

ENSAIO DE CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS, PONDERAIS E DE DESEMPENHO NA BARRA DE TRACÇÃO DE UM QUADRICICLO 4X4

J. P. MOLIN¹, J. C. ARAÚJO², P. C. ZAMBUZI³, F. J. S. PEREIRA⁴

RESUMO: O ensaio de máquinas agrícolas de tração é uma necessidade real que possibilita a ponderação sobre o desempenho do equipamento como fonte de potência. Realizou-se o ensaio de caracterização de um veículo tipo quadriciclo, marca Polaris, modelo Super Utility Diesel. Foram determinadas suas características dimensionais e ponderais e o desempenho na barra de tração (força de tração na barra, velocidade de deslocamento, consumo de combustível e índice de patinagem) e nível de ruído, sob três condições de superfície (asfalto, grama e solo mobilizado) nas duas marchas (L e H) de relação de transmissão, com escalonamento contínuo, nas condições de transmissão 4x2 e 4x4. Dos ensaios pode-se verificar que o espécime foi eficiente quanto ao coeficiente de tração. O baixo consumo específico de combustível indicou boa eficiência termomecânica do veículo.

PALAVRAS-CHAVE: quadriciclo, ensaio, barra de tração.

TEST RESULTS OF A ATV USED AS A TRACTOR

SUMMARY: Agricultural machinery tests, especially tractors is a real need. This paper reports the results of a Polaris ATV, Super Utility Diesel model test. Dimensions and weight characteristics were measured. Draw bar performance was tested, measuring force, forward speed, fuel consumption, wheel slip and noise. Tests were run in concrete, grass and soil at the two available gears in 4x2 and 4x4 conditions. Results showed good traction efficiency and low specific consumption.

KEYWORDS: all terrain vehicle, test, drawn bar.

INTRODUÇÃO

A diversificação das atividades no meio agrícola implica na utilização de novas tecnologias que, segundo CARDOSO JUNIOR (1991), devem proporcionar uma relação entre custo e benefício favorável e ter seu campo de atuação bem delimitado, para que se possa julgar a oportunidade de uso destas tecnologias.

BERNARDES (1997) descreve que a seleção criteriosa de um equipamento no momento da compra vem se tornando um comportamento cada vez mais freqüente no meio agrícola, pois é um fator que contribui no aumento da renda líquida, já que permite diminuição dos custos no setor agropecuário.

O nível de ruído emitido pelo veículo é fator importante para o conforto do operador. Segundo MIALHE (1996), pode causar lesões ao ser humano, cuja gravidade depende de sua magnitude física, do tempo de exposição e do estado psíquico da pessoa a ele exposta.

No mercado agrícola têm sido propostas novas alternativas de uso de veículos tipo quadriciclo para operações agrícolas, como sua utilização em tração na propriedade agrícola (PROFI, 1999). Este

¹ Prof. Doutor, bolsista CNPQ, Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, fone: 0XX 19 3429-4165, Piracicaba, SP, e-mail: jpmolin@esalq.usp.br.

² Eng. Agrônomo, doutorando em Agricultura de Precisão, Departamento de Eng. Rural, ESALQ/USP.

³ Eng. Mecânico, mestrando em Máquinas Agrícolas, Departamento de Eng. Rural, ESALQ/USP.

⁴ Eng. Agrícola, mestrando em Máquinas Agrícolas, Departamento de Eng. Rural, ESALQ/USP.

veículo, tem sido utilizado em agricultura de precisão, em larga escala nos Estados Unidos, com equipamento para amostragem de solo, apresentando elevada capacidade operacional.

O presente trabalho teve como objetivo ensaiar um quadriciclo e caracterizar o seu desempenho como fonte de potência agrícola em operações de tração. Foram obtidas características dimensionais, ponderais, de desempenho na barra de tração, ruído e outras específicas utilizando-se das normas e terminologia existentes na bibliografia específica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados nas dependências do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, no ano de 1999. Os ensaios foram realizados com um veículo tipo quadriciclo, marca Polaris, de fabricação americana, modelo Super utility Diesel (Figura 1). Ele apresenta motor monocilíndrico, deslocamento de 455cm^3 , quatro tempos, sistema de arrefecimento a água, sistema de transmissão com polias de diâmetros variáveis; caixa de marchas com duas marchas a frente L (Low) e H (High) e uma a ré R (Reverse); com suspensão traseira mantida rígida durante ensaios. Seu sistema de freio é constituído por discos de acionamento hidráulico. O veículo estava equipado com pneus dianteiros marca Dunlop, modelo KT 402, com medidas de $0,635-0,203/0,305\text{m}$ ($25''-08''/12''$) e traseiros com marca Goodyear, modelo AT, com medidas de $0,635-0,533/0,254\text{m}$ ($25''-21''/10''$). O mesmo estava ainda equipado com guincho elétrico auxiliar dianteiro marca Worn, modelo 2.000.



FIGURA 1. Vista geral do espécime ensaiado mostrando parte da instrumentação utilizada

O veículo ensaiado não possui tomada de potência, dispondo de um alternador com potência de $0,3\text{ kW}$ (dado de fabricante), para acionamento dos equipamentos auxiliares. As máquinas desenvolvidas para o veículo e que necessitam de acionamento possuem motor elétrico ou à gasolina, próprio para seu acionamento.

O ensaio do veículo procedeu-se em três etapas distintas: a) determinação das características dimensionais e ponderais do veículo no laboratório; b) determinação do raio e espaço de giro,

velocidade máxima, frenagem e força de tração máxima do guincho auxiliar dianteiro realizado no campo e c) determinação da força de tração, velocidade de deslocamento, consumo de combustível, patinagem e nível de ruído realizados no campo. Para tanto, precedendo os ensaios, os pneus eram calibrados por calibrador de pressão de pneus, escala 0 a 138kPa (0 a 20psi), resolução 7kPa (1psi). Os ensaios foram elaborados buscando seguir as normas de padronização disponíveis.

Os valores das coordenadas do centro de gravidade (CG) foram obtidos segundo a norma NBR 12567 (ABNT, 1992). Os dados de caracterização da configuração geométrica e índices relacionados à forma do espécime foram levantados segundo MIALHE (1996). As características e posição da barra de tração foram definidas segundo a norma NBR 7811 (ABNT, 1993).

Na seqüência foi determinado o raio de giro, com a velocidade de deslocamento entre 0,42 e 0,56m.s⁻¹, provocando um giro de 360° à direita e à esquerda, sendo determinados no piso os raios de giro por um dispositivo marcador. O parâmetro associado ao raio e espaço de giro é o Índice de Relação Raio e Espaço de Giro (IRE), definido por MIALHE (1996). Geralmente, quanto menor for o valor do raio e espaço de giro, melhor é o IRE. Outro índice de qualificação é o Índice de Simetria do Raio de Giro (IS_{rg}), também definido por MIALHE(1996) que expressa a simetria do esterçamento do veículo

O ensaio de velocidade máxima seguiu as recomendações da norma MB 3162 NBR 11354 (ABNT, 1989). Este procedimento foi realizado com três repetições, obtendo-se a média aritmética. Para a realização do ensaio de frenagem acionou-se os freios de serviço e auxiliar quando o veículo estava em velocidade máxima em pista de asfalto, medindo o espaço percorrido até sua imobilização total.

A determinação da força máxima de tração no cabo do guincho auxiliar dianteiro, acionado por motor elétrico, foi obtida fixando o veículo a dois pontos por meio de cabos de aço, sendo um deles equipado com célula de carga tipo analógica, ligada a um amplificador com voltímetro. Foi considerada como força máxima aquela correspondente ao momento em que o motor elétrico do guincho não mais girava. Por meio da equação da curva de calibração da célula de carga calculou-se a força correspondente.

O ensaio de desempenho na barra de tração baseado na norma NBR 5484 (ABNT, 1985), é constituído por duas modalidades, ambas em superfície de concreto: a) potência máxima na barra de tração em diferentes marchas de trabalho; b) força de tração constante na barra, subdividida em duas etapas - força de tração equivalente a 75% da correspondente à máxima potência numa marcha escolhida; força de tração que ocasiona, na condição de potência máxima na barra, deslizamento dos rodados de 15% para tratores de pneus, na marcha mais rápida que proporcione a força de tração exigida, com o motor funcionando na zona de ação do regulador (MIALHE, 1996). Os ensaios de desempenho na barra de tração foram realizados em pista de concreto, solo mobilizado e grama, com o emprego das duas marchas disponíveis: H (alta) e L (baixa). A coleta de dados foi realizada num percurso reto de 30 m, sendo que a inicialização e finalização da aquisição de dados era efetuada por sensor fotoelétrico.

Para a determinação da força de tração na barra utilizou-se uma célula de carga com indicador analógico com capacidade de 50kN e cabo de aço que ligava o espécime ensaiado ao veículo frenante (trator marca Yanmar, modelo 1050-D 4x2, tração dianteira auxiliar e um automóvel). Utilizou-se também um amplificador de sinal, conversor analógico digital e um painel registrador de dados digital com 5 canais (cronodômetro). A velocidade foi obtida conhecendo-se o tempo gasto registrado no cronodômetro para deslocar o veículo no percurso do ensaio. A potência desenvolvida foi obtida pelo produto da força pela velocidade.

Na determinação do número de giros das rodas dianteiras e traseiras direitas foram utilizados sensores acoplados às rodas por cabos de aço, sendo o total de pulsos acumulados no cronodômetro em percurso conhecido. A patinagem foi obtida através do número de pulsos acumulados no percurso, para as situações com carga e sem carga, seguindo metodologia descrita por MIALHE (1996).

As medições de consumo de combustível foram efetuadas paralelamente às demais determinações dos ensaios de características de desempenho na barra de tração, através de um medidor de consumo de combustível tipo volumétrico, conectado ao sistema de alimentação do espécime, constituído por reservatório de combustível, dispositivo de nível de combustível, painel digital indicador do tempo de consumo e bureta graduada de 50mL com resolução 0,1mL. O consumo específico foi calculado a partir da razão do consumo horário pela potência.

O ensaio do nível de ruído utilizou decibelímetro com escala de 40 a 140dB, sendo executado com adaptações à norma NBR 9999 (ABNT 1987).

As possibilidades de utilização do veículo em culturas em fileiras foram determinadas a partir do vão livre horizontal e largura dos pneus mais o afastamento de segurança para diferentes espaçamentos entre linhas da cultura, conforme YAMASHITA et al. (1984).

Para determinar o desempenho operacional foram realizadas operações de aração, gradagem e sulcagem. Os equipamentos utilizados foram fornecidos juntamente com o veículo. O solo da área apresentava textura franco arenosa, medindo 15,00 X 50,00m, com pouca vegetação na superfície e 5,20% de umidade. Foram cronometrados os tempos de realização de cada operação além das características específicas como espaçamento e profundidade. Ao término de cada operação completava-se o tanque de combustível com auxílio de uma proveta graduada para medição do consumo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as coordenadas do CG estão apresentados na TABELA 1.

TABELA 1. Valores das coordenadas x, y e z do CG.

Coordenadas	X	Y	Z
Cota (mm)	690	399	-22

Na TABELA 2 estão apresentadas as dimensões externas do espécime. Os parâmetros que caracterizam a configuração geométrica e índices relacionados à forma de um espécime estão demonstrados na Tabela 3.

TABELA 2. Dimensões das características morfológicas externas do espécime.

Características	Dimensões (mm)
Largura (L)	1220
Altura (H)	1250
Comprimento (C)	2550

TABELA 3. Parâmetros da configuração geométrica do espécime ensaiado.

Parâmetro	Fórmula	Unidade	Valor
Área ocupada estacionado (S)	$S = L \cdot C$	(m ²)	3,11
Área frontal (A)	$A = L \cdot H$	(m ²)	1,53
Volume ocupado (V)	$V = S \cdot H = A \cdot C$	(m ³)	3,89
Índice de Largura (Il)	$Il = L/C$	-	0,48
Índice de Altura (Ih)	$Ih = H/C$	-	0,55
Índice de Forma (If)	$If = A/C$	-	0,59

A caracterização do tamanho do espécime define, dentre outras, a geometria necessária para se alojar o equipamento quando fora de serviço. O veículo ensaiado apresenta grandes possibilidades de utilização em cultivos de pomares, cafezais, vinhedos, florestas implantadas e outros, por apresentar dimensões externas bastante compatível com estas culturas. Segundo BEKKER (1962), o espécime ensaiado se enquadra próximo aos tratores de esteira quando relacionados o índice de largura e índice de altura.

Outra característica importante nesse tipo de veículo é a sua capacidade de utilização em culturas quando relacionadas as dimensões de bitola e vão livre. Os resultados do veículo ensaiado são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4. Dimensões das bitolas e vãos livres do veículo.

Característica	Dimensão (mm)
Bitola dianteira	940
Bitola traseira	950
Vão livre horizontal	610
Vão livre vertical	225

As possibilidades de utilização do veículo em culturas cultivadas em fileiras são apresentados na Tabela 5. Observa-se que para espaçamento menor que 0,40m, não é possível operação com o veículo.

TABELA 5. Possibilidades de utilização do veículo em culturas cultivadas em fileiras em função do espaçamento destas

Espaçamento entre as fileiras das culturas (mm)											
400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Número de fileiras entre rodados											
0	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

As características e posição da barra de tração que equipa o veículo ensaiado são apresentados na TABELA 6 de acordo com as notações demonstradas na Figura 3.

TABELA 6. Dimensões, localização e carga vertical e horizontal da barra de tração, adaptado da NBR 7811 (ABNT, 1993).

Dimensões extremidade da barra (mm)		Evolve do garfo (mm) R	Localização (mm) C	Carga F (N) (dados fabricante)	
D	B			FV	FH
20	50	25	350	155	5560

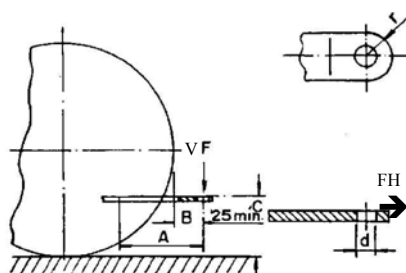


FIGURA 2: Representação das características dimensionais da barra de tração, adaptado da NBR 7811 (ABNT, 1993).

Quanto a qualificação do Índice de Relação Raio e Espaço de Giro (IRE) e Índice de Simetria do Raio de Giro (IS_{rg}), o veículo ensaiado, se comparado com tratores convencionais, foi qualificado como ótimo quanto ao IRE e IS_{rg} , ótimo para IRE e bom para IS_{rg} , em tração 4X2 e 4x4, respectivamente (MIALHE, 1996).

Os resultados referentes à velocidade máxima de cada marcha e espaço de frenagem são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7. Resposta de desaceleração e frenagem do veículo e velocidade máxima obtida em cada marcha.

Parâmetro	Unidade	Valor
Espaço de frenagem	(m)	16,45
Desaceleração	($m \cdot s^{-2}$)	4,64
Velocidade máxima na marcha H	(ms^{-1})	12,34
Velocidade máxima na marcha L	(ms^{-1})	5,61

A força máxima de tração obtida no cabo do guincho elétrico auxiliar dianteiro foi 7700 N, 14,5% menor que a indicada pelo fabricante. O guincho apresenta capacidade de elevar o próprio veículo e de rebocar outros veículos de peso maior, bastando para isto ancorá-lo em um ponto fixo.

Nos ensaios de desempenho na barra de tração, o veículo apresentou elevado patinamento da embreagem, com a marcha na posição H 4x2 em pista de concreto. Em função disso, optou-se por não realizar os ensaios na grama e no solo com a marcha nessa posição. O mesmo ocorreu na posição H 4x4 em pista de solo mobilizado. Portanto não são apresentados dados nestas condições. Os gráficos de velocidade de deslocamento em função da força de tração são apresentados na Figura 3.

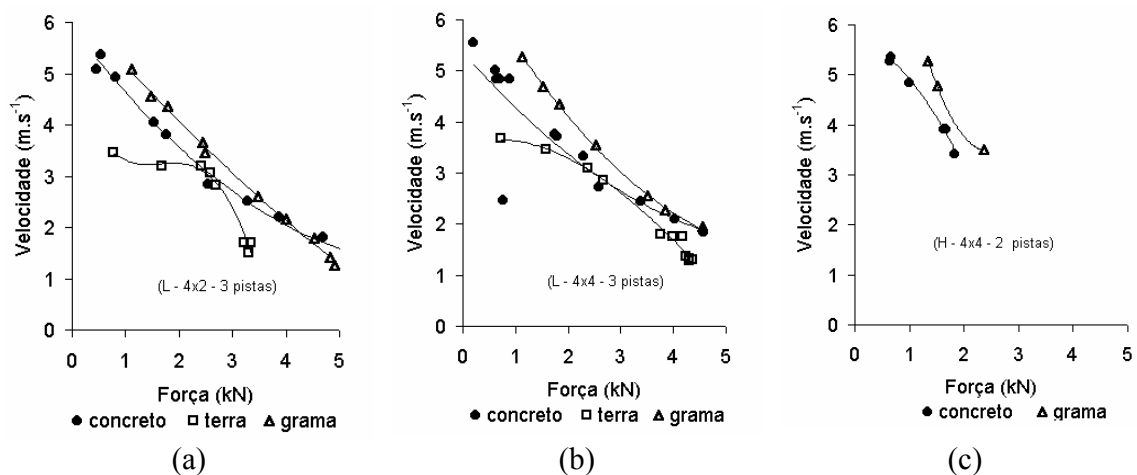


FIGURA 3. Velocidade de deslocamento em função da força de tração, em condição de marcha (a) L 4x2, (b) L 4x4 e (c) H 4x4, nas condições de pistas indicadas.

A tração máxima atingida pelo veículo foi de 4,925 kN, na condição de marcha L 4x2 na pista de grama. Nessa condição obteve-se a menor velocidade de deslocamento com carga, equivalente a 1,26ms⁻¹.

Os resultados de potência na barra, calculados para as duas condições de marcha e as três condições de pista são apresentados na Figura 4.

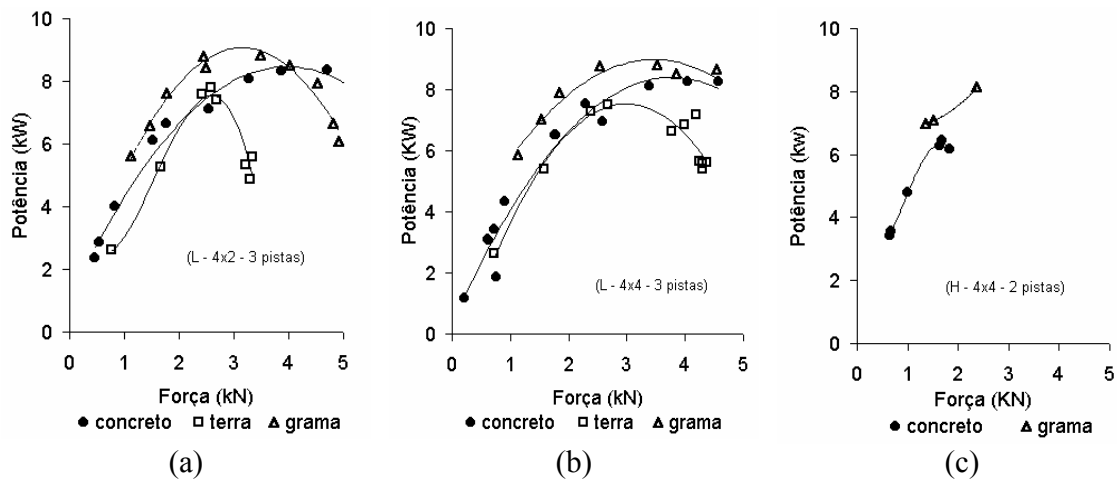


FIGURA 4. Potência em função da força de tração, em condição de marcha (a) L 4x2, (b) L 4x4 e (c) H 4x4, nas condições de pistas indicadas.

As curvas têm comportamentos semelhantes. A máxima potência atingida na barra de tração que foi 8,83kW, na condição L 4x2 em pista de grama. Para a pista de concreto obteve-se uma força máxima de tração de 4700N e potência máxima de 8,35kW, na marcha L 4x2. Em solo mobilizado a força máxima de tração deu-se na marcha L 4x4, resultando em 4379N e a potência máxima foi de 7,77kW na condição L 4x2. O máximo coeficiente de tração, que é a relação entre o peso próprio do veículo mais operador e sua capacidade máxima de tração, foi da ordem de 0,947, obtido em terreno gramado.

Durante os ensaios a força de tração não foi fator limitante para o funcionamento do motor. A potência na barra foi restringida pelo patinamento do rodado.

Na Figura 5 são apresentados os resultados de patinagem como função da força de tração na barra e como era de se esperar, a patinagem aumentou para valores crescente de força de tração na barra, em todos tipos de pistas. Esse aumento foi drasticamente diferente para as diferentes condições de pista, sendo diretamente proporcional às condições de aderência destas.

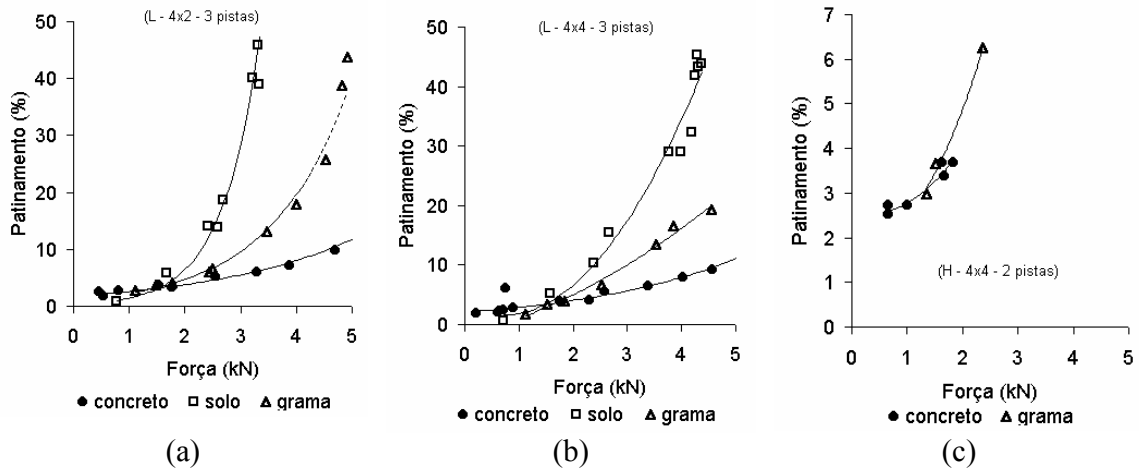


FIGURA 5. Patinagem do rodado traseiro em função da força de tração, em condição de marcha (a) L 4x2, (b) L 4x4 e (c) H 4x4, nas condições de pistas indicadas.

No caso da pista de concreto as curvas apresentaram comportamentos semelhantes, tanto para o veículo com a tração 4X2 como para a tração 4X4. Em todos os casos o fator limitante da potência na barra foi o patinamento do rodado com a queda da velocidade.

Na FIGURA 6 são apresentados os resultados de consumo volumétrico de combustível. O consumo horário foi maior na marcha L 4x2 e H x 4 no início das aplicações de carga, tendendo à estabilidade com o aumento da carga de tração.

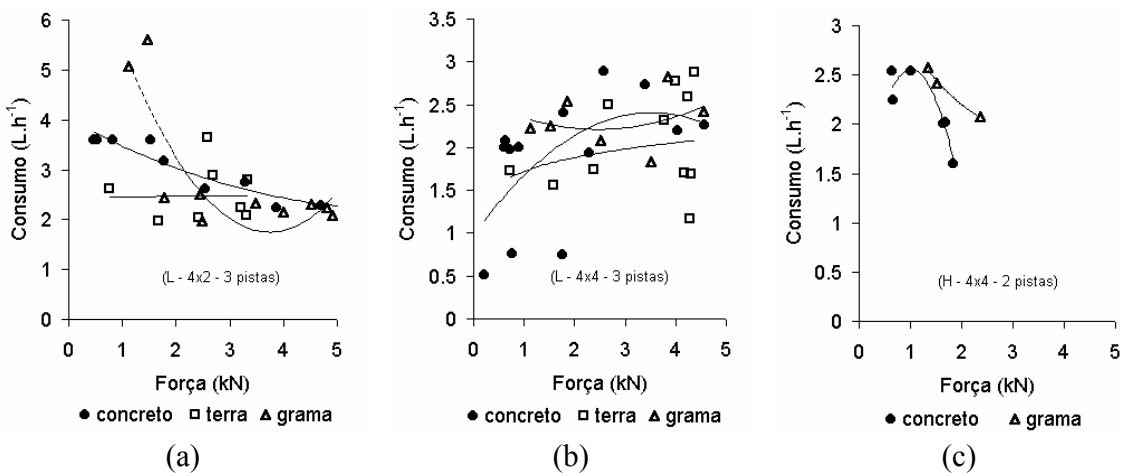


FIGURA 6. Consumo horário em função da força de tração, em condição de marcha (a) L 4x2, (b) L 4x4 e (c) H 4x4, nas condições de pistas indicadas.

O consumo volumétrico do espécime ensaiado, na condição L 4X2 e L 4X4 em pista de solo mobilizado foi inferior às demais condições. O mesmo também foi observado para potência na barra e velocidade de deslocamento.

Para cada condição de pista e tração obteve-se os respectivos consumos específicos que são apresentados na Figura 7. Em todas as condições observa-se que os valores de consumo específico são inversamente proporcionais à força desenvolvida até a faixa final em que há uma tendência de estabilização do consumo específico, com melhor aproveitamento do combustível.

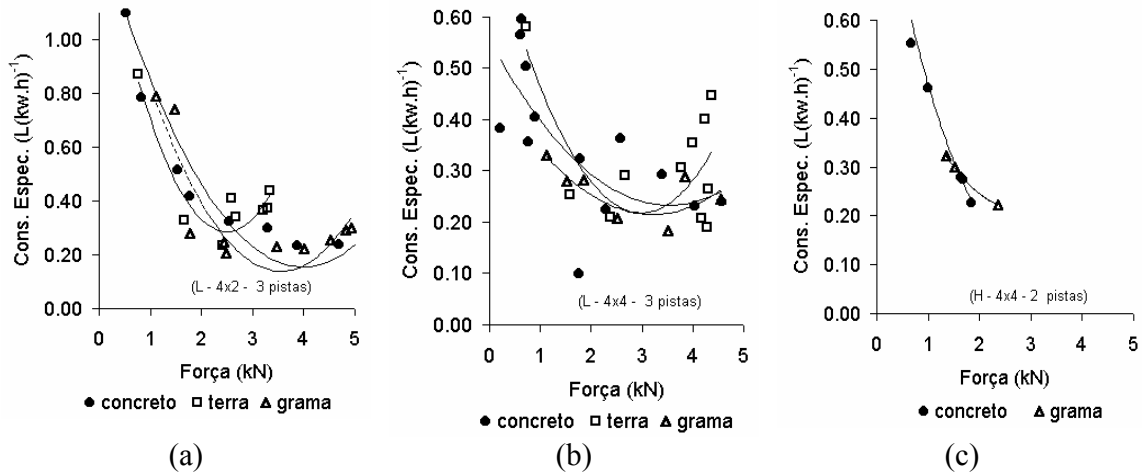


FIGURA 7. Consumo específico em função da força de tração, em condição de marcha (a) L 4x2, (b) L 4x4 e (c) H 4x4, nas condições de pistas indicadas.

Na determinação do nível de ruído, feito no ensaio de desempenho na barra de tração, obteve-se pressão sonora, no ouvido do operador para as marchas ensaiadas, na ordem de 92 e 93 dB (A).

A síntese dos resultados dos ensaios de desempenho operacional e do respectivo consumo de combustível são apresentados na Tabela 8.

TABELA 8. Resultados de ensaio de desempenho operacional do espécime ensaiado em operação de aração, gradagem e sulcamento.

Avaliação	Operação		
	Aração	Gradagem	Sulcamento
Consumo de diesel (L.h ⁻¹)	1,09	1,01	0,99
Largura nominal (m)	0,36	1,25	0,27
Largura efetiva (m)	0,26	1,15	0,22
Tempo Total (min.)	77,0	12,55	16,39
Tempo efetivo (min.)	39,0	7,33	7,62
Tempo de interrupção (min.)	38,0	5,22	8,77
Eficiência de tempo (%)	50,0	55,0	46,0
Velocidade efetiva (m.s ⁻¹)	1,45	1,81	1,44
Capacidade operacional (ha.h ⁻¹)	0,058	0,350	0,275

Os resultados obtidos foram comprometidos pela baixa velocidade do sistema de levante e implementos. Também contribuiu para isso a posição incômoda do controle de acionamento deste sistema e a dificuldade de visualização do implemento, forçando o operador a posicionar-se de uma maneira incômoda para verificar se o implemento estava na posição correta de operação. Sugere-se um sistema de aviso no painel para indicar a posição do sistema de levante dos 3 pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O veículo ensaiado apresenta grandes possibilidades de utilização em culturas perenes por apresentar dimensões externas compatíveis.

Como fonte de potência para uso em operações agrícolas o veículo apresentou tração máxima de 4,925kN, na condição de marcha L 4x2 na pista de grama, com a menor velocidade de deslocamento do ensaio, equivalente a $1,26\text{ms}^{-1}$. A máxima potência atingida na barra de tração foi de 8,83kW para a mesma condição. Para as pistas de concreto e solo mobilizado a força máxima de tração foi 4700N e 4379N, na marcha L 4x2 e L 4x4, respectivamente. A potência máxima nas pistas de concreto e solo mobilizado foi da ordem de 8,35kW e 7,77kW na marcha L4x2.

O espécime ensaiado foi eficiente quanto ao coeficiente de tração. Seu baixo consumo específico de combustível indicou boa eficiência termomecânica.

Os resultados de desempenho operacional mostram que o veículo apresenta baixa eficiência de tempo nas operações, devido ao elevado tempo de interrupção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7811*. Tratores agrícolas – Características e posição da barra de tração. Rio de Janeiro, 1993. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12567* Tratores agrícolas – Determinação do centro de gravidade. Rio de Janeiro, 1992. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *MB 3162 - NBR 11354*. Trator agrícola de rodas – Determinação da velocidade máxima. Rio de Janeiro, 1985. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9999* – Medição do nível de ruído no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 11 p.

BEKKER, M. G. *Theory of land locomotion*. Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1962. 522 p.

BERNARDES, R.C. Determinação das curvas de isoconsumo com trator operando sobre solo agrícola. Piracicaba, 1997. 108p (Dissertação de Mestrado).

CARDOSO JUNIOR, M.M. Análise de desempenho de tratores agrícolas com tração 4 x 2 e 4 x 2 auxiliar em condição de campo. Piracicaba, 1991. 104p. (Dissertação de Mestrado).

MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas: ensaios e certificações*. Piracicaba: Shekinah, 1996. 721 p.

PROFI, Arctic cat delivers refined ATV purr. Tonbridge, *Profi International*, n.8, pg. 26-28, agosto, 1999.

YAMASHITA, R.Y., CORRÊA, I.M., MENEZES, J.F., RIBEIRO, M.F.S., MAZZIERO, J.V.G., PASSARELLA NETO, A., FENZ, E. *Possibilidades de uso de tratores em culturas plantadas em linhas*. Campinas, IAC, 1984. 29p.(IAC Boletim técnico, 95).