 – INTERAÇÃO ENTRE ESPAÇAMENTO E MARCHA PARA A VARIÁVEL CAPACIDADE DE CAMPO EFETIVA.....	8
6. TABELA 6 – ANÁLISE DE VARIÁVEIS DA ÁREA DE ELEVAÇÃO (AE), ÁREA MOBILIZADA (AM) E INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS (IRV).....	9
7. SIMULAÇÕES DE SUBSOLAGEM DE PROFUNDIDADE VARIÁVEL EM DUAS ÁREAS (25 HA E 75 HA).....	11

FIGURAS

1. AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ - ADAPAR.....	2
2. MELATTI, UDT BELAGRÍCOLA.....	3
3. SUBSOLADOR DE 3 HASTES.....	4
4. DIFERENÇA DA SUBSOLAGEM E ESCARIFICAÇÃO.....	4

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, em circunstância do aumento constante da população mundial e da demanda por produção alimentícia, a mecanização agrícola torna-se um fator indispensável e imprescindível. Beutler et al. (2006) salienta que a maior incidência de mecanização agrícola se sucede no preparo do solo, os tratores máquinas muito utilizadas como uma forma de tração para o preparo e implementação do solo.

A partir de um ponto de vista econômico, o processo de mecanização representa de 20% a 40% do custo total de produção nas propriedades agrícolas, devendo ser usados e dimensionados ao trabalho de maneira adequada (BENTIVENHA; GONÇALVES; SASAKI, 2003). Um estudo realizado por Gonçalves e Stape (2002) a respeito das operações de subsolagem para o cultivo de árvores de eucalipto alcançaram um custo operacional que variava entre US\$ 17,17 a US\$ 22, 37. O mesmo estudo revela que em uma área de cultivo de milho sob formas distintas de manejo solar, encontraram um custo de US\$24,49 h⁻¹ para a realização da escarificação.

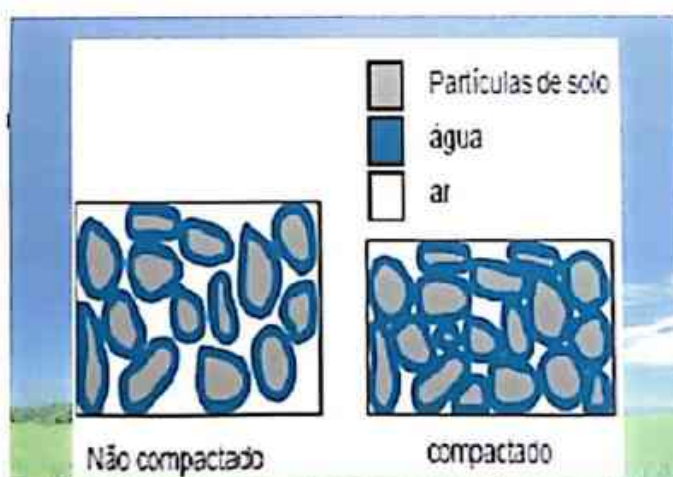
De acordo com Salvador, Benez e Mion (2009) o preparo do solo pode influenciar positivamente o crescimento inicial das plantas, a produtividade e uniformidade florestal e agrícola, além de possuir relações diretas com o potencial de conservação solar. Dentre as mais variadas opções de preparo de solo, o processo de subsolagem tem se consolidado na área florestal, em virtude de seus efeitos benéficos sobre o solo e suas vantagens econômicas e funcionais. Sua adoção em setores agrícolas está relacionada a disseminação do cultivo mínimo, o qual objetiva a baixa mobilização mecânica e gerência de resíduos vegetais sobre o solo. Nos dias atuais, o processo de subsolagem tornou-se uma operação muito utilizada em diversos tipos de plantações (LANÇAS, 2002).

O processo de subsolagem pode ser descrito como a ação de uma ferramenta ajustada, capaz de romper camadas compactadas ou densas de solo, buscando reduzir sua resistência à penetração de raízes, aumentando o processo de aeração e a drenagem solar, de forma a reduzir o processo de escoamento superficial e o tempo de encharcamento (GABRIEL FILHO et al., 2010). Apesar da concepção apresentada, o processo de subsolagem na área florestal não possui

como objetivo principal o rompimento de camadas compactadas do solo e permitir o processo enraizado de plantas e elevar o teor de água no solo devido a uma taxa maior de infiltração (FIORESE et al., 2015).

A avaliação do desempenho operacional de subsoladores podem ser usados os parâmetros: área de mobilização de solo, profundidade, largura adequada, velocidade de deslocamento, consumo de combustível, força de tração, resistência, patinagem e capacidade operacional. Os parâmetros capazes de comprometer o desempenho operacional dos subsoladores são: configuração da haste, tamanho e tipo de ponteira, tipo de solo, teor de água em solo, velocidade de trabalho, potência, e etc. (BARBOSA et al., 2015).

Peloia e Milan (2010) salientam que as informações a respeito do desempenho e capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande relevância na gestão de sistemas agrícolas mecanizados, contribuindo para a tomada de decisões. A tomada de decisões para a seleção de sistemas de plantio mecanizado é realizada pela avaliação de funcionamento operacional e econômico das atividades. Desta forma, a pesquisa realizada busca realizar a avaliação do desempenho energético e operacional de um subsolador em diferentes profundidades e velocidade da máquina analisada.



AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ – ADAPAR



Foto: Melatti, UDT Belagícola



Foto: Sales, UDT Belagícola



Foto: Sales, UDT Belagícola

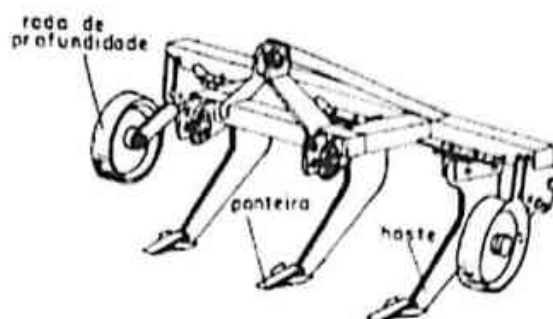
2. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foi utilizado como metodologia a de revisão integrativa de literatura, através da captação de publicações científicas, levando em consideração que tal método permite a inclusão concomitante de pesquisa experimental, unindo elementos literários empíricos e teóricos, com o intuito de sintetizar resultados obtidos em pesquisa sobre um tema ou uma questão de forma sistemática, abrangente e deliberado.

A revisão de literatura foi realizada a partir da coleta de artigos colhidos em bancos de dados como *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e Google Acadêmico, a fim de buscar por artigos e estudos que sustentassem a proposta trazida pela pesquisa. Para a realização deste trabalho, documentos datados entre os últimos 20 anos, todos escritos em língua portuguesa.

O subsolador avaliado é munido de 3 hastes curvas dispostas em formato "V" com ponteiros sem asa e roda de controle de profundidade; Perfilômetro fabricado de madeira medindo 2,50 m de largura útil, contendo 41 aberturas a cada 5 cm onde passa uma régua de ferro indo de 0 a 80 centímetros; Fio de cobre encobrido medindo cerca de 15 metros de comprimento e com marcações de 0,15 metros, resultando em 100 pontos de leitura. A combinação de tratamentos foi realizada da

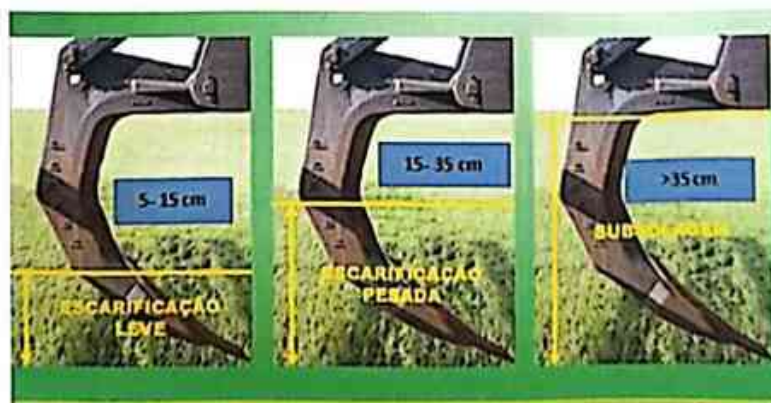
seguinte forma: 3 velocidades de deslocamento (2, 4 e 6 km/h), 3 espaçamentos entre hastes (50, 60 e 70 cm) ambos apresentando profundidade de trabalho do subsolador de 40 cm.



FONTE: infobibos

A máquina utilizada para puxar o subsolador foi o trator da marca Valtra, modelo 985S, munido de um motor de aspiração forçada com quatro, cilindros, quatro tempos, com uma potência máximas de 77 Kw (105 cv) a 2300 rpm e torque variando entre 390 Nm a 1400 rpm. As capacidades máximas de levante do sistema hidráulico do trator é de 25408 N (2590 kgf). Ao longo do processo de avaliação foi utilizada a marcha 2h (segunda marcha rápida), com uma tração dianteira auxiliar (TDA) acionada e rotação de motor fixada em 2500 rotações por minuto.

A área analisada apresentava em sua cobertura restos de cultura de milho verde (*Zea mays L.*), além da presença de uma série de plantas invasoras como capim-amargoso (*digitária insularis*), pé-de-galinha (*Eleusine indica*), Buva (*Coniza sp*) e picão-preto (*bidens sp*). A amostra de solo é classificada por Andrioli e Centurion (1999) como do tipo Latossolo de coloração avermelhada, eutroférico típico, textura consideravelmente argilosa a moderada, e relevo suave ondulado.



Alguns autores separam a operação da subsolagem da escarificação, por meio da profundidade de trabalho. Para profundidades entre 5 e 15 cm tem-se a escarificação superficial; para valores de 15 a 35 cm, a escarificação profunda e para profundidades maiores que 35 cm, tem-se a subsolagem (podendo chegar à profundidade de até 1,0 m). (FCAV.UNESP)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Preparo do solo

A partir das observações realizadas sobre os estudos de Pesini et al. (2014) foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, contendo oito blocos e dois tratamentos, sendo estes: PD- plantio direto consolidado há cerca de 15 anos; CM – Cultivo Mínimo realizado com o subsolador de hastes curvas, juntamente a um rolo nivelador/destorador. A profundidade analisada sobre o trabalho do solador foi de 40 cm. As parcelas são de 3,2 x 12 cm (L x C), sendo que o espaço entre parcela e blocos é de 2,0 m, com uma bordadura de 3,5 m.

Em relação as características físicas avaliadas, foram as de: macroporidade, microporidade, porosidade, total, densidade solar e resistência mecânica solar à penetração. Para estimar sobre o espaço aéreo do solo foram utilizados dados de macroporidade (REICHERT, et al., 2008), para analisar a existência de áreas compactadas foram medidas a densidade do solo e, sendo depois feita a comparação com as densidades restritivas.

Para a análise de amostra de solo, Pesini et al. (2014) realizou a mesma em cilindros de aço carbono galvanizado, sendo processado em mesa de tensão a base de areia assim como demandam as especificações da Embrapa (1997). É importante ressaltar que as amostras foram colhidas antes da realização da semeadura de milho, a fim de avaliar as condições de pré-semeadura.

Pessini (2014) salienta que as profundidades em estudos foram as seguintes: 1,00m, 1,20m e 1,40m as camadas foram escolhidas por meio de um estudo prévio da resistência mecânica do solo à penetração, buscando as profundidades de maior variação deste parâmetro. A resistência mecânica do solo à penetração foi

executada a fim de analisar os efeitos do subsolador na descompactação do solo. As medidas foram realizadas por meio da ferramenta digital Penetrolog, um penetrômetro de armazenamento automático.

3.2 Subsolador utilizado: velocidade empregada

Os dados referentes ao subsolador analisados foram colhidos do artigo de Sasaki (2000). O subsolador analisado foi o da marca Baldan de 3 hastes parabólicas, com ponteiros sem asa e roda de controle de profundidade assim como consta nos materiais e métodos utilizados. A apresentação geral de resultados teve como critério relacionar valores médios de cada variável comparativa com cada condição de espaçamentos entre hastes e velocidades de trabalho.

Na tabela 1, 2, e 3, por meio de análises dos estudos de Sasaki, são revelados os resultados médios das variáveis velocidade (ΔV), capacidades de campo efetiva (CCE), rendimento teórico operacional (RT) área de elevação (AE), área mobilizada (AM) e a incorporação de cobertura vegetal (ICV) para os respectivos espaçamentos: 1,2 e 3.

TABELA 1 – RESULTADOS MÉDIOS DO SUBSOLADOR NO ESPAÇAMENTO 1

Velocidades	ΔV (km h ⁻¹)	CCE (ha h ⁻¹)	RT (%)	AE (m ²)	AM (m ²)	ICV (%)
1	0,59	0,2847	78,78	0,0355	0,4553	36,00
2	0,81	0,4641	81,51	0,1367	0,5035	37,50
3	1,42	0,7042	79,19	0,1018	0,4832	41,00

FONTE: Sasaki (2000).

ΔV (Variáveis Velocidade) CCE (Capacidade de Campo Efetiva) RT (Rendimento Teórico Operacional) AE (Area de Elevação) AM (Area Mobilizada) ICV (Incorporação de Cobertura Vegetal)

TABELA 2 – RESULTADOS MEDIOS DO SUBSOLADOR NO ESPAÇAMENTO 2

Velocidades	ΔV (km h ⁻¹)	CCE (ha h ⁻¹)	RT (%)	AE (m ²)	AM (m ²)	ICV (%)
1	0,53	0,3370	80,81	0,0897	0,4608	29,7
2	0,90	0,5220	79,45	0,1157	0,4722	24,5
3	1,32	0,8280	80,70	0,1381	0,4970	39,2

FONTE: Sasaki (2000).

TABELA 3 – RESULTADO

ΔV (Variáveis Velocidade)
CCE (Capacidade de Campo Efetiva)
RT (Rendimento Teórico Operacional)
AE (Area de Elevação)
AM (Area Mobilizada)
ICV (Incorporação de Cobertura Vegetal)

ESPAÇAMENTO 3

Velocidades	km h ⁻¹	(ha h ⁻¹)	(%)	(m ²)	(m ²)	CV (%)
1	0,60	0,3706	78,42	0,1005	0,5638	38,7
2	0,99	0,5757	77,32	0,1080	0,5822	23,2
3	1,12	0,9718	83,58	0,1618	0,6155	35,2

FONTE: Sasaki (2000).

ΔV (Variáveis Velocidade)
CCE (Capacidade de Campo Efetiva)
RT (Rendimento Teórico Operacional)
AE (Area de Elevação)
AM (Area Mobilizada)
ICV (Incorporação de Cobertura Vegetal)

Na tabela 4, é possível analisar a síntese de variáveis e de teste de medidas para as variáveis de velocidade real de deslocamento (VR), capacidade de campo efetiva (CCE) e de rendimento teórico (RT). É possível analisar que o fator espaçamento não houveram diferenças estatísticas significativas para a VR:

FIGURA 4 – SÍNTESE DE ANÁLISE DE ESPAÇAMENTO, VELOCIDADE DE TESTE

Fatores	VR (l/hl ^{1/2})	CCE (l/hl ^{1/2})	RT (%)
Espaçamento (E)			
E ₁	3,73 a	0,4843	79,83 a
E ₂	3,75 a	0,5623	80,32 a
E ₃	3,76 a	0,6394	79,77 a
Velocidade (V)			
V ₁	2,21 c	0,3308	79,34 a
V ₂	3,48 b	0,5206	79,43 a
V ₃	5,55 a	0,8347	81,16 a
Teste F			
E	0,1052 NS	95,8906 **	0,0954 NS
V	918,9431 **	1033,0609 **	1,0863 NS
ExV	1,7558 NS	13,0293 **	1,8484 NS
C.V.%	4,46	4,23	3,69

FONTE: Sasaki (2000).

VR (Variação de Velocidade)
CCE (Capacidade de Campo Efetiva)
RT (Rendimento Teórico Operacional)

A partir da análise da tabela 4, a respeito das interações estatística significativa entre fatores de espaçamento e velocidade, sendo possível notar que o fator espaçamento influenciou de forma significativa a variável capacidade de campo efetiva.

A partir da tabela 5, é possível notar que para V1, ocorreu uma semelhança estatística entre os espaçamentos E2 e E3, sendo estes elevados à E1. De acordo com as análises de Sasaki (2000) houveram diferenças estatísticas entre os espaços analisados, sendo que, em ambos, E3, foi superior a E2 que, foi superior a E1.

TABELA 5 – INTERAÇÃO ENTRE ESPAÇAMENTO E MARCHA PARA A VARIÁVEL CAPACIDADE DE CAMPO EFETIVA

Espaçamento	Velocidade		
	V1	V2	V3
E1	0,2847 a A	0,4641 a B	0,7042 a C
E2	0,3370 b A	0,5220 b B	0,8280 b C
E3	0,3706 b A	0,5757 c B	0,9680 c C

FONTE: Sasaki (2000).

V (Velocidade)
E (Espaçamento)

A partir da análise da tabela 5, é possível verificar que para todos os espaçamentos (E1, E2, E3), a variável "capacidade de campo efetiva" foi superior a

V3, sendo seguida de V2 e V1, como ocorrido. A partir das tabelas 1,2 e 3, é possível visualizar as medidas de resultados da variável "rendimento teórico" nos tratamentos estudados.

A partir dos dados expostos na tabela 4, é possível analisar que não ocorreu interações estatísticas significantes entre os fatores. Notou-se também que o espaçamento não influenciou a variável de rendimento teórico; dessa forma, ocorreu conformidade estatística entre E1, E2, E3, e, ainda se notou que o fator de velocidade não causou nenhuma influência na variável, ocorrendo semelhança estatística entre V1, V2 e V3.

Abaixo, a tabela 6 mostra a síntese de análise de variância e de teste de medidas as variáveis de elevação, área mobilizada e incorporação de resíduos vegetais:

TABELA 6 – ANÁLISE DE VARIÁVEIS DA ÁREA DE ELEVAÇÃO (AE), ÁREA MOBILIZADA (AM) E INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS (IRV)

Fatores	AE (m ²)	AM (m ²)	IRV (%)
Espaçamento (E)			
E1	0,0980 a	0,4807 b	38,17 a
E2	0,1145 a	0,4767 b	32,33 a
E3	0,1234 a	0,5872 a	31,11 a
Velocidade (V)			
V1	0,0819 a	0,4933 a	34,78 a
V2	0,1201 a	0,5193 a	28,39 a
V3	0,1339 a	0,5319 a	38,44 a
Teste F			
E	0,6592 NS	9,7990 **	1,3776 NS
V	2,8750 NS	0,9640 NS	2,5093 NS
E×V	0,7820 NS	0,1886 NS	0,8127 NS
C.V.%	42,58	11,67	28,45

FONTE: Sasaki (2000).

AE (Análise de variância de elevação)
AM (Análise de área mobilizada)
IRV (Incorporação de Resíduos Vegetais)
E (Espaçamento)
V (Velocidade)

A respeito da área de elevação de perfil de solo, de acordo com as análises feitas sobre a tabela 6, não houve interação estatística significativa entre fatores de espaçamento e velocidade. Também foi possível analisar que o fator de espaçamento não influenciou de forma significativa a variável de elevação do perfil de solo, havendo semelhança estatística entre E1, E2, E3.

Também se analisou que o fator de espaçamento foi uma influência significativa à variável da área mobilizada. Foram analisados valores maiores da área mobilizada para E3, enquanto E1, foi estatisticamente equivalente a E2, o que contraria os resultados adquiridos alcançados por Sasaki (2000) que afirma que a área mobilizada solo é superior quando a relação espaçamento entre hastes e profundidade de trabalho é de aproximadamente de 1,0 a 1,5, uma vez que a relação para E3, neste experimento era de 1,75m. Foi possível analisar também que o fator de velocidade não influenciou de forma estatística a variável de área mobilizada. Desta forma, ocorreu a semelhança estatística entre V1, V2 e V3. Os dados apresentados na tabela 6 mostram que, na variável de incorporação de resíduos vegetais, não houve nenhuma interação estatística significativa entre fatores: espaçamento e velocidade e, ainda, no fator espaçamento não houveram diferenças estatísticas significantes para a variável de incorporação de resíduos vegetais (em porcentagem).

Também é possível constatar que o fator de velocidade não influenciou a variável de incorporação de resíduos vegetais. Desta forma, não houveram diferenças estatísticas entre V1, V2 e V3.

3.3 Desempenho energético e operacional

Sasaki (2000) salienta que a operação de subsolagem requer um consumo elevado consumo energético e, ao realizar-se esta operação com profundidades menores ou não é realizada a subsolagem – os custos de preparo do solo ficam vertiginosamente reduzidos e adverte também que, por outro lado, se existe uma camada compactada, a não realização de subsolagem a operações realizadas em profundidades inferiores à necessária podem causar prejuízos consideravelmente maiores, pelo fato da queda de produção de cultura instalada.

As análises feitas sobre o trabalho de Sasaki (2000) mostram que, ao estudar o desempenho energético do subsolador escolhido, a ocorrência da elevação de consumo de combustível é de 20%, e incremento de 120% na força de tração. A respeito da profundidade foi aumentada em 0,23 para 0,35, colaborando para com os dados adquiridos no ensaio.

Ao realizar as simulações demonstradas na tabela 7, baseado nos resultados obtidos da Capacidade de Campo Efetiva (CCE) e do Consumo Operacional de Combustível (COC), a economia de tempo de trabalho (h) com uma profundidade variável (PV) relacionado a profundidade fixa (PF), varia entre 1,85% para uma área de 25 hectares (PV) (tabela 7) e 6,34% para uma área de 75 hectares. Para COC, a diminuição variou de 6,42 a 25,69%, usando a PV em relação à PF, e resultados que se assemelham aos encontrados por Beutler et al. (2006) que, utilizando o mesmo modelo de subsolador, obteve 28,4% de economia de combustível ensaiando o sistema de subsolagem de profundidade variável em comparação com o sistema de profundidade fixa. Sasaki (2000) ressalta que, a partir de medidas de densidade do solo e índices de cone do solo em formato de grade de pontos referenciados, o consumo de combustível pode ser reduzido para 50% em um local específico de cultivo quando comparado com a subsolagem de todo o campo. A imagem 7 mostra a subsolagem realizada por Sasaki (2000) em duas áreas diferentes, onde PF representa Profundidade Fixa e PV representa Profundidade Variável:

TABELA 7 – SIMULAÇÕES DE SUBSOLAGEM DE PROFUNDIDADE VARIÁVEL EM DUAS ÁREAS (25 HA E 75 HA)

	Área 1	Área 2	Área total	
	(ha)			
	25	75	100	
Trat.	CCE	CCE	Total	Diferença
	(ha h ⁻¹)		(h)	(%)
PV	0,99	0,69	133,95	
PF	0,90	0,69	136,47	-1,85
Trat.	COC	COC	Total	Diferença
	(L ha ⁻¹)		(L)	(%)
PV	10,53	32,17	2675,88	
PF	17,87	32,17	2859,50	-6,42

FONTE: Sasaki (2000).

COC (Consumo Operacional Combustível)
CCE (Capacidade de Campo Efetiva)
PV (Profundidade Variável)
PF (Profundidade Fixa)

A partir dos dados revelados na tabela 7, é possível concluir que quanto maior a área trabalhada em PV, de acordo com as variáveis examinadas, maiores são os níveis de redução de consumo de combustível e tempo gasto para a operação. Estes resultados são devidos a elevação da capacidade operacional uma vez que na comparação entre PV e PF, quando o subsolador trabalha a mesma profundidade em toda uma área (0,35 m) áreas de IC inferiores a 2 Mpa que não teriam a necessidade de descompactação, os equipamentos estariam realizando operações exigindo a quantidade de energia necessária (SASAKI, 2000).

A partir das observações realizadas sobre o estudo de Sasaki (2000) e os resultados obtidos na tabela 7, é possível concluir que a utilização de equipamentos automatizados em trabalhos futuros que trabalham em diversas profundidades para a descompactação do solo, pode relacionar os gastos energéticos contribuindo para a redução de desgastes de conjunto e de tempo de operação, demonstrando, desta maneira, ser viável com a utilização de equipamentos que trabalham em profundidades variáveis para compactação do solo.

4. CONSIDERAÇÃO FINAL

A partir dos dados obtidos sobre a análise dos artigos, constatou-se que o fator de espaçamento influenciou de forma positiva sobre as variáveis de área mobilizada e a capacidade de campo efetiva. Houve uma interação significativa entre fatores de espaçamento e velocidade para variáveis de campo efetiva. Não foi observada a influência de fatores de marcha e espaçamento em variáveis de rendimento teórico, área de elevação e incorporação de resíduos vegetais.

Constatou-se também que o aumento de profundidade de subsolagem contribuiu de forma significativa para o aumento de gastos energéticos para a redução da capacidade de campo efetiva. Na simulação de profundidade e subsolagem variável ocorreu quando em comparação a subsolagem em

profundidade fixa, diminuição no consumo operacional de combustível e no tempo para a realização das áreas, em todas as simulações realizadas.

5. REFERÊNCIAS

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Brasília, 1999. 32p.

BARBOSA, L. P.; SIQUEIRA, W. C.; ABRAHAO, S. A.; CONCEIÇÃO, J. L.; OLIVEIRA, C. A. C. Desempenho operacional e análise de custo do conjunto mecanizado no prepare do solo para plantio florestal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 746-763, 2015. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1796>. Acesso em: 08, nov. 2022.

BENTIVENHA, S.R.P.; GONÇALVES, J.L.M.; SASAKI, C.M. Mobilização do solo e crescimento inicial do eucalipto em função do tipo de haste subsoladora, profundidade de trabalho e características do solo. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.588-605, 2003. Disponível em:

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr67/cap05.pdf. Acesso em: 04, nov. 2022.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; SILVA, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.787-794, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000500004>. Acesso em: 04, nov. 2022.

FCAV. UNESP; <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/ROVERSONPEREIRADASILVA/apostila-compactacao-subsolador-e-escarificador.pdf> Acesso em: 04, nov. 2022.

FIORESE, D. A.; SANDI, J.; MARASCA, I.; MORELLI-FERREIRA, F.; SPADIM, E. R.; LANÇAS, K. P. Torque nos rodados motrizes de um trator agrícola submetido a ensaios de tração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 9, p. 903-909, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/F74m6cDmf4fkP7Y4b8NTPzK/?lang=pt>. Acesso em: 04, nov. 2022.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J.; JESUINO, P. R. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 333-339, 2010. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/kvSTyqDWfnCQZDNckxnNJBf/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 04, nov. 2022.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.3, p.131-204.

LANÇAS, K. P. **Subsolagem ou escarificação**. Cultivar Máquinas, v.1, p.34-37, 2002.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Revista Engenharia Agrícola**. v. 30, 2010. p. 681-69. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265986574_Proposta_de_um_sistema_de_

medicao_de_desempenho_aplicado_a_mecanizacao_agricola. Acesso em: 08, nov. 2022.

PESINI, F.; ROSA, D. P.; SANTOS, C. C.; FINCATTO, D.; PAGNUSSAT, L.; BRUINSMA, M. Uso de subsolador como técnica de melhoria física um solo sob sistema de plantio direto em sertão (RS). **RAMVI**, Getúlio Vargas, v. 01, n. 01, jan/jun., 2014. Disponível em: Acesso em: 10, nov. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.getulio.ideal.com.br/wp-content/files_mf/9dbc55450d9ce78162c7dd90fa544ffa192_1.pdf. Acesso em: 10, nov. 2022.

SALVADOR, N.; BENEZ, H.; MION, R. L. Demanda energética na subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, dez, p. 2501-2505, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/Pnk6jwhb44d5kgtDpsNKQhF/?lang=pt>. Acesso em: 04, nov. 2022.

SASAKI, C. M. **Força de tração e desempenho operacional de hastas subsoladores em solos com diferentes texturas e umidade**. Dissertação, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-20191108-095442/publico/SasakiCassianoMassakazu.pdf. Acesso em: 12, nov. 2022.