



DESEMPENHO OPERACIONAL E ENERGÉTICO DE UM PROTÓTIPO DE QUADRICICLO AGRÍCOLA EM OPERAÇÃO COM GRADE DE DISCO

Mara Alice Maciel dos Santos¹, Leonardo de Almeida Monteiro², José Evanaldo Lima Lopes³, Jean Lucas Pereira Oliveira⁴ & Danilo Roberto Loureiro⁵

RESUMO: A agricultura familiar vem buscando redução nos custos de produção com incremento de novas tecnologias e máquinas agrícolas de baixa potência para proporcionar um aumento na eficiência das operações e obter maior lucratividade nas lavouras. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho operacional e energético de um protótipo de quadriciclo agrícola desenvolvido para atuar na agricultura familiar, trabalhando com duas rotações e duas marchas. O experimento foi conduzido na área de experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas - LIMA na Universidade Federal do Ceará. Foi utilizado duas rotações R1 de 2700 rpm e R2 de 3800 rpm e duas marchas M1 (1ª marcha) e M2 (2ª marcha). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial 2 x 2 com cinco repetição por cada tratamento. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao Teste F utilizando-se software Assistat versão 7.7 beta ® e quando necessário, foi aplicado o Teste de Tukey (p<0,05) para comparação das médias. O protótipo de quadriciclo agrícola acoplado com uma grade de disco mostrou-se uma boa alternativa para auxiliar os pequenos produtores de agricultura familiar nas lavouras no trabalho de preparo do solo e controle das ervas daninhas que atacam as culturas de interesse econômico.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar; grade de disco; preparo do solo; ervas daninhas.

OPERATIONAL PERFORMANCE AND ENERGY OF A PROTOTYPE OF AGRICULTURAL ATV OPERATION WITH DISCO GRILL

SUMMARY: Family farming has sought reduction in production costs with an increase of new technologies and low-power farm machinery to provide an increase in efficiency of operations and achieve greater profitability in the fields. The objective was to evaluate the operational and energy performance of a prototype developed for agricultural ATV engaged in family farming, working with two rotations and two gears. The experiment was conducted in the experimental area of the Accident Research Laboratory in Agricultural Machinery - LIMA the Federal University of Ceará. R1 was used two rotations 2700 rpm and 3800 rpm R2 and two gears M1 (1st gear) and M2 (2nd gear). The experimental design was a randomized block with factorial arrangement 2 x 2 with five repetition for each treatment. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the F test using software version 7.7 beta Assistat ® and when necessary, it applied the Tukey test (p <0.05) to compare means. The prototype coupled agricultural quadricycle with a disc harrow proved to be a good alternative to help small producers of family agriculture in crops in soil preparation work and control of weeds that attack crops of economic interest.

KEYWORDS: Family farming; disc harrow; soil preparation; weeds.

^{1, 2, 3, 4} e ⁵ Emails: maraallice@yahoo.com.br ;
aiveca@gmail.com; evanaldolopes@yahoo.com.br ;
jean07lucasp@hotmail.com ; loureiro@ufc.br

1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Nordeste brasileiro é diversificada, apresentando propriedades agrícolas com grandes extensões de terra, médias propriedades e uma predominância de pequenas propriedades de agricultura familiar, onde a produção é realizada no período chuvoso que se concentra nos primeiros meses do ano.

O micro trator é um importante instrumento na execução de várias atividades, reduzindo o tempo e os custos de produção, aumentando a produtividade, além de diminuir consideravelmente, a demanda de esforço físico do homem do campo (Araújo et al. 2013). São também empregados para dar suporte aos diferentes sistemas de produção, principalmente em áreas de difícil acesso ou com espaço restrito, como jardins, estufas e galpões aviários (Nagasaki; Nonaka, 1999).

A agricultura familiar possui como particularidade a diversificação das atividades, onde torna-se necessário como fonte de potência o emprego de tratores de rabiças. Com o micro trator torna possível abranger uma maior área em menor tempo quando comparado com a utilização da fonte de tração animal (Morais et al. 2009).

Embora os agricultores não possam controlar todas as variáveis que influenciam os custos de produção, existem áreas que podem ser controladas e aperfeiçoadas. Uma dessas áreas são a operação e manejo das máquinas agrícolas, tais como a seleção adequada do conjunto trator e máquina agrícola (Green, Stout e Searcy, 1985).

De acordo com Monteiro, Lanças e Gabriel Filho (2009), quando respeitados as corretas relações de peso e potência para as diferentes atividades agrícolas, são obtidos melhores desempenhos operacionais, aumento da eficiência tratorial, manutenção da patinação em um nível desejável e menor ruptura do solo por cisalhamento, fatores estes que segundo o mesmo autor contribuem para melhor desempenho energético do trator.

Os custos com combustível e lubrificante podem chegar a média de 16% a 45% dos custos operacionais totais das máquinas agrícolas, dependendo do tipo de combustível e do número de horas trabalhadas (Siemens; Bowers, 1999). O que faz o público consumidor de máquinas agrícola buscar preços de aquisição mais acessíveis, aliados ao baixo custo de manutenção e menor consumo de combustível nas operações, o que trazem melhor rendimento e eficiência nas operações, (Marchetti, 2006).

O consumo de combustível varia em função de vários fatores, entre eles: adequação e condição do conjunto

trator-implemento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, tempo de manobras e do número de operações agrícolas adotadas no processo de produção (Corrêa et al., 1999; Nagaoka et al., 2002).

Para que ocorra tração é necessário que exista patinamento, entretanto, se este ultrapassar determinados limites, pode ocorrer perda da aderência e redução da tração dos rodados. (Lanças; Upadhyaya, 1997). O patinamento é um dos problemas que afeta o desempenho nos tratores contribuindo para a diminuição da força de tração e o aumento no consumo de combustível. (Gabriel Filho et al., 2002).

O patinamento de uma roda motriz é a variação da velocidade de avanço da roda em relação a uma velocidade de referência estabelecida. A velocidade tida como referência recebe o nome de velocidade teórica, sendo que a desenvolvida nas condições de trabalho é denominada velocidade real (Linares, et al. 2006).

Sandi et al. (2014), afirma que um dos objetivos fundamentais dos ensaios é apontar formas de diminuir as perdas energéticas que ocorrem nos componentes e devido a erros de adequação/regulagem das máquinas, garantindo o uso cada vez mais racional deste fundamental recurso.

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho operacional e energético do conjunto composto por um protótipo de quadriciclo agrícola e cultivador desenvolvidos para atuar na agricultura familiar, trabalhando com duas rotações do motor e duas marchas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas - LIMA localizado no Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará na cidade de Fortaleza-Ceará. O experimento foi conduzido no mês de agosto de 2015 em um solo classificado segundo a metodologia da EMBRAPA (1999) como um Argissolo Vermelho Amarelo, quanto à classe textural foi classificado como franco arenoso, com aproximadamente, 82,90% de areia, 6,40% de silte e 10,60% de argila.

Para realização do trabalho foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2x2, com 5 repetições, sendo duas rotações do motor (2700 e 3800 rpm) e duas marchas (primeira e segunda marcha), totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela apresentando 1,5 m de largura com 30 m de comprimento totalizando 45 m² de área.

Para realização do ensaio foi empregado um protótipo de quadriciclo agrícola desenvolvido para atuar na agricultura familiar, movido a diesel ou biodiesel, 4x2, partida elétrica e, potência de 6,61 kW (9 cv) com motor e massa total de 460 kg. Acoplado ao protótipo de

quadriciclo agrícola foi utilizado uma grade de discos montada Figura 1, de dupla ação com 6 discos recortados na seção dianteira e 6 discos lisos na seção traseira, para realizar controle de ervas daninhas em lavouras de agricultura familiar.



Figura 1 - Vista lateral do quadriciclo agrícola equipado com a grade.

O patinamento foi determinado, contando o número de voltas do rodado do trator na parcela experimental tracionando o implemento (com carga) e com o implemento erguido (sem carga), conforme a Equação 1:

$$PR = \left[\frac{n^1 - n^0}{n^1} \right] \times 100 \quad (1)$$

Em que:

PR = Patinamento dos rodados do trator (%);

n0 = Número de voltas dos rodados sem carga;

n1 = Número de voltas dos rodados com carga.

A velocidade média de deslocamento foi determinada cronometrando-se o tempo gasto para o conjunto quadriciclo agrícola-grade percorrer cada parcela experimental de 30 metros de comprimento e os valores

de velocidade foram expressos em km h⁻¹, como descrito na Equação 2:

$$V_m = \frac{S}{T} \times 3,6 \quad (2)$$

Em que:

V_m = Velocidade média (km h⁻¹);

S = Espaço percorrido (m);

T = Tempo decorrido (s);

3,6= Fator de conversão.

O consumo de combustível foi mensurado utilizando uma proveta graduada em milímetro instalado no sistema de alimentação e retorno do combustível, conforme a Figura 2:

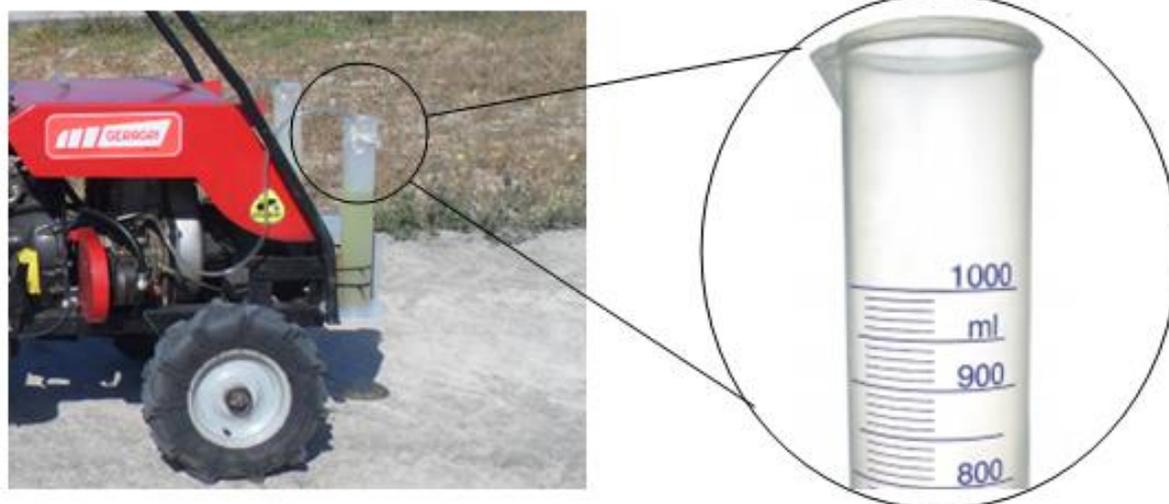


Figura 2 - Vista lateral do quadriciclo agrícola equipado com as provetas para medição do consumo de combustível.

A capacidade de campo operacional foi obtida em relação à velocidade de deslocamento, largura de trabalho do equipamento utilizado e da eficiência da operação conforme a Equação 3.

$$Co = \frac{V \times L \times E}{10} \quad (3)$$

Em que:

Co = Capacidade operacional (há h-1);

V=Velocidade de trabalho, (Km h-1);

L = Largura de trabalho (m);

E= Eficiência (0,875);

10 = Fator de conversão.

A análise estatística dos dados de desempenho do protótipo de quadriciclo

agrícola em operação com grade de disco foi realizada utilizando-se software Assistat versão 7.7 beta © para análise de variância (ANOVA) e quando necessário, foi aplicado o Teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se observar a análise de variância das médias para a velocidade de deslocamento e consumo horário de combustível do protótipo de quadriciclo agrícola, operando com grade em que é possível identificar que para as rotações e para marchas utilizadas os resultados foram significativos ao nível de significância de 1% de probabilidade, e a interação dos fatores analisados apresentou resultado significativo ao nível de 5%.

Tabela 1 - Valores médios obtidos para velocidade de deslocamento (V) e consumo horário (Ch) do quadriciclo agrícola.

Fontes de Variação		V (Km*h ⁻¹)	Ch (L*h ⁻¹)
Rotação (R)	R1	2.71	1.34
	R2	3.70	1.98
Marcha (M)	M1	2.85	1.49
	M2	3.56	1.83
Valor de F	R	220.19 **	51.16 **
	M	113.05 **	14.68 **
	R*M	32.63 **	5.30 *
DMS	R	0.14	0.18
	M	0.14	0.18
CV (%)		4.63	12,01

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$);

ns não significativo ($p \geq .05$).

A mensuração da quantidade de combustível consumida constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho como máquina térmica conversora de energia (Mialhe, 1996). De acordo com Nascimento (2012) à medida que aumenta a demanda energética, o consumo de combustível aumenta significativamente.

Verifica-se na tabela 1 que a variável consumo de combustível aumentou a medida que a velocidade de deslocamento aumentou, segundo Lacerda et al. (2014) em ensaio realizado com trator de rabiça, os maiores valores de consumo de combustível foi encontrado nas maiores velocidades de deslocamento, por questão do trator ter sido mais exigido em potência na maior

velocidade de operação, deste modo, necessitou de maior consumo de combustível para suprir a necessidade de potência requerida.

Na Tabela 2 é possível observar que para a análise de variância das médias de patinamento dos rodados e capacidade de campo operacional do quadriciclo agrícola, os resultados não foram significativo para a variável patinamento tanto na rotação quanto para a marcha utilizada e não houve interação significativa entre os fatores analisados. Já para a variável capacidade de campo operacional, os resultados foram significativo a nível de significância de 1% de probabilidade para rotação e marcha e houve interação significativa para os fatores analisados ao nível de 1%.

Tabela 2 - Valores médios obtidos para patinamento dos rodados (PR) e capacidade de campo operacional (CCO) do quadriciclo agrícola.

Fontes de Variação		PR (%)	CCO (ha*h ⁻¹)
Rotação (R)	R1	7.80	0.14
	R2	8.0	0.19
Marcha (M)	M1	7.40	0.15
	M2	8.40	0.19
Valor de F	R	0.11 ^{ns}	220.19**
	M	2.77 ^{ns}	113.05**
	R*M	0.01 ^{ns}	32.63**
DMS	R	1.26	0.007
	M	1.26	0.007
CV (%)		16.87	4.63

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$);

ns não significativo ($p \geq .05$).

Verificou-se com os resultados que os maiores valores de patinamento ocorreu na Rotação 2 e Marcha 2, contudo os resultados não foram significativos. Para a capacidade de campo operacional os maiores valores encontrados foram na rotação 2 e marcha 2.

De acordo com Herzog et al. (2002), nos tratores agrícolas o patinamento dos rodados ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado equipamento e o tipo de superfície em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes. Segundo Russini (2012), o aumento no patinamento ocorre consideráveis perdas de velocidade no trator, conseqüentemente um menor rendimento.

4 CONCLUSÕES

O prototipo de quadriciclo agrícola apresentou maior consumo de combustível na rotação 2 e velocidade 2.

O maior patinamento e maior capacidade de campo operacional ocorreu na rotação 2 marcha 2.

O protótipo de quadriciclo agrícola acoplado com grade, mostrou-se uma boa alternativa para auxiliar os pequenos produtores de agricultura familiar. O uso dos equipamentos agrícolas proporciona aos agricultores familiares menores esforços físicos com os tratamentos culturais da lavoura, tendo em vista que o trabalho braçal pode ser substituído pelo uso de máquinas agrícolas de baixo custo de aquisição e manutenção.

5 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K. L. B.; SILVA, S. F.; NASCIMENTO, E. M. S.; FERNADES, F. R. B.; ANJOS, R. M. Avaliação dos níveis de ruído emitidos por um trator de rabiças com um arado de disco acoplado. **Revista Trabalho e Sociedade**, Fortaleza, v.1, n.1, jul/dez, 2013, p.37-53.
- CORREA, I. M.; YANAI, K.; MAZIERO, J. V. G.; LANÇAS, K. P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999, 412p.
- GABRIEL FILHO, A. SILVA, S. L.; MODOLO, A. J.; DYKSTRA, M. Desempenho operacional de trator em solo com três tipos de cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. p.1-4.
- GREEN, M. K.; STOUT, B. A.; SEARCY, S. W. Instrumentation package for monitoring tractor performance. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph v.28, n.2, 1985. p.346.
- HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.
- LARCERDA, E. G. FERNANDES, H.C. SIMON, C.P.PETERLE, G. SANTOS, L.N. Avaliação da demanda energética e custos de produção de um trator de rabiças em função das velocidades de deslocamento no preparo do solo. XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2014. **Anais** ISSN 2358-582X. Campo Grande, Mato Grosso do Sul.
- LINARES, P.; CATALÁN, H.; MÉNDEZ, V. **Teoría de la tracción de tractores agrícolas**. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2006. 209p.
- MARCHETTI, I. **Sistema automatizado para avaliação do consumo de biodiesel em tratores agrícolas**. 2006. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.
- MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético, segundo a norma oecd – code 2 de dois tratores agrícolas 4x2 tda com motores de 132 kw em pista concreto e solo agrícola**. 2011. 92f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Botucatu, São Paulo, 2011.
- MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GABRIEL FILHO, A. Desempenho de um trator agrícola em função do tipo construtivo do pneu e da lastragem líquida em três velocidades de deslocamento na pista com superfície firme. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu v.24, n.1, p.68- 84, 2009.
- MORAIS, C. S. ;BERTOLDI, Tiago L.; REIS, Â. V.; TROGER, H. C. H. Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro. XVIII Congresso de Iniciação Científica, o XI Encontro de Pós-graduação e I mostra científica – Universidade Federal de Pelotas. 2009. **Anais** ISSN 2177-2592. Pelotas, Rio Grande do Sul.
- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.
- NASCIMENTO, E. M. S. **Avaliação da eficiência energética e do nível de ruído de um microtrator de duas rodas**. 2012,70f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- NAGASAKI, Y.; NONAKA, M. Development of electric motor-driven monorail systems for agrochemical application In Sloping Greenhouses. St. Joseph: Transactions of the ASAE, paper 994169, 1999.
- NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C.; BRÖRING, N.; KITANO, N.; JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo operacional na operação de semeadura da cultura de aveia preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002. Salvador. **Anais...** Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.
- RUSSINI, A. **Estimativa do desempenho de tratores agrícolas em campo e pista a partir do ensaio dinamométrico**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- SANDI, J. SPADIM, E.R. MARTINS, M.B. FERNANDES, B.B.F. LANÇAS, K.P. **Ensaio de barra**

de tração de dois tratores agrícolas em pista de concreto. XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2014. ISBN 978-85-64681-04-0. Campo Grande, Mato Grosso do Sul.