



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA



FLÁVIO DA SILVA MONTEIRO

**PLANILHA ELETRÔNICA COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE
TRATORES AGRÍCOLAS**

Viçosa, MG

2016

FLÁVIO DA SILVA MONTEIRO

**PLANILHA ELETRÔNICA COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE
TRATORES AGRÍCOLAS**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Viçosa como parte das exigências para a
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.**

**Orientador: Domingos Sárvio Magalhães
Valente**

Coorientadora: Flora Maria de Melo Villar

Viçosa, MG

2016

FLÁVIO DA SILVA MONTEIRO

**PLANILHA ELETRÔNICA COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE
TRATORES AGRÍCOLAS**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Viçosa como parte das exigências para a
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.**

**Orientador: Domingos Sárvio Magalhães
Valente**

Prof. Domingos Sárvio Magalhães Valente
(orientador)
(UFV)

RESUMO

Com o presente trabalho, objetivou-se buscar recursos para que o produtor ou empresário agrícola possa definir qual trator é mais adequado para a realização de determinadas atividades. Objetivou-se também analisar alguns parâmetros que influenciam na escolha de um trator, como: potência disponível na barra de tração, consumo de combustível, custo horário e capacidade de trabalho. Para analisar e exemplificar situações, foi utilizada uma planilha eletrônica. Foi feita uma estimativa de custos para determinar qual o custo horário total para realizar uma aração utilizando-se uma arado de discos. Uma análise comparativa foi feita considerando-se características pré-definidas e um intervalo de velocidade de 1 a 8 km/h. Para comparação, foram encontrados resultados diferentes para consumo de combustível, custo horário total e capacidade de trabalho. A análise dos resultados deverá ser feita pelo produtor e, cabe a ele definir qual situação melhor se enquadrará em sua propriedade.

Palavras-chave: Custo operacional, velocidade de trabalho, consumo específico de combustível.

ABSTRACT

In this work, the objective was release resources for the producer or farmer decide what's the most appropriate tractor to perform some activities. The objective also is analyze some parameters that influence the tractor's choice, as: available power in draw bar, fuel consumption, hourly cost and work capacity. To analyze and exemplify the situations, was used a electronic spreadsheet. A cost estimate has been made to determine the total hourly cost to tillage with a disk plow. A comparative analysis has been made considering some predefined characteristics and a speed range from 1 to 8 km/h. For comparison were found differents results to fuel consumption, total hourly cost and work capacity. The analysis should be made by the owner and he'll decide what is the best situation for his property.

Keywords: Operational costs, work speed, specific fuel consumption.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Determinação da potência exigida na barra de tração	11
2.2. Custos fixos	14
2.2.1. Depreciação do trator e do implemento	15
2.2.2. Juros sobre capital investido	15
2.2.3. Cálculo dos impostos, seguros e alojamento (ISA)	16
2.2.4. Custo fixo total	16
2.3. Custos variáveis	16
2.3.1. Custo do combustível	17
2.3.2. Custo dos lubrificantes	18
2.3.3. Reparos e manutenção	19
2.3.4. Custo da mão de obra	19
2.3.5. Custo variável total	20
2.4. Custo total horário	20
2.6. Capacidade de Trabalho	20
2.7. Exemplo	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1. Análise de sensibilidade	23
3.1.1. Velocidade x Consumo de combustível	23
3.1.2. Velocidade x Custo total horário	24
3.1.3. Velocidade x Capacidade de Trabalho	25
4. CONCLUSÃO	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXO 1 - Simulação de 5 km/h	29

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento agrícola brasileiro nos últimos anos e, diminuição da mão de obra, os produtores estão buscando tecnologias que os tornem mais competitivos no mercado, agilizem o trabalho rural e reduzam custos de produção. Como a propriedade agrícola nos dias atuais é considerada uma empresa rural, esta deve ser administrada e gerenciada como tal. A partir disso, o produtor ou gerente da propriedade deve buscar mecanismos que o auxiliem a definir parâmetros para tornar a atividade mais produtiva e rentável através de bases mais sólidas para a tomada de decisões.

A mecanização agrícola vem como fator crucial no que diz respeito à falta de mão de obra e à necessidade de realizar trabalhos em menor tempo, com qualidade e uniformidade. Atualmente existem em torno de dez fabricantes de tratores no país e, cada um destes, lançam diversos modelos destinados aos mais variados setores, abrangendo todo mercado e fazendo com que a expansão agrícola seja possível e cada vez maior. A partir disso, é possível dizer que a escolha do trator ideal para cada área e atividade agrícola é um fator crucial para se obter êxito.

É vasto o número de características que podem ser consideradas para a escolha do trator em uma propriedade rural. Dentre essas características, podemos citar fatores relacionados diretamente ao trator, como: valor de aquisição, ergonomia, consumo de combustível, potência nominal, potência equivalente na tomada de potência (TDP), capacidade de tração, tipos de rodados, entre outros. Há ainda aspectos indiretos, mas que também devem ser levados em consideração, como: tamanho da propriedade, relevo, tipo de solo, atividades que serão desempenhadas, implementos utilizados, entre outros.

Segundo LOPES (2003), o aumento da velocidade de trabalho resulta em maior consumo volumétrico de combustível (L/h), porém, para fins científicos, o consumo de combustível deve ser estudado em relação à produção de energia e, assim, quando a velocidade de trabalho é aumentada, o consumo de combustível (g kWh^{-1}) diminui.

Para análise desses diversos fatores, há no mercado, vários *softwares* que auxiliam na análise de variáveis importantes. A aplicação de *softwares* no controle operacional da maquinaria agrícola não deve ser vista apenas como forma de eliminar o problema de controle nas operações, mas sim com a finalidade de

oferecer uma ferramenta de qualidade, que traga benefícios ao controle dos custos operacionais executados em uma propriedade agrícola (PIACENTINI, 2012).

Considerando a dificuldade de analisar fatores para definir custos, objetivou-se disponibilizar uma planilha eletrônica “Excel”, desenvolvida em plataforma “Windows”, que auxilie o produtor a definir que tipo de máquina adquirir em função do custo das operações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foi elaborada uma planilha eletrônica no programa “Excel”, em plataforma “Windows”, para inserção de dados e equações, obtendo assim os resultados necessários para análises comparativas. Na Figura 1 é apresentada a planilha que foi desenvolvida para o preenchimento dos dados, para cálculos e para obtenção de resultados.

PARÂMETROS		
IMPLEMENTO	W	Tipo de solo

Velocidade (Km/h)	
Largura do implemento (m) ou número de ferramentas-hastes	
Profundidade de trabalho (cm)	

FORÇA NA BARRA DE TRACÇÃO (N)	
POTÊNCIA EXIGIDA NA BARRA DE TRACÇÃO (kW)	
POTÊNCIA EXIGIDA NA BARRA DE TRACÇÃO (cv)	

CARACTERÍSTICAS GERAIS	TRATOR	IMPLEMENTO
Valor de aquisição (R\$)		
Vida útil (anos)		
Horas de trabalho anual (h)		
Taxa de juros (% a.a.)		
Potência (cv)		
Salário da mão de obra (R\$/mês)		
Encargos trabalhistas (%)		
Preço do óleo diesel (R\$/L)		
Preço da graxa (R\$/kg)		
Preço do óleo lubrificante (R\$/L)		
Tipo de trator		
Condição de tração		
Rotação de trabalho (rpm)		
Rotação máxima (rpm)		

CAPACIDADE DE TRABALHO (ha/h)	0
-------------------------------	---

CUSTOS FIXOS HORÁRIO		
	TRATOR	IMPLEMENTO
Depreciação anual		
Juros sobre capital (a.a.)	R\$ -	R\$ -
Impostos, seguros e alojamento	R\$ -	R\$ -
CUSTO FIXO HORÁRIO TOTAL (R\$/h)		

CUSTOS VARIÁVEIS HORÁRIO		
COMBUSTÍVEL		
Consumo de combustível (L/kWh)		
Consumo de combustível (L/h)		
Custo com combustível (R\$/h)		
LUBRIFICANTES		
Quantidade de óleo lubrificante (L/h)		0,000
Custo do óleo lubrificante (R\$/h)	R\$ -	
Custo da graxa (R\$/h)	R\$ -	
REPAROS E MANUTENÇÃO		
Equipamento		Custo de manutenção
Trator		
Implemento		
MÃO DE OBRA		
Salário + Encargos (R\$/mês)	R\$ -	
Total (R\$/h)	R\$ -	
CUSTO VARIÁVEL HORÁRIO TOTAL (R\$/h)		

CUSTO TOTAL HORÁRIO (R\$/h)

Figura 1 – Planilha eletrônica para inserção de dados e obtenção do custo horário total

2.1. Determinação da potência exigida na barra de tração

O primeiro fator a ser definido foi a obtenção da potência necessária na barra de tração para que o trator desempenhe o trabalho com êxito, levando em consideração o implemento acoplado a este, o tipo de solo predominante na área do empreendimento, a velocidade e a profundidade de trabalho.

Abaixo são apresentados os passos que devem ser seguidos pelo produtor para que seja possível obter a potência na barra de tração. Este deverá preencher as lacunas com as informações do implemento utilizado e do solo a ser trabalhado.

- 1º. Passo: definir qual implemento será utilizado;
- 2º. Passo: definir o tipo de solo predominante na área a ser trabalhada;
- 3º. Passo: determinar qual a velocidade de trabalho, a largura do implemento ou o número de ferramentas-hastes, e a profundidade de trabalho.

Para determinar a potência necessária na barra de tração foi utilizada a Equação 1 que determina a força exigida pelo implemento (ASAE, 2011).

$$D = F_i (A + B S + C S^2) W T \quad (1)$$

Em que:

D = Força exigida na barra de tração (N);

F_i = Parâmetros do solo (Tabela 1);

A, B e C = Parâmetros específicos de cada implemento em relação ao solo (Tabela 1);

S = Velocidade de trabalho (km/h);

W = Largura (m) ou número de hastes/ferramentas;

T = Profundidade de trabalho (cm).

Para a implementação da Equação 1, levou-se em consideração fatores relacionados a textura do solo (F_i), podendo este ser argiloso (F1), siltoso (F2) ou arenoso (F3). Assim, o produtor deve conhecer o tipo do solo a ser trabalhado para que o desempenho do conjunto trator e implemento consiga realizar as atividades que lhe foram designadas. Os fatores A, B e C, são relativos ao implemento e sua relação com o solo. A Tabela 1 mostra os valores de A, B, C, F_i e W para os

implementos que foram considerados no estudo, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades.

Tabela 1- Parâmetros do solo e de cada implemento utilizados para realização dos cálculos utilizando-se a Equação 1.

Parâmetros do solo para cada implemento							
Implemento	W	A	B	C	F1	F2	F3
Arado de Aivecas	largura (m)	652	0	5,1	1	0,7	0,45
Arado de Disco	largura (m)	390	19	0	1	0,85	0,65
Grade Tandem (prep. primário)	largura (m)	309	16	0	1	0,88	0,78
Grade Tandem (prep. secundário)	largura (m)	216	11,2	0	1	0,88	0,78
Grade Offset (prep. primário)	largura (m)	364	18,8	0	1	0,88	0,78
Grade Offset (prep. secundário)	largura (m)	254	13,2	0	1	0,88	0,78
Grade Simples (prep. primário)	largura (m)	124	6,4	0	1	0,88	0,78
Grade Simples (prep. secundário)	largura (m)	86	4,5	0	1	0,88	0,78
Subsolador ponta estreita	Hastes	226	0	1,8	1	0,7	0,45
Subsolador com alado (30 cm)	Hastes	294	0	2,4	1	0,7	0,45
Cultivador (prep. primário)	Ferramentas	46	2,8	0	1	0,85	0,65
Cultivador (prep. Secundário)	Ferramentas	32	1,9	0	1	0,85	0,65
Enxada rotativa	largura (m)	600	0	0	1	1	1
Semeadora montada	Linhas	500	0	0	1	1	1
Semeadora de arrasto	Linhas	900	0	0	1	1	1
Semeadora adub. de arrasto	Linhas	1550	0	0	1	1	1

Na Tabela 1, o fator W é uma característica específica do implemento relacionada aos elementos de trabalho deste. Para alguns, o valor de W é definido pela largura, em metros, trabalhada pelo implemento e, para outros, é definido como o número de hastes, ferramentas ou linhas presentes.

Após a determinação da força, em Newton, exigida pelo implemento na barra de tração, foi possível determinar qual a potência, em kW, também exigida na barra de tração, conforme a Equação 2.

$$P_{bt} = \frac{S}{3,6} \frac{D}{1000} \quad (2)$$

Em que:

P_{bt} = Potência exigida pelo implemento na barra de tração (kW);

D = Força exigida na barra de tração (N);

S = Velocidade de trabalho (km/h).

A partir da determinação da potência exigida na barra de tração, utilizou-se o fluxograma, representado na Figura 2, para determinar qual deve ser a potência nominal mínima do motor do trator para que este consiga desenvolver as atividades.

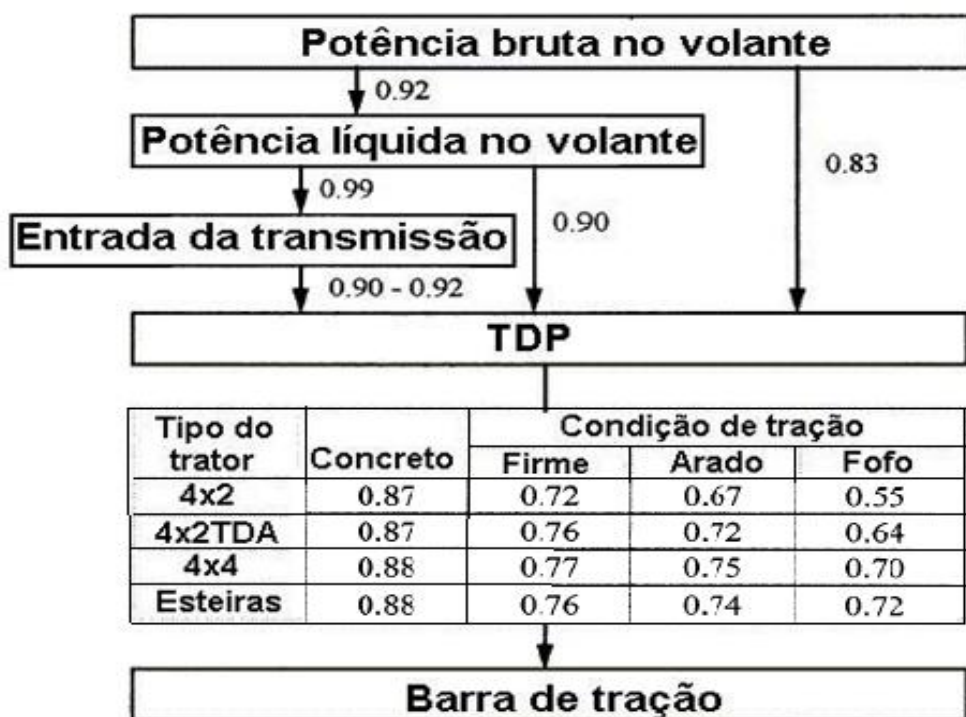


Figura 2 – Fluxograma de eficiência da transmissão de potência de um trator agrícola em função do tipo de trator e tipo de solo (Fonte: Adaptado de ASAE, 2011).

Após definida a potência necessária para tracionar um implemento, basta que o produtor consulte catálogos de tratores e verifique qual modelo é capaz de gerar tal potência necessária.

Para isso, foi necessário conhecer a potência exigida pelo implemento na barra de tração, as condições do solo de trabalho e o tipo de trator, em relação ao sistema de tração, que desempenha a atividade.

Assim, como mostrado na Figura 3, o produtor deve, inicialmente, escolher o tipo de trator dentre os quatro disponíveis e, em seguida, escolher o tipo de condição de tração:

1º) Tipo de trator	
Condição de tração	4x2
Rotação de trabalho (rpm)	4x2 TDA
Rotação máxima (rpm)	4x4
	Esteiras

2º) Tipo de trator	
Condição de tração	
Rotação de trabalho (rpm)	Concreto
Rotação máxima (rpm)	Solo firme
	Solo arado
	Solo macio

Figura 3 – Definição do tipo de trator e da condição de tração

O produtor deve definir alguns outros parâmetros que são necessários para realizar os próximos cálculos.

Estes parâmetros são:

- Valor de aquisição do trator e implemento;
- Vida útil do trator e implemento;
- Horas de trabalho anual do trator e implemento;
- Taxa de juros;
- Potência do trator;
- Salário do operador;
- Encargos com o operador;
- Preço de óleo diesel, graxa e óleo lubrificante;
- Rotação de trabalho e rotação máxima.

2.2. Custos fixos

Para o cálculo custo operacional do trator agrícola, os custos fixos foram definidos como aqueles que independem da intensidade de utilização da máquina, isto é, não dependem do número de horas que o maquinário irá operar. Entre os custos fixos, considerou-se a depreciação anual, os juros sobre capital investido e os impostos, seguros e alojamento.

2.2.1. Depreciação do trator e do implemento

Definido o modelo de trator e o implemento a ser usado, o produtor deve inserir o preço de compra e sua vida útil nas características pré-definidas. Deve-se também definir qual o valor de sucata da máquina, ou seja, quanto ela irá custar após o fim de sua vida útil. Normalmente, este valor é definido como 10% do valor de aquisição, tanto para o trator quanto para o implemento que foi escolhido para as atividades. A depreciação foi calculada conforme a Equação 3:

$$D_p = \frac{PA - PF}{L} \quad (3)$$

Em que:

D_p = Depreciação anual (R\$/ano);

PA = Preço de aquisição da máquina (R\$);

PF = Valor de sucata da máquina (R\$);

L = Vida útil do equipamento (anos).

2.2.2. Juros sobre capital investido

Cabe ao produtor definir qual é a taxa de juros considerada sobre aquele capital investido (compra do trator e implemento). Para o presente trabalho foi considerado o valor de 6% ao ano. Outras taxas de juros podem ser consideradas, a taxa de juros referente ao tesouro nacional pode ser um exemplo a ser seguido. São várias as opções a serem escolhidas, cabendo ao gestor definir qual é a opção mais adequada à sua situação. A Equação 4 foi utilizada para estimativa do cálculo dos juros sobre capital investido. Sendo considerado como a média do capital investido.

$$J = \frac{(PA + PF)}{2} i \quad (4)$$

Em que:

J = Juros sobre capital investido (R\$/ano);

PA = Preço de aquisição da máquina (R\$);

PF = Valor de sucata da máquina (R\$);

i = Taxa de juros ao ano (decimal).

2.2.3.Cálculo dos impostos, seguros e alojamento (ISA)

São considerados os valores, seguindo a literatura especializada, para impostos, seguros e alojamento, 0,75% a 2 % sobre o custo inicial ao ano. Assim, para efeito de cálculos no presente trabalho foi considerado uma taxa fixada em 1,5% sobre o valor de aquisição, ao ano. No entanto, outros valores podem ser inseridos pelo usuário. Para os cálculos dos impostos, seguros e alojamento foi utilizado a Equação 5.

$$ISA = PA i_{ISA} \quad (5)$$

Em que:

ISA= Custos com impostos, seguro e alojamento (R\$/ano);

PA = Preço de aquisição da máquina (R\$);

i_{ISA} = Taxa que remunera os impostos, seguro e alojamento (%).

2.2.4.Custo fixo total

Obtidos esses três parâmetros (depreciação, juros sobre capital investido e impostos, seguro e alojamento), foi possível calcular os custos fixos a partir do somatório desses valores, conforme apresentado na Equação 6.

$$CF = Dp + J + ISA \quad (6)$$

Em que:

CF = Custo fixo total (R\$/ano);

Dp = Depreciação anual (R\$/ano);

J = Juros sobre capital investido (R\$/ano);

ISA= Custos com impostos, seguro e alojamento (R\$/ano).

Para a obtenção o custo fixo horário, dividiu-se o custo fixo total anual pelo número de horas trabalhadas no ano.

2.3. Custos variáveis

Os custos variáveis são aqueles que dependem da intensidade de utilização de uma máquina e, para calculá-lo, levou-se em conta os gastos com combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e mão de obra.

2.3.1. Custo do combustível

Para a definição do custo do combustível foi necessário determinar qual o consumo volumétrico de combustível do trator e, para isto, foi utilizado o método proposto pela ASAE (2011). Este método permitiu mensurar o consumo de combustível do trator de forma criteriosa, pois considera a fração da potência equivalente disponível na tomada de potência e, a relação entre a rotação de trabalho e a máxima rotação do motor, conforme apresentado na Equação 7.

$$SFC_V = (0,22 + \frac{0,096}{X}) P_{TM} \quad (7)$$

Em que:

SFC_V = Consumo específico volumétrico de óleo diesel (L/kWh);

X = Fração da potência equivalente na tomada de potência (TDP) disponível, decimal;

P_{TM} = Multiplicador associado à posição parcial da alavanca do acelerador, decimal.

Para calcular a fração da potência equivalente na TDP disponível, foi necessário saber qual a potência equivalente na TDP exigida pelo implemento e também, qual a potência nominal disponível na TDP pelo trator. A potência nominal disponível na TDP pelo trator deverá ser superior à potência exigida pelo implemento, caso o contrário, o trator não conseguirá realizar a atividade porque a potência requerida será maior do que a suportada por este. Assim, obteve-se o valor da fração de potência equivalente na TDP, ilustrada na Equação 8:

$$X = \frac{P_{eTDP}}{P_{nTDP}} \quad (8)$$

Em que:

X = Fração da potência equivalente na tomada de potência (TDP) disponível, decimal;

P_{eTDP} = Potência equivalente na TDP (kW);

P_{nTDP} = Potência nominal na TDP (kW).

O multiplicador associado à posição parcial da alavanca do acelerador foi calculado a partir da Equação 9:

$$P_{TM} = 1 - (N - 1) (0,45 X - 0,877) \quad (9)$$

Em que:

P_{TM} = Multiplicador associado à posição parcial da alavanca do acelerador, decimal;
 X = Fração da potência equivalente na tomada de potência (TDP) disponível, decimal;

N = Razão entre a rotação do motor com acelerador parcial e a rotação do motor com o acelerador no máximo, decimal;

No cálculo do valor de N , foi necessário que o produtor informasse a rotação de trabalho do motor do trator e a rotação máxima que pode ser desenvolvida pelo motor, como mostra a Equação 10:

$$N = \frac{n_{PT}}{n_{FT}} \quad (10)$$

Em que:

N = Razão entre a rotação do motor com acelerador parcial e a rotação do motor com o acelerador no máximo, decimal;

n_{PT} = Rotação do motor com aceleração parcial (RPM);

n_{FT} = Rotação do motor com aceleração máxima (RPM).

Assim, determinou-se o consumo volumétrico de combustível ($L kWh^{-1}$) para a realização de determinada atividade. Sabendo-se qual o preço do combustível, foi determinado o custo horário com combustível, multiplicando-os.

2.3.2.Custo dos lubrificantes

Na categoria lubrificantes, foi considerado o consumo de óleo lubrificante e de graxa. O consumo de óleo lubrificante foi calculado pela Equação 11:

$$O_L = 0,00043 (PN + 0,02169) \quad (11)$$

Em que:

O_L = Consumo óleo lubrificante (L/h);

PN = Potência nominal do trator (CV);

Obtido o consumo de óleo lubrificante por hora trabalhada, multiplicou-se o valor consumido de óleo lubrificante pelo seu preço comercial. Assim, o valor calculado representou o custo horário com óleo lubrificante.

O consumo de graxa foi determinado como sendo 0,05 kg de graxa consumido por uma hora de trabalho do trator. Assim, sabendo qual o preço de 0,05 kg de graxa, obteve-se o custo horário.

Somou-se o valor horário calculado para o consumo de óleo lubrificante e graxa e foi determinado o custo horário com lubrificantes.

2.3.3.Reparos e manutenção

Este parâmetro refere-se aos gastos com as manutenções preventivas e corretivas, tanto do trator quanto do implemento. Para o cálculo de manutenção com trator, foi utilizado como base 100% do valor de aquisição do mesmo diluído igualmente durante toda sua vida útil. Dividiu-se o valor obtido pelo número de horas trabalhadas anualmente e obteve-se o custo horário com reparos e manutenções do trator.

Para calcular o custo de manutenção do implemento, considerou-se uma taxa de 5% ao ano sobre o valor de aquisição do mesmo. Assim, dividiu-se o valor obtido pelo número de horas trabalhadas anualmente e obteve-se o custo horário com reparos e manutenções do implemento.

Somando-se o custo horário com reparos e manutenção do trator e implemento, foi quantificado o custo horário com reparos e manutenção.

2.3.4. Custo da mão de obra

Para o cálculo do custo de mão de obra, considerou-se o valor do salário de um funcionário somado aos encargos trabalhistas. No presente trabalho, foi considerada uma taxa de 70% de encargos trabalhistas, assim, esta taxa deverá ser acrescentada ao salário do operador.

Para determinar o custo horário considerou-se o valor de 176 horas trabalhadas por mês. Esse valor foi determinado considerando-se 8 horas trabalhadas diariamente e um total de 22 dias úteis ao mês.

Assim, o custo horário da mão de obra foi determinado pela divisão dos valores de salário mais encargos, dividido pelo número de horas trabalhadas mensalmente (176 horas).

2.3.5. Custo variável total

Definido todos os parâmetros variáveis, foi determinado o custo variável total, ou seja, o somatório de todos os parâmetros variáveis, como na Equação 12:

$$CV = C_C + L + RM + MO \quad (12)$$

Em que:

CV = Custo variável total (R\$/h);

C_C = Custos com combustível (R\$/h);

C_L = Custos com lubrificantes (R\$/h);

RM = Custos com reparos e manutenção (R\$/h);

MO = Custos com mão de obra (R\$/h).

2.4. Custo total horário

Determinado o custo horário fixo e o custo horário variável, somou-se ambos os custos e obteve-se o custo horário total, ou seja, quanto foi gasto para executar uma hora do trabalho com um implemento pré definido, mostrado na Equação 13:

$$CH = CF + CV \quad (13)$$

Em que:

CH = Custo horário total (R\$/h);

CF = Custo fixo horário (R\$/h);

CV = Custo variável horário (R\$/h).

2.6. Capacidade de Trabalho

Entende-se como capacidade de trabalho a relação entre a quantidade de trabalho que um conjunto mecanizado executa por unidade de tempo. A capacidade de trabalho foi calculada para se estimar qual o rendimento de trabalho está sendo obtido. Conforme Equação 14:

$$CT = \frac{V L}{10} f \quad (14)$$

Em que:

CT = Capacidade de trabalho (ha/h);

V= Velocidade (km/h);

L=Largura de corte do implemento;

f= Eficiência de campo.

2.7. Exemplo

Para simular uma situação real e obter custos, foi escolhida a variável velocidade (km/h) de trabalho, e os outros parâmetros foram fixados.

Parâmetros fixados:

1. Implemento:

- a. Arado de discos;
- b. Valor de aquisição: R\$ 7.000,00;
- c. Vida útil: 15 anos;
- d. Valor de sucata: 10% sobre o valor de aquisição;
- e. Horas de trabalho anual: 250 horas;
- f. Largura de trabalho de 1,5 metros;
- g. Profundidade de trabalho de 20 centímetros;

2. Trator:

- a. 4x2 TDA (Tração dianteira auxiliar);
- b. Potência: 65 CV;
- c. Valor de aquisição: R\$ 90.000,00;
- d. Vida útil: 15 anos;
- e. Valor de sucata: 10% sobre o valor de aquisição;
- f. Horas de trabalho anual: 1500 horas;
- g. Rotação de trabalho: 1800 RPM;
- h. Rotação máxima: 2200 RPM.

3. Outros parâmetros:

- a. Taxa de juros: 6%;
- b. Tipo de solo: argiloso e firme;
- c. Salário do operador: R\$ 1.000,00/mês;

- d. Encargos trabalhistas: 70% sobre o salário do operador;
- e. Preço do óleo diesel: R\$ 3,20/litro;
- f. Preço do óleo lubrificante: R\$ 8,00/litro;
- g. Preço da graxa: R\$ 15,00/kg;

Esta simulação encontra-se no Anexo 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para exemplificar, foi feita uma simulação a uma velocidade de 5 Km/h. A potência exigida na barra de tração pelo implemento, foi de 27,5 CV (cavalo-vapor). O custo horário total foi de R\$ 54,69 reais. A capacidade de trabalho foi de 0,6 hectares por hora considerando-se uma eficiência de campo de 80% para aração.

3.1. Análise de sensibilidade

Avaliou-se as velocidades no intervalo de 1 a 8 km/h, gerando oito valores diferentes para o custo horário de trabalho, para o consumo de combustível (L kWh⁻¹), e para a capacidade de trabalho.

A Figura 4 mostra os valores encontrados para as três variáveis na análise de sensibilidade:

Velocidade (km/h)	Consumo de Combustível (L/kWh)	Custo horário total (R\$/h)	Capacidade de Trabalho (ha/h)
1	1,02	R\$ 40,19	0,12
2	0,59	R\$ 43,30	0,24
3	0,45	R\$ 46,74	0,36
4	0,38	R\$ 50,53	0,48
5	0,34	R\$ 54,69	0,60
6	0,32	R\$ 59,24	0,72
7	0,30	R\$ 64,19	0,84
8	-	-	0,96

Figura 4 – Tabela de análise de sensibilidade

3.1.1. Velocidade x Consumo de combustível

Na análise de sensibilidade referente à velocidade x consumo de combustível, notou-se que com o aumento da velocidade, houve uma queda no consumo específico de combustível. Isto significa que quando o trator desempenha uma atividade com velocidades mais altas, aumenta a demanda de potência do motor do trator. Dessa forma, tem-se maior eficiência no uso da energia do combustível, pois a potência gerada para cada unidade de combustível é maior. Assim, tratores devem operar próximo à máxima potência do motor, para que o uso do combustível seja mais eficiente e, conseqüentemente, haja maior aproveitamento do uso da máquina. Para velocidades acima de 7 km/h, não é possível obter valores, pois a potência que

será exigida na barra de tração pelo implemento é maior do que a potência nominal do trator. Ou seja, mesmo o motor do trator operando em seu ponto de máxima eficiência, a potência máxima que será gerada não é suficiente para desempenhar a atividade. A Figura 5 ilustra a situação.

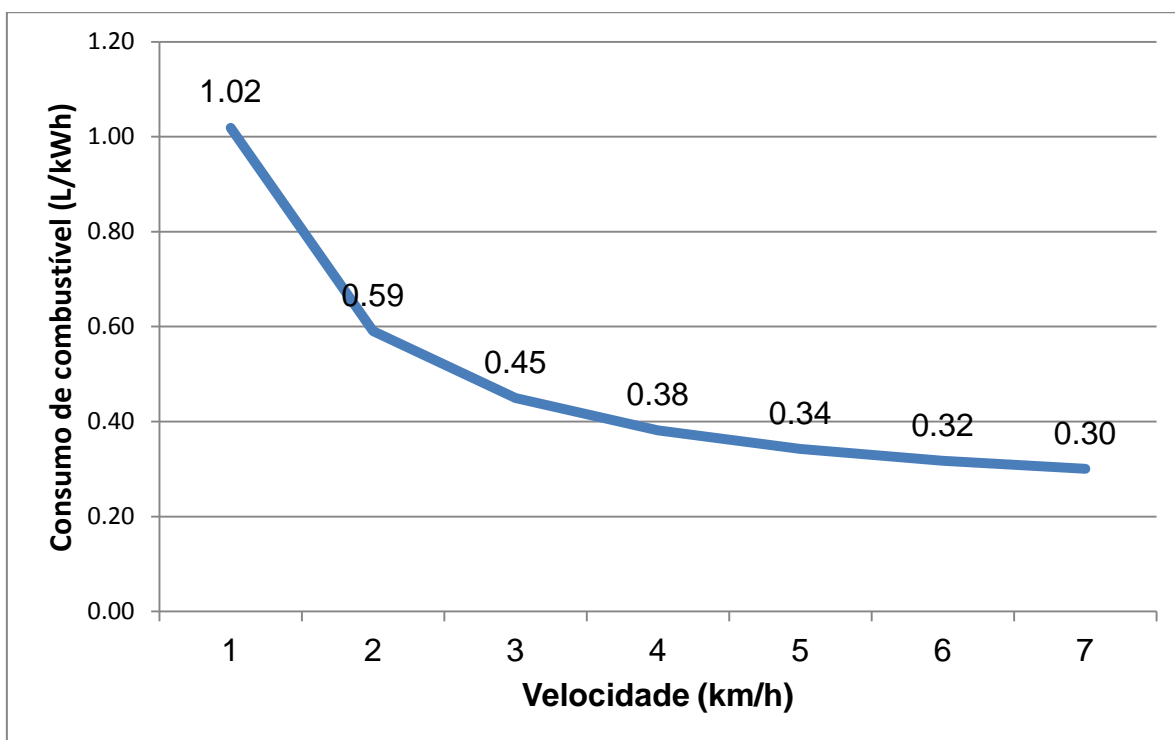


Figura 5 – Gráfico da relação velocidade x consumo de combustível

3.1.2. Velocidade x Custo total horário

Notou-se que embora o consumo específico de combustível ($L kWh^{-1}$) esteja diminuindo, o custo com consumo de combustível está aumentando, em litros por hora, no entanto, o aumento no consumo de combustível está sendo melhor aproveitado para gerar potência. Isso é devido ao fato da velocidade estar aumentando e a potência aumentar em maiores proporções, e assim, o consumo específico de combustível diminui. Porém, o consumo de combustível em L/h aumenta, uma vez que esse parâmetro está diretamente relacionado ao aumento da exigência de potência ao motor, gerado pelo aumento de velocidade. Assim, mesmo que o consumo específico em $L kWh^{-1}$ diminua com o aumento da velocidade, o consumo em L/h aumenta. Como há um aumento no consumo volumétrico de combustível, conseqüentemente, haverá aumento no custo horário total. A Figura 6 mostra a análise de sensibilidade feita em torno das duas variáveis.

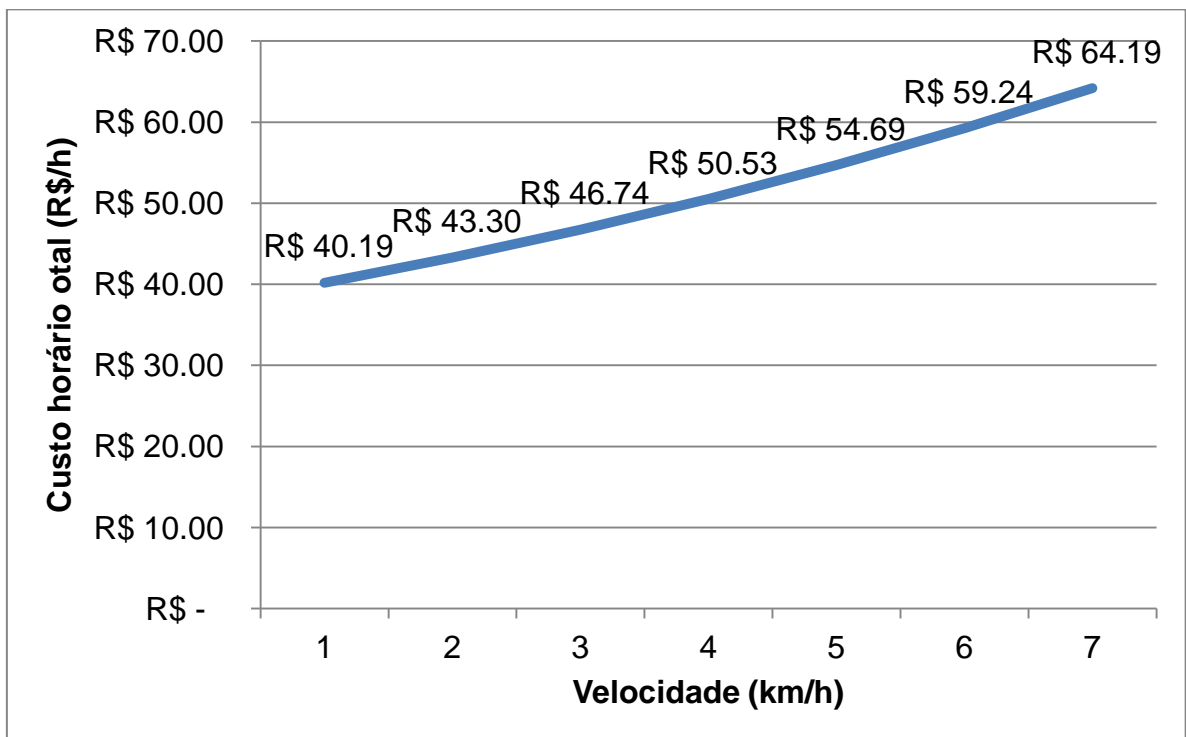


Figura 6 – Gráfico da relação velocidade x custo horário total

3.1.3. Velocidade x Capacidade de Trabalho

Observou-se que à medida que a velocidade aumenta, a capacidade de trabalho também aumenta. Isto está diretamente relacionado, pois, quando a velocidade de trabalho aumenta, o tempo gasto para realizar determinada atividade diminui proporcionalmente. A Figura 7 representa esta análise.

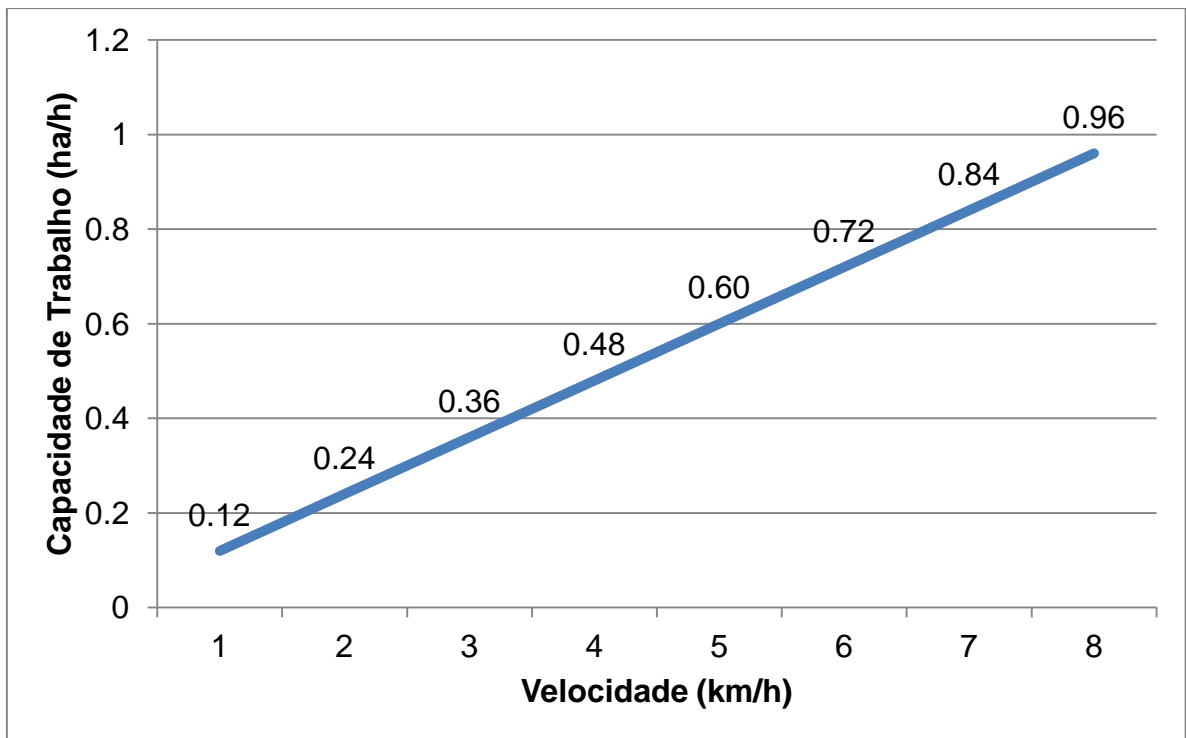


Figura 7 – Gráfico da relação velocidade x capacidade de trabalho

4. CONCLUSÃO

A planilha eletrônica elaborada possibilita o produtor a estimar qual a potência exigida pelo implemento na barra de tração e assim definir qual a potência mínima necessária para que o trator consiga desempenhar a atividade. Permitiu estimar o custo total horário de um trator utilizando um implemento e também, qual a capacidade de trabalho.

Possibilita o produtor realizar análises comparativas trabalhando-se com velocidades no intervalo de 1 a 8 quilômetros por hora.

O presente trabalho mostra que não há uma receita pronta, cabe ao produtor escolher qual situação melhor se encaixa na sua atividade, de forma a tornar o desempenho do conjunto trator-implemento mais satisfatório.

Para ter acesso à planilha, basta que o produtor envie um email para o endereço eletrônico: flaviomonteirostick@gmail.com, e solicite a mesma, de forma gratuita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. ASAE Standards 2003. Agricultural machinery management. ASAE EP496.3. St. Joseph, ASAE, 2006 (R2011).

ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. ASAE Standards 2003. Agricultural machinery management. ASAE D497.7. St. Joseph, ASAE, 2011.

LOPES, Afonso. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB v.7, n.2, p.382-386, 2003.

PIACENTINI, Liane. *Software* para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas – Maqcontrol. **Biblioteca Digital da Produção Intelectual**. São Paulo, v.32, n.3, p.609-623, 2012.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 307p.

ANEXO 1 - Simulação de 5 km/h

PARÂMETROS		
IMPLEMENTO	W	Tipo de solo
Arado de Disco	Largura	ARGILOSO
Velocidade (Km/h)	5	
Largura do implemento (m) ou número de ferramentas-hastes	1,5	
Profundidade de trabalho (cm)	20	
FORÇA NA BARRA DE TRACÇÃO (N)	14550	
POTÊNCIA EXIGIDA NA BARRA DE TRACÇÃO (kW)	20,21	
POTÊNCIA EXIGIDA NA BARRA DE TRACÇÃO (cv)	27,5	

CUSTOS FIXOS HORÁRIO		
	TRATOR	IMPLEMENTO
Depreciação anual	R\$ 5.400,00	R\$ 420,00
Juros sobre capital (a.a.)	R\$ 2.970,00	R\$ 231,00
Impostos, seguros e alojamento	R\$ 1.350,00	R\$ 105,00
CUSTO FIXO HORÁRIO TOTAL (R\$/h)	R\$ 6,48	R\$ 3,02

CUSTOS VARIÁVEIS HORÁRIO		
COMBUSTÍVEL		
Consumo de combustível (L/kWh)		0,342
Consumo de combustível (L/h)		9,10
Custo com combustível (R\$/h)	R\$	29,12
LUBRIFICANTES		
Quantidade de óleo lubrificante (L/h)		0,032
Custo do óleo lubrificante (R\$/h)	R\$	0,26
Custo da graxa (R\$/h)	R\$	0,75
REPAROS E MANUTENÇÃO		
Equipamento		Custo de manutenção
Trator	R\$	4,00
Implemento	R\$	1,40
MÃO DE OBRA		
Salário + Encargos (R\$/mês)	R\$	1.700,00
Total (R\$/h)	R\$	9,66
CUSTO VARIÁVEL HORÁRIO TOTAL (R\$/h)	R\$	45,19

CARACTERÍSTICAS GERAIS	TRATOR	IMPLEMENTO
Valor de aquisição (R\$)	R\$ 90.000,00	R\$ 7.000,00
Vida útil (anos)	15	15
Horas de trabalho anual (h)	1500	250
Taxa de juros (% a.a.)	6%	
Potência (cv)	75	
Salário da mão de obra (R\$/mês)	R\$ 1.000,00	
Encargos trabalhistas (%)	70%	
Preço do óleo diesel (R\$/L)	R\$ 3,20	
Preço da graxa (R\$/kg)	R\$ 15,00	
Preço do óleo lubrificante (R\$/L)	R\$ 8,00	
Tipo de trator	4x2 TDA	
Condição de tração	Solo firme	
Rotação de trabalho (rpm)	1800	
Rotação máxima (rpm)	2200	

CAPACIDADE DE TRABALHO (ha/h)	0,60
--------------------------------------	-------------

CUSTO TOTAL HORÁRIO (R\$/h)	R\$	54,69
------------------------------------	------------	--------------

Figura 8 – Simulação para uma velocidade de 5 km/h