

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 18 (3)

May/June 2025

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/18220252091>



Desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operações de preparo do solo

Operational and energy performance of an agricultural tractor during soil preparation operations

Rian Alves da Silva

Centro Universitário da Grande Dourados

Vinicius Tsuyoshi Ito

Centro Universitário da Grande Dourados

Corresponding author

Sálvio Napoleão Soares Arcoverde

Centro Universitário da Grande Dourados

salvionapoleao@gmail.com

Mateus Luiz Secretti

Centro Universitário da Grande Dourados

Resumo. A seleção criteriosa e o planejamento eficiente de máquinas agrícolas influenciam diretamente a redução de custos e a otimização da eficiência operacional no campo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade operacional e energética de um trator agrícola em diferentes velocidades de trabalho durante as operações de gradagem (preparo primário) e escarificação. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN), em um Latossolo Vermelho distroférrico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2×3 , sendo, duas operações de preparo (gradagem e escarificação) e três marchas (2ª, 3ª e 4ª) reduzidas com quatro repetições. Avaliou-se a capacidade de campo efetiva (CCe), capacidade de campo operacional (CCo), tempo efetivo (Tef), índice de patinagem, bem como estimou-se a força de tração (FT), potência na barra (Pot), consumo específico de combustível (CeC), consumo horário de combustível (ChC) e rendimento específico (RE). Houve influência do tipo de operação e velocidade sobre Tef, CeC e RE. A gradagem teve maior capacidade de campo e menor tempo efetivo de trabalho em comparação à escarificação. A gradagem consumiu mais combustível, enquanto a escarificação foi mais eficiente energeticamente, mas com menor desempenho operacional. A 3ª marcha reduzida (5 km h^{-1}) e a 2ª marcha reduzida (4 km h^{-1}) aperfeiçoaram o desempenho dos conjuntos mecanizados trator-grade e trator-escarificador, respectivamente.

Palavras-chaves Escarificação, Gradagem, Mecanização agrícola.

Abstract. The careful selection and efficient planning of agricultural machinery directly impact cost reduction and the optimization of operational efficiency in the field. This study aimed to evaluate the operational and energy efficiency of an agricultural tractor at different working speeds during harrowing (primary tillage) and chiseling operations. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Centro Universitário da Grande Dourados (UNIGRAN) on a Oxisol. The experimental design was a randomized block in a 2×3 factorial scheme, with two tillage operations (harrowing and chiseling) and three reduced gears (2nd, 3rd, and 4th) with four replications. The evaluated parameters were effective field capacity (EFC), operational field capacity (OFC), effective time (ET), wheel slip index, and estimates of drawbar force (DF), drawbar power (DP), specific fuel consumption (SFC), hourly fuel consumption (HFC), and specific yield (SY). The type of operation and speed influenced ET, SFC, and SY. Harrowing presented higher field capacity and shorter effective working time compared to chiseling. Harrowing consumed more fuel, whereas subsoiling was more energy-efficient but had lower operational performance. The 3rd reduced gear (5 km h^{-1}) and the 2nd reduced gear (4 km h^{-1}) optimized the performance of the tractor-harrow and tractor-chisel sets, respectively.

Keywords: Chisel plow, Harrowing, Agricultural mechanization

Introdução

A mecanização agrícola desempenha um papel fundamental no aumento da eficiência e produtividade das atividades agrícolas, sendo essencial para atender à crescente demanda global por alimentos, fibras e energia. O uso racional de máquinas agrícolas, aliado ao monitoramento constante do desempenho operacional e energético, é crucial para otimizar os processos produtivos e garantir a sustentabilidade econômica e ambiental nas propriedades rurais. A escolha e o planejamento adequado das máquinas agrícolas têm um impacto direto na redução de custos e no aumento da eficiência das operações no campo (Farias et al., 2018; Simões Silva, 2012).

O desempenho operacional de máquinas agrícolas refere-se à sua capacidade de realizar tarefas de maneira eficiente, considerando variáveis como a velocidade de operação, profundidade de trabalho e consumo de combustível. Farias et al. (2018) avaliaram o desempenho operacional e energético de um trator agrícola durante operações de gradagem e demonstraram como as variáveis influenciam diretamente a eficiência das operações. Cortez et al. (2011) constaram que a combinação ideal de trator e implementos é essencial para o sucesso no preparo do solo em relação à escolha do conjunto trator-implementos nas operações agrícolas.

A otimização do desempenho energético das máquinas agrícolas também tem se tornado uma prioridade devido à busca por soluções mais sustentáveis e econômicas. Segundo Vale et al. (2017), ao estudarem o desempenho energético de um trator em função do escalonamento de marchas e rotações do motor, ajustes nessas variáveis podem reduzir o consumo de combustível sem comprometer a eficiência das operações. Outro exemplo relevante é o trabalho de Jasper et al. (2025), que analisam a eficiência energética de tratores com tração integral durante operações de semeadura, apontando estratégias para melhorar o desempenho energético sem aumento significativo nos custos operacionais.

Nesse contexto, o planejamento da maquinaria agrícola deve considerar tanto os aspectos operacionais quanto energéticos para garantir que as máquinas utilizadas entreguem os melhores resultados com o menor custo possível, atendendo às demandas produtivas e ambientais de forma sustentável (Simões Silva, 2012; Nascimento et al., 2016).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional e energética de um trator agrícola em diferentes velocidades de trabalho durante as operações de gradagem (preparo primário) e escarificação.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Centro Universitário da Grande Dourados- UNIGRAN, no município de Dourados, MS, localizada 22° 13' 16" de latitude Sul

e 54° 48' 2" de longitude Oeste e altitude de 452 m. O clima da região é do tipo Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos), com temperatura média do mês mais frio a 18,2°C e a do mês mais quente superior a 25°C (Fietz et al., 2017). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa (Santos et al., 2018).

Foi utilizado o delinamento em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 3), sendo dois sistemas de preparo de solo (preparo convencional e preparo reduzido) e três marchas de trabalho (2ª, 3ª e 4ª marchas reduzidas) e 1500 rpm com 4 repetições. Cada parcela experimental ocupou área de 15 x 3 m (45 m²). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos mecanizados durante as operações de preparo.

A área destinada ao experimento foi dividida em duas subáreas, compostas pelo preparo convencional e preparo reduzido. O preparo do solo foi realizado em 14 de março de 2025, sendo o preparo convencional com grade aradora e o preparo reduzido com escarificação. No preparo das parcelas, foram utilizados: grade aradora, tipo off-set, de arrasto, com 11 discos de 0,76 m de diâmetro (28") em cada seção, na profundidade de 0,20 m, assim como escarificador de 5 hastes parabólicas (três na barra dianteira e duas na barra traseira), com ponteira estreita, espaçadas em 0,35 m, e profundidade máxima de 0,15 m. Para as operações de preparo, foi utilizado o trator 4x2 com TDA (tração dianteira auxiliar) New Holland, modelo TL 95E de potência nominal de 73,6 kW (100 cv), pneus dianteiros 12.4-24 e traseiros 18.4.1-34, e massa de 5,60 Mg. Durante as operações de preparo de solo, nas diferentes marchas avaliadas, a TDA do trator não foi acionada e a rotação do motor fixada em 1500 rotações por minuto. O teor de água no solo médio era 0,28 kg kg⁻¹.

Para calcular a velocidade de deslocamento utilizou-se cronometro digital, com precisão de 0,1 s, acionado no momento em que o trator entrava na área e desligado ao final da parcela quando o trator saía da mesma. A largura efetiva de trabalho dos equipamentos foi medida, utilizando-se trena, diretamente sobre as passadas dos equipamentos nas parcelas e suas médias foram: escarificador (1,89 m) e grade aradora off-set (2,48 m).

A capacidade de campo efetiva (Equação 1), que é a quantidade de hectares trabalhados por hora pelo conjunto, foi calculada pela velocidade real do trator e largura real do implemento.

$$CCe = (Lm * V)/10 \quad (1)$$

em que,

CcE: capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹),

V: velocidade de deslocamento (km h⁻¹),

Lm: largura de trabalho (m), e
10: fator de conversão para (ha h⁻¹).

A capacidade de campo operacional (Equação 2) foi determinada com base na largura real de cada implemento e da velocidade real de deslocamento do conjunto, multiplicando-se por um fator de eficiência.

$$CCo = (Lm * V)/10 * Ef \quad (2)$$

em que,

CCo: capacidade de campo operacional (ha h⁻¹);

V: velocidade de deslocamento (km h⁻¹);

Lm: largura de trabalho (m),

Ef: eficiência (80%), pois segundo Balastreire (2005) variam de 70 a 90%.

O tempo efetivo de trabalho foi calculado pelo inverso da capacidade de campo efetiva (Cortez et al., 2011). O índice de patinação (IP, %) foi determinado com base na diferença entre o número de voltas e fração de volta (s) da roda motriz sem carga e com carga, multiplicando-se o valor por 100 (Equação 3).

$$IP = ((Ncc - Nsc)/Nsc) * 100 \quad (3)$$

em que,

IP: Índice de patinação (%)

Ncc: número de voltas da roda motriz com carga.

Nsc: número de voltas da roda motriz sem carga.

Para estimar a força de tração na barra utilizou-se a equação da ASAE (2003) (Equação 2) no momento das operações com grade off-set em preparo primário e escarificador (ponteira estreita), conforme a Equação 4.

$$F = Si * [A + B * (S) + C * (S)^2] * W * T \quad (4)$$

Em que,

F: a força requerida para tracionar (N);

Si: fator adimensional referente à textura do solo;

A B e C: parâmetros específicos de cada grupo de equipamentos;

S: velocidade real (km h⁻¹);

W: largura do implemento (m) ou número de ferramentas;

T: profundidade de trabalho (cm).

A potência na barra de tração foi obtida pela multiplicação entre força e velocidade de deslocamento (Equação 5).

$$Pbt = F * V \quad (5)$$

Em que,

F: a força requerida para tracionar (N);

V: velocidade de deslocamento (m s⁻¹);

Pbt: Potência requerida na barra de tração (cv).

O consumo específico de combustível foi estimado utilizando modelo matemático proposto por Russini (2012) em função da força de tração (Equação 6).

$$CeC = -0,1767 * (Fbt^2) + 0,1754 * Fbt + 500 \quad (6)$$

Em que,

CeC: consumo específico de combustível (g kW h⁻¹);

Fbt: força de tração (kN).

Para o cálculo do consumo horário de combustível foi utilizada a Equação 7.

$$ChC = CeC * Pbt \quad (7)$$

Em que,

Consumo horário de combustível (g h⁻¹)

Consumo específico de combustível (g kW h⁻¹);

Pbt: Potência requerida na barra de tração (kW).

O rendimento energético foi obtido, conforme Simões e Silva (2010), conforme a Equação 8.

$$RE = CeC / CCo * 100 \quad (8)$$

Em que:

RE: rendimento energético (g kW ha⁻¹)

CeC: consumo específico de combustível (g kW h⁻¹);

CCo: capacidade de campo operacional (ha h⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o valor do teste F foi significativo a 5% de probabilidade, foi realizado o teste de Tukey para a comparação de média com o auxílio do software AgroEstat (Barbosa e Maldona Júnior, 2015).

Resultados e discussão

Observou-se, pelos resultados do teste de F, que houve efeito significativo dos fatores operação e velocidade, isoladamente, sobre todas as variáveis, exceto sobre o índice de patinação (IP). Com relação a interação entre operação e velocidade, houve efeito somente para Tef (Tabela 1). Os coeficientes de variação (CV) apresentados na Tabela 1 podem ser classificados como baixos (<12%) ou médios (de 12 a 24%), segundo Warrick e Nielsen (1980).

Tabela 1. Teste F para capacidade de campo efetiva (CCe), capacidade de campo operacional (CCo), tempo efetivo (Tef) e índice de patinação em função de operação e velocidade (marcha).

Teste de F	CCe	CCo	Tef	IP
Operação (O)	40,7**	40,8**	70,3**	225,6**
Velocidade (V)	160,6**	159,3**	232,4**	3,1 ^{NS}
O x V	0,34 ^{NS}	0,30 ^{NS}	5,96*	2,94 ^{NS}
C.V. (%)	6,8	6,8	5,9	15,6

C.V. Coeficiente de variação.

Observou-se, pelos resultados do teste de F, que houve efeito significativo dos fatores operação e velocidade, isoladamente, sobre todas as variáveis (Tabela 2). Com relação a interação entre operação e velocidade, houve efeito somente

para CeC e RE. Os coeficientes de variação (CV) apresentados na Tabela 2 podem ser classificados como baixos (<12%) ou médios (de 12 a 24%), segundo Warrick e Nielsen (1980).

Tabela 2. Teste de Fisher para força de tração (FT), potência na barra (Pot), consumo específico de combustível (CeC), consumo horário de combustível (ChC) e rendimento específico (RE) em função de operação e velocidade (marcha).

Teste de F	FT	Pot	CeC	ChC	RE
Operação (O)	281,0**	115,3**	203,2**	109,1**	96,9**
Velocidade (V)	9,9**	12,2**	10,5**	14,0**	209,1**
O x V	0,96 ^{NS}	1,14 ^{NS}	7,58**	1,38 ^{NS}	8,78**
C.V. (%)	11,5	16,2	0,68	15,7	6,0

C.V. Coeficiente de variação.

Para as capacidades de campo (Tabela 3), verifica-se efeito significativo para as operações ($p < 0,01$). A capacidade de campo observada nas operações de gradagem e escarificação, com destaque para a maior capacidade de campo na gradagem, está em concordância com Cortez et al. (2011), que também verificaram a influência do tipo de operação na capacidade de campo, especialmente nas operações de preparo do solo. A diferença nas larguras de trabalho entre os dois implementos (grade e escarificador) é um fator determinante, já que a grade, com maior largura, proporcionou uma maior capacidade operacional, o que se alinha com o comportamento observado neste estudo. Silveira et al. (2006), ao investigarem o preparo com grade, observaram uma capacidade de campo efetiva de $0,86 \text{ ha h}^{-1}$, que foi inferior ao valor obtido neste estudo, possivelmente devido a variações nas condições experimentais, como a utilização de diferentes velocidades de trabalho.

O índice de patinagem (IP) foi significativamente superior na operação de gradagem em relação à escarificação (Tabela 3), porém não diferiu entre as velocidades de trabalho. A diferença no IP, com valores mais altos na

operação de gradagem em relação à escarificação, está dentro da faixa ideal de 10% a 15% para tratores de rodas (Reis et al., 2019). Esse comportamento pode ser explicado pela maior força de tração necessária na operação de gradagem, que, como demonstrado nas Tabelas 4 e 5, resulta em uma maior largura e profundidade de trabalho. O aumento significativo da força de tração (FT) na operação de gradagem é uma consequência direta dessas variáveis, o que condiz com as observações feitas por Vale et al. (2017), que destacam a relação entre força de tração e o tipo de operação, especialmente nas máquinas agrícolas em diferentes condições de trabalho.

Os fatores operações e velocidades, isoladamente (Tabela 3) e a interação entre eles (Tabela 5) influenciaram o tempo efetivo (Te). Esse fato pode ser explicado em razão das maiores capacidades de campo verificadas na operação de gradagem, enquanto com o escalonamento das marchas, da 2ª para a 4ª marcha reduzida, resultou no aumento da velocidade de trabalho, independentemente da operação, consequentemente diminuindo o tempo trabalhado por área (hectare).

Tabela 3. Valores médios de capacidade de campo efetiva (CCe), capacidade de campo teórica (CCt), tempo efetivo (Tef) e índice de patinagem em função de operação e velocidade (marcha).

Fatores	CCe	CCo	Tef	IP
	----- ha h^{-1} -----		h	%
Operação				
Gradagem	1,16 a	0,93 a	0,91 b	15,80 a
Escarificação	0,97 b	0,78 b	1,12 a	5,58 b
Velocidade				
2ª marcha	0,75 c	0,60 c	1,36 a	11,50 a
3ª marcha	1,05 b	0,84 b	0,97 b	11,05 a
4ª marcha	1,40 a	1,12 a	0,72 c	9,52 a

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se incremento significativo na força de tração (FT) na operação de gradagem em comparação a escarificação, na média das velocidades de trabalho, o que está relacionado a maior largura e profundidade de trabalhos (Tabela 4). Verifica-se, ainda, decréscimo significativo da FT com o aumento da velocidade de trabalho, independentemente da operação. Esse resultado pode ser atribuído às grandezas FT e velocidade

serem inversamente proporcionais, para a obtenção da potência na barra de tração (Pot). A Pot, assim como a FT, foi superior na gradagem comparado a escarificação, na média das velocidades. Além disso, a Pot foi proporcional ao aumento da velocidade de trabalho, ou seja, nas machas de maior velocidade houve aumento, sobretudo na 4ª marcha reduzida.

O consumo horário de combustível (ChC) teve aumento significativo de 100% na operação de gradagem, em relação à escarificação (Tabela 4); enquanto, conforme o aumento das marchas (velocidades), houve aumento do ChC, obtendo-se o menor consumo na menor velocidade de trabalho. Os aumentos na potência na barra (Pot) e no ChC na operação de gradagem em comparação à escarificação estão em concordância com Silva (2024) e Almeida (2010). A relação inversamente proporcional entre FT e velocidade de trabalho impacta diretamente o consumo de combustível, já que, com o aumento da marcha e, consequentemente, da velocidade, a rotação do motor aumenta, resultando em um maior consumo de combustível. Isso confirma que a escolha da marcha adequada tem um impacto direto na eficiência energética das operações, conforme discutido por Vale et al. (2017), que estudaram

como o escalonamento das marchas pode otimizar o desempenho energético de tratores.

Na Tabela 5, verifica-se o efeito da interação entre operação e velocidade sobre tempo efetivo (Tef), consumo específico de combustível (CeC) e rendimento específico (RE). A operação de gradagem resultou em menores Tef, CeC e RE em comparação à escarificação, o que pode ser atribuído à maior eficiência operacional da gradagem, com maiores larguras e profundidades de trabalho, mas com um aumento correspondente no consumo energético. A maior força de tração necessária para a gradagem, como mencionado anteriormente, é um fator crucial que contribui para o maior consumo de combustível, mas que não compromete significativamente a eficiência do processo, pois as maiores capacidades operacionais da gradagem resultam em menor tempo efetivo de trabalho por hectare.

Tabela 4. Valores médios de força de tração (FT), potência na barra (Pot), consumo específico de combustível (CeC), consumo horário de combustível (ChC) e rendimento específico em função de operação e da velocidade (marcha).

Fatores	FT kN	Pot cv	CeC g.kW.h ⁻¹	ChC g.h ⁻¹	RE g.kW.ha ⁻¹
Operação					
Gradagem	15,48 a	26,86 a	484,20 b	16,69 a	551,28 b
Escarificação	6,76 b	12,80 b	503,47 a	8,76 b	702,92 a
Velocidade					
2ª marcha	12,56 a	15,83 b	489,82 b	10,43b	832,73 a
3ª marcha	11,05 ab	19,90 ab	494,31 a	13,27a	598,54 a
4ª marcha	9,74 b	23,76 a	497,37 a	15,97a	450,05 c

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre operação e velocidade para tempo efetivo (Tef), consumo específico de combustível (CeC) e rendimento específico (RE).

	Grade ----- Tef (h) -----	ESC. -----	Grade -----	ESC. -----	Grade -----	ESC. -----
	CeC (g.kW.h ⁻¹)		RE (g.kW.ha ⁻¹)			
2ª marcha	1,20 Ab	1,51 Aa	476,86 Bb	502,79 Aa	717,11 Ab	948,34 Aa
3ª marcha	0,86 Bb	1,07 Ba	484,90 Ab	503,72 Aa	523,24 Bb	673,83 Ba
4ª marcha	0,67 Cb	0,77 Ca	490,84 Ab	503,90 Aa	413,50 Cb	486,60 Ca

Letras maiúsculas distintas, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com as observações de Cortez et al. (2011), que destacaram a influência das operações de preparo do solo sobre o desempenho operacional, especialmente no que diz respeito à capacidade de campo e força de tração. A relação entre velocidade de trabalho e consumo de combustível também é discutida em estudos como o de Jasper et al. (2025), que evidenciam como as variáveis energéticas podem ser otimizadas com a escolha correta da marcha e da operação, para obter a máxima eficiência do trator.

Conclusão

A gradagem teve maior capacidade de campo e menor tempo de trabalho em comparação à escarificação.

A gradagem consumiu mais combustível, enquanto a escarificação foi mais eficiente energeticamente, mas com menor desempenho operacional.

A 3ª marcha reduzida (5 km h⁻¹) e a 2ª marcha reduzida (4 km h⁻¹) otimizam o desempenho dos conjuntos mecanizados trator-grade e trator-escarificador.

Referências

- BALASTREIRE, L. A. Máquinas Agrícolas. Piracicaba: Balastreire, 2005. 307 p.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. Experimentação agrônômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Funep, 2015.
- CORTEZ, J. W.; FERREIRA, B. J. M.; ALVES, A. D. S.; MOURA, M. R. D.; NAGAHAMA, H. J. Desempenho operacional do conjunto trator implementos nas operações de preparo do solo. Nucleus, v. 8, n. 2, 2011.

- DE ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A. T.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-
semeadora em função do escalonamento de
marchas e rotações do motor. *Revista Agrarian*,
Dourados, v. 3, n. 7, p. 63-70.
- FARIAS, M. S.; SCHLOSSER, J. F.; MARTINI, A. T.;
BERTOLLO, G. M.; ALVEZ, J. V. Desempenho
operacional e energético de um trator agrícola
durante operação de gradagem. *TECNO-LÓGICA*,
v. 22, n. 2, p. 213-216, 2018.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.;
FLUMIGNAN, D. L. O clima da região de Dourados,
MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.
138 p. (Série Documentos).
- JASPER, S. P.; MENDONÇA, W. S.; JUNG, E. A.;
ZIMMERMANN, G. G.; GRACIETTI, E. A. Energy
efficiency of four-wheel drive tractor in sowing
operation. *Ciência Rural*, v. 55, n. 1, e20240141,
2025.
- NASCIMENTO, E. M. S.; AMORIM, M. Q.; ARAÚJO,
K. L. B.; CHIODEROLI, C. A.; OLIVEIRA, J. L. P.
Desempenho operacional de um conjunto
microtrator rotoencanteirador. *Nucleus*, v. 13, n. 2,
2016.
- REIS, A.V.; MACHADO, A.L.T.; TILLMANN, C.A.C.;
MEDEIROS, F.A. Motores, tratores, combustíveis e
lubrificantes. Pelotas: Cópias Santa Cruz, 2019.
- RUSSINI, A. Estimativa do desempenho de tratores
agrícolas em campo e pista a partir do ensaio
dinamométrico. 142 p. Tese (Engenharia Agrícola) -
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,
2012.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H.
C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO,
M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.;
OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. Sistema Brasileiro
de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: Embrapa,
2018. 187 p.
- SILVA, M. M. P. Desempenho de um trator agrícola
na operação de escarificação em diferentes
velocidades e configurações de implemento.
Alegrete, 2024. 53 p. Monografia (Engenharia
Agrícola) – Universidade Federal do Pampa.
- SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Desempenho
operacional e custos de um trator na irrigação pós-
plantio de eucalipto em campo. *Revista Ceres*, v.
59, n. 2, p. 164-170, 2012.
- VALE, W. G.; TURRA, P. H. V.; MACHADO, T. M.;
DE MARCHI, J.; BRANCO, P. A. C. Desempenho
energético de um trator em função do
escalonamento de marchas e rotações do motor.
Scientific Electronic Archives, v. 10, n. 6, 2017.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability
of soil physical properties in the field. New York:
Academic Press, 1980.