DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA EQUILÍBRIO DINÂMICO DE TRATORES AGRÍCOLAS

Thiago Martins Machado¹, Mario Hideo Sasaki², Rodrigo Sinaidi Zandonadi¹, Étore Francisco Reynaldo³

¹ Professor Doutor do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Sinop - Sinop - MT - Brasil
(tm.machado@hotmail.com)

² Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso – Sinop – MT - Brasil

³ Pesquisador da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária
(reynaldo@agraria.com.br) – Entre Rios - PR - Brasil

Recebido em: 08/09/2015 – Aprovado em: 14/11/2015 – Publicado em: 01/12/2015
DOI: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_133

RESUMO

O intuito da criação de aplicativos destinados as atividades agrícolas, é de facilitar o entendimento do agricultor sobre calibrações, ajustes de máquinas e seleção de equipamentos, auxiliando na tomada de decisões e contribuindo para redução de perdas devido a utilização incorreta do equipamento. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um aplicativo que calcula a compatibilidade de pneus, distribuição de peso e a relação peso/potência no intuito de amenizar o efeito do galope e dinamizar o serviço no campo. O projeto foi executado e programado em Visual Basic, onde foram implementados os cálculos do avanço teórico, distribuição de peso e relação peso/potência. Os resultados foram satisfatórios, com um aplicativo de interface simples e autoexplicativa, também quanto ao funcionamento do aplicativo para interpretar os dados e resolver as equações de compatibilidade de pneus, distribuição de massa e relação peso/potência sendo que os resultados obtidos com simulações foram semelhantes aos resultados calculados diretamente nas equações atendendo assim o objetivo deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Lastragem, pneus, programação

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR DYNAMIC BALANCE OF AGRICULTURAL TRACTORS

ABSTRACT

The purpose of creating applications for agricultural activities is to facilitate the understanding of the farmer on calibration, machine settings and selection of equipment, assisting in decision-making and contributing to reduction of losses due to improper use of the equipment. Thus, the aim of this study was to develop an application that calculates tire compatibility, weight distribution and weight/power ratio in order to

mitigate the effect of galloping and streamline the service in the field. The project was executed and programmed in Visual Basic, where the calculation of the theoretical advances have been implemented, weight distribution and power / weight ratio. The results were satisfactory, with a single application interface and self-explanatory, as well as the application works to interpret the data and solve the tire compatibility equations, mass distribution and weight/power ratio and the results obtained from simulations were similar the calculated results directly in the equations thus meeting the objective of this work.

KEYWORDS: Ballast, tires, programming.

INTRODUÇÃO

Nas primeiras fases da preparação do solo, com baixo teor de água, pode-se deparar com uma situação altamente desconfortável para o operador, onde a tarefa não será realizada conforme o esperado, acarretando em desgastes prejudiciais ao trator. Este fenômeno que ocorre é conhecido como galope ("power hop"), gerando a sensação de que o trator está pulando. Segundo RACKHAM & BLIGHT, (1985) esse fenômeno ocorre devido a uma interferência entre duas rodas com diâmetros distintos conectadas de forma rígida em uma mesma fonte de transmissão de potência e impulsionadas a girar com a mesma velocidade mantendo contato com a superfície do terreno. Além, do desgaste prematuro na máquina originado pelas vibrações decorrentes do galope, tem-se também um efeito negativo sobre o corpo humano, pois reduz-se o conforto, a segurança e a eficiência do operador (FRANCETTO, 2012).

Visando amenizar o efeito do galope pode-se citar que a correta utilização dos pneus, tanto em relação ao tipo de construção quanto a calibração da pressão de inflação, como a lastragem, distribuição de peso e a velocidade de deslocamento ideal podem ocasionar a redução desse efeito salientando também que a superfície do solo é fator que afeta o desempenho operacional do trator (MACHADO et al., 2015).

Os pneus utilizados nos tratores são elementos capazes de absorver choques, melhorar a capacidade de tração, suportar com segurança o peso do trator em condições estáticas e dinâmicas e interpor um amortecimento entre as irregularidades do terreno (MIALHE, 1980). A correta pressão de inflação do pneu é vital para otimizar o desempenho e a durabilidade do mesmo, melhora a tração, diminui a resistência ao rolamento, garante a integridade da carcaça, evita o aparecimento de rachaduras radiais no flanco e ao giro do pneu no aro, além de minimizar a compactação do solo (MONTEIRO & LANÇAS, 2008).

A escolha das dimensões corretas dos pneus, cálculo de avanço, distribuição correta de massa e relação peso potência pode gerar dificuldades, devido à falta de conhecimento do consumidor. Com a melhoria da tecnologia na área de informática possibilita a criação de aplicativos computacionais, com interface de fácil manuseio, elaborados para otimizar projetos, testar situações e auxiliar o consumidor, na seleção do maquinário, permitindo aumento da produção além de proporcionar redução no consumo de insumos e danos ao meio ambiente.

Atualmente, o volume de trabalhos com o uso de programas computacionais para otimizar as atividades do setor agrícola que permitem atingir objetivos específicos na área vêm se desenvolvendo (KLAVER, 2013). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo para calcular o avanço teórico, lastro ideal e

distribuição de massa de tratores agrícolas, no intuito de auxiliar na eliminação do efeito do galope.

MATERIAL E METÓDOS

O presente trabalho foi realizado, no laboratório de informática da Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Sinop. O recurso computacional utilizado foi o Visual Basic do Excel®, para armazenar o banco de dados em tabelas e criar uma interface gráfica intuitiva e de fácil manuseio. Possui um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE – Integrated Development Environment) inteiramente gráfico, permitindo o desenvolvimento de um programa com elevada qualidade de interface com o usuário (VALÉRIO et al., 2010).

Foi desenvolvido um aplicativo que permite calcular, o avanço teórico (Equação 1), para analisar a compatibilidade de pneus, o peso total necessário para o trator selecionado (Tabela 1) se manter equilibrado em função da potência, o qual permite selecionar o tipo de acoplamento para calcular a massa distribuída (Tabela 4) sobre os eixos traseiros e dianteiros, assim podendo-se encontrar a pressão necessária de calibração dos pneus indicada pelos fabricantes.

Para o cálculo do avanço teórico, que é utilizado principalmente por fabricantes de tratores e pneus, a fim de verificar a compatibilidade dos pneus dianteiros e traseiros antes de montá-los em máquinas agrícolas, ou para verificação, conforme TRELLEBORG, (2014) descrito na equação 1:

$$A = \frac{Crd * Rt - Crt}{Crt} * 100 \quad (1)$$

Onde:

A = Avanço teórico, %;

Crd = Circunferência de rolamento do rodado dianteiro, mm;

Crt = Circunferência de rolamento do rodado traseiro, mm;

Rt = Relação de transmissão entre o eixo dianteiro e traseiro do trator.

Após o cálculo são verificados se os pneus escolhidos são adequados para o trator, sendo que o avanço teórico deve estar de acordo com recomendado por TRELLEBORG, (2014), deve estar no intervalo de 1 a 5%, caso contrário o aplicativo indicará que o conjunto de rodados não são adequados.

Para o cálculo da relação de transmissão (Equação 2) entre os eixos dianteiro e traseiro, tem se que o cálculo da relação de transmissão no campo deve ser efetuada da seguinte forma:

- Ligar a tração auxiliar
- Marcar o flanco do pneu traseiro
- Mover o trator para frente, de forma que o pneu traseiro complete cinco voltas
- Contar o número de voltas completas do pneu dianteiro
- Calcular a fracção da volta não completa pelo pneu dianteiro
- Inserir os dados na equação 2 para obter a relação de transmissão.

$$Rt = \frac{(Vrd + Frd)}{Vrt} \quad (2)$$

Onde:

Rt = Relação de transmissão entre o eixo dianteiro e traseiro do trator;

Vrd = número de voltas da roda dianteira;

Frd = fração do ponto de parada;

Vrt = número de voltas completas da roda traseira.

Outra forma do cálculo da relação de transmissão é por meio de informações dadas pelo fabricante do trator ou por cálculos feitos a partir do número de dentes das engrenagens de transmissão do diferencial, do eixo dianteiro e traseiro. A determinação do peso total, sendo a mais utilizada em condições de campo, é feita pelo valor da multiplicação da potência máxima do trator pela relação peso cv^{-1} ou peso/potência, dependendo do tipo de operação. Essa relação varia de acordo com as condições de carga, velocidade, operação e tipo do solo (Tabelas 1, 2 e 3). Foram utilizados os métodos tabelados de relação peso/potência do motor do trator para o tipo de operação conforme MONTEIRO et al., (2009) (Tabela 1).

Uma outra forma de cálculo do peso total, que alguns fabricantes de tratores recomendam para tratores pesados e extra pesados, seria o valor da potência gerada na TDP (tomada de potência) multiplicada pelos valores referentes ao tipo de operação (Tabela 2) (DEERE, 2007), ou pela multiplicação da potência máxima do motor pelo fator 0,85, encontrando o valor da potência na TDP, em tratores que não apresentam essa informação.

A distribuição do peso total recomendado sobre os eixos dianteiro e traseiro do trator é calculada de acordo com o tipo de transmissão do trator e o tipo de engate do implemento a ser utilizado (Tabela 4).

TABELA 1 - Relação peso/potência do trator para o tipo de operação.

Tipo de lastragem	Leve	Média	Pesada
Kg cv^{-1}	50	55	60

TABELA 2 - Relação peso/potência para tratores pesados e extra pesados em relação ao tipo de operação.

Tipo de lastragem	Leve	Média	Pesada
Kg cv^{-1}	54	59	66

Esses níveis de lastragem se baseiam nas velocidades de deslocamento sugeridas por DEERE, (2007)(Tabela 3).

TABELA 3 - Tipos de lastragem de acordo com a velocidade de avanço.

Leve	Médio	Pesado
$>8,7 \text{ km.h}^{-1}$	$7,2 \text{ a } 8,7 \text{ km.h}^{-1}$	$<7,2 \text{ km.h}^{-1}$

TABELA 4 - Distribuição de peso do trator em função do tipo de transmissão e acoplamento de implementos e máquinas

Tipo de transmissão	Eixo do trator	Tracionado	Semi - montado	Montado (3º ponto)
		Distribuição de peso (%)	Distribuição de peso (%)	Distribuição de peso (%)
4x2	Dianteiro	25	30	35
	Traseiro	75	70	65
4x2 – TDA	Dianteiro	35	35	40
	Traseiro	65	65	60

Após a programação dos cálculos e informações de tabelas, foi verificado o funcionamento do aplicativo, através da conferência dos cálculos manualmente, utilizando calculadora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentação da interface ao usuário

A Figura 1 apresenta a interface da página inicial do aplicativo, e mostra os seguintes botões de comando: calculadora de avanço teórico (a); calculadora de lastro na revenda (b); calculadora de lastro no campo (c); manual do usuário (d); de sair (e).

A principal diferença entre a calculadora de lastro de revenda e lastro de campo é que na calculadora de campo, tem a opção de separar o peso somente do trator (peso líquido) separando o peso do lastro líquido e metálico, facilitando o trabalho do técnico ou produtor que esteja fazendo o lastreamento do trator, eliminando a necessidade de ficar fazendo planilhas, ou contas manuais com calculadoras. Na calculadora de lastro de revenda, já possui as distribuições de peso, com padrões baseados em: tipo de lastragem, tipo de tração e tipo de engate (Figura 5). Geralmente em revendas, o trator é ajustado conforme informações do cliente, mais no campo pode alterar e ser feitos ajustes finos, devido a esses fatores foram criados os dois tipos de lastragens.

FIGURA 1 – Resultado da interface da página inicial do aplicativo.

A Figura 2 apresenta o resultado ao clicar no botão de calculadora de avanço teórico e mostra os campos de preenchimento: o modelo do trator de interesse (a); relação de transmissão (b); o rodado dianteiro; circunferência de rolamento (d); o rodado traseiro (e); a circunferência de rolamento (f). Além disso, mostra os botões comando para cálculo (g), para limpar o preenchimento de todos os campos (h), para cadastro do trator (i), cadastro do pneu (j), e o de voltar (l).

FIGURA 2 - Resultado da janela calculadora de avanço teórico.

Ao clicar no botão de cadastro do trator (Figura 3), os campos para serem preenchidos: marca do trator (a); modelo da máquina (b); relação de transmissão (c); potência em cv (d). E ainda, mostra o resultado dos botões de comando de: salvar (e);

limpar (f); voltar (g).

A janela 'Cadastro de Tratores' possui um cabeçalho amarelo com o título e um botão de fechar (X) vermelho. O corpo da janela é cinza e contém quatro campos de entrada rotulados (a) a (d) e três botões rotulados (e) a (g). Os campos são: 'Marca' (a), 'Máquina' (b), 'Relação de Transmissão' (c) e 'Potência(cv)' (d). Os botões são: 'Salvar' (e) com ícone de disquete, 'Limpar' (f) com ícone de vassoura e 'Voltar' (g) sem ícone.

FIGURA 3 - Resultado da janela de cadastro do trator.

A Figura 4 apresenta o resultado da janela ao clicar no botão de cadastro de pneus, e mostra os campos de preenchimento: marca do trator (a); medida (b); circunferência de rolamento em milímetros (c); volume em litros (d). E ainda, mostra os botões de comando: salvar (e); limpar o preenchimento dos campos (f); voltar para janela anterior (g).

A janela 'Cadastro de Pneus' possui um cabeçalho amarelo com o título e um botão de fechar (X) vermelho. O corpo da janela é cinza e contém quatro campos de entrada rotulados (a) a (d) e três botões rotulados (e) a (g). Os campos são: 'Marca' (a), 'Medida' (b), 'Circunferência de rolamento(mm)' (c) e 'Volume(L)' (d). Os botões são: 'Salvar' (e) com ícone de disquete, 'Limpar' (f) com ícone de vassoura e 'Voltar' (g) sem ícone.

FIGURA 4 - Resultado da janela de cadastro de pneus.

O resultado abaixo apresenta (Figura 5) janela ao clicar no comando calculadora de peso ideal e lastro e mostra os campos de preenchimento: modelo do trator (a); potência do trator em cv (b); tipo de lastragem (c); tipo de tração (d); tipo de engate (e). E também mostra a área de resultados (h) e os botões de comando: calcular (f); limpar os dados dos campos (g); cadastro de trator (i); lastragem (j); voltar a janela anterior (l).

FIGURA 5 - Resultado da janela de calculadora de peso recomendado e lastro.

A Figura 6 demonstra a janela do comando “lastragem revenda”, mostra as áreas do resultado de: peso recomendado (a); eixo dianteiro (b); eixo traseiro (c); lastro recomendado (h); lastro do eixo dianteiro (i); lastro do eixo traseiro (l). E mostra os campos de preenchimentos: peso líquido (d); eixo dianteiro líquido (e); eixo traseiro líquido (f); lastro sólido do eixo dianteiro (j); lastro líquido do eixo dianteiro (k); lastro sólido do eixo traseiro (m); lastro líquido do eixo traseiro (n). Além dos botões de comando: calcular lastro (g); completar lastro (o); limpar todo campo (p); voltar para janela anterior (q).

FIGURA 6 - Resultado da janela de lastragem revenda.

A janela para inserção dos dados para lastragem de campo (Figura 7), no qual através do lastro líquido e sólido juntamente com o peso líquido mensurado através de uma balança, calcula-se a relação peso/potência, sendo possível verificar a distribuição de peso entre os eixos dianteiro e traseiro, facilitando uma tomada de decisão para minimização dos efeitos do galope e lastragem adequada. Conforme recomendado por (MONTEIRO et al., 2009) a distribuição de peso no eixo dianteiro de um trator 4x2 TDA, deve estar entre 35 e 40% e no eixo traseiro deve estar entre 60 e 65% do peso total no qual valores diferentes da recomendação o aplicativo apresentará uma mensagem informativa dizendo que a essa distribuição não está adequada.

Lastragem Campo

Trator
Modelo:
Potência(cv):

Peso Líquido
Total:
Eixo Dianteiro:
Eixo Traseiro:

Pneus
Dianteiro:
Traseiro:

Calcular Salvar
Limpar Fechar

Lastragem

	Metálico			Água		
	Contrapeso(kg)	Quantidade(un.)	Total(kg)	Contrapeso(kg)	Quantidade(%)	Total(kg)
Dianteiro Frontal	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Dianteiro Interno	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Interno	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Intermediário	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Externo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Label42	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Resultados

Lastro Total Dianteiro Distribuição Dianteiro(%)
Lastro Total Traseiro Distribuição Traseiro(%)

Peso Total Dianteiro Relação Peso/Potência kg/cv
Peso Total Traseiro

FIGURA 7 – Lastragem de campo.

Na Figura 8 demonstra a janela para cálculo do peso líquido de acordo com o peso de balança do trator e seus dados de lastragem atuais, sendo que os dados são carregados ao clicar no botão “Carregar” para janela de Lastragem Campo.

Calculadora de Peso Líquido

Peso Balança
Total:
Eixo Dianteiro:
Eixo Traseiro:

Pneus
Dianteiro:
Traseiro:

Peso Líquido
Total:
Eixo Dianteiro:
Eixo Traseiro:

Lastragem Atual

	Metálico			Líquido		
	Contrapeso(kg)	Quantidade(un.)	Total(kg)	Contrapeso 75% (kg)	Quantidade(%)	Total(kg)
Dianteiro Frontal	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Dianteiro Interno	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Interno	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Intermediário	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Traseiro Externo	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Lastro Total Dianteiro
Lastro Total Traseiro
Lastro Total

Calcular
Limpar
Carregar
Fechar

FIGURA 8 – Calculadora de peso líquido.

Teste de funcionamento do aplicativo

Para verificação do funcionamento das equações programadas no aplicativo, foram simuladas as principais funções como o cálculo do avanço teórico, primeiro simulando pneus dianteiros com dimensões incompatíveis.

A interface da 'Calculadora de Avanço Teórico' apresenta os seguintes campos e resultados:

- (a) Trator: MF 8690
- (b) Relação de Transmissão: 1.331
- (c) Rodado Dianteiro: 440/65R24 - LI128
- (d) Circunferência de Rolamento: 3545
- (e) Rodado Traseiro: 440/65R28 - LI131
- (f) Circunferência de Rolamento: 3905
- (g) Botão: Calcular
- (h) Resultados: O Avanço Teórico é de: 20.8295774647887%
- (i) Botão: Limpar Dados
- (j) Botão: Cadastro Trator
- (k) Botão: Cadastro Pneu
- (l) Botão: Voltar

Um ícone vermelho com uma 'X' branca indica que o avanço é inadequado.

FIGURA 9 – Teste utilizando o trator MF8690 (relação de transmissão de 1,331).

Na calculadora de avanço teórico (Figura 9), com os pneus dianteiro 440/65R-24 e traseiro 440/65R28, com as circunferências de rolamento 3545 mm e 3905 mm respectivamente, tem-se o avanço de 20,83%, sendo classificado como inadequado de acordo com as recomendações de (TRELLEBORG, 2014) e o aplicativo indicou com sinal vermelho a incompatibilidade.

A interface da 'Calculadora de Avanço Teórico' apresenta os seguintes campos e resultados:

- (a) Trator: MF 8690
- (b) Relação de Transmissão: 1.331
- (c) Rodado Dianteiro: 440/65R24 - LI128
- (d) Circunferência de Rolamento: 3545
- (e) Rodado Traseiro: (campo vazio)
- (f) Circunferência de Rolamento: (campo vazio)
- (g) Botão: Calcular
- (h) Resultados: Para o trator e pneu dianteiro escolhidos tem-se:
Circunferência de Rolamento Traseiro: 4493.70952380952 mm <= Circunferência Traseiro <= 4671.67821782178 mm
- (i) Botão: Limpar Dados
- (j) Botão: Cadastro Trator
- (k) Botão: Cadastro Pneu
- (l) Botão: Voltar

FIGURA 10 – Resultado do cálculo do avanço teórico.

O segundo teste foi deixar de preencher o dado de circunferência de rolamento do pneu traseiro, o resultado apresentado é de um intervalo de circunferência de rolamento do pneu não indicado para que o avanço com os dados indicados esteja entre o intervalo de 1 a 5% como recomendado (Figura 10).

FIGURA 11 – Resultado do avanço teórico adequado.

O terceiro teste para o mesmo trator MF8690 (FERGUSON, 2015), mas com pneus 540/65R24 dianteiro e 540/65R38 traseiro, faz novamente o cálculo para verificar a compatibilidade, no qual obtém-se um avanço entre o intervalo recomendado, com o valor de 4,67%, indicando que o conjunto de pneus está de acordo com as recomendações, adequado para o trator selecionado (Figura 11).

FIGURA 12 – Teste da distribuição de peso recomendado para o trator Massey Ferguson MF8690 (370 cv).|

No quarto teste simulando lastragem para serviço médio para o mesmo trator sendo o implemento acoplado ao engate nos três pontos. O peso recomendado para esse caso foi de 20350 kg, sendo que 8140 kg distribuídos no eixo dianteiro e 12210 kg no eixo traseiro (Figura 12).

Lastragem Revenda

Peso Recomendado (a) 20350 kg Peso Líquido (d) 13320 kg

Eixo Dianteiro (b) 8140 kg Eixo Dianteiro Líquido (e) 5370 kg

Eixo Traseiro (c) 12210 kg Eixo Traseiro Líquido (f) 7950 kg

Lastro Recomendado (h) 7030 kg

Lastro do Eixo Dianteiro (i) 2770 kg

Sólido (k) 2320 kg

Líquido (m) 450 kg

Lastro do Eixo Traseiro (j) 4260 kg

Sólido (n) 3470 kg

Líquido (o) 790 kg

(g) Calcular Lastro

(l) Completar Lastro

(p) Limpar Tudo

(q) Voltar

FIGURA 13 – Teste do peso recomendado para o trator MF8690.

Após o teste da distribuição de peso (Figura 12), abriu-se a janela de lastragem e ao inserir o peso líquido total, dianteiro e traseiro, pode-se encontrar os valores de lastro recomendado a cada um dos eixos (Figura 13). Neste caso tem-se a opção de preencher tanto o valor de lastro líquido para se obter o lastro sólido quanto vice-versa.

Lastragem Campo

Trator

Modelo: MF 8690

Potência(cv): 370

Peso Líquido

Total

Eixo Dianteiro

Eixo Traseiro

Pneus

Dianteiro

Traseiro

Calcular Salvar

Limpar Fechar

Calcular Peso Líquido

Lastragem

	Metálico		Líquido	
	Contrapeso(kg)	Quantidade(un.)	Contrapeso 75% (kg)	Quantidade(%)
Dianteiro Frontal				
Dianteiro Interno				
Traseiro Interno				
Traseiro Intermediário				
Traseiro Externo				

Data:

Resultados

Lastro Total Dianteiro Distribuição Dianteiro(%)

Lastro Total Traseiro Distribuição Traseiro(%)

Peso Total Dianteiro Relação Peso/Potência kg/cv

Peso Total Traseiro

Peso Total

FIGURA 14 – Teste da lastragem em campo para o trator MF8690.

Na figura 14, para cálculo da relação peso/potência de acordo com a lastragem em campo é necessário os valores dos pesos líquido do eixo traseiro e dianteiro, podendo-se calcular através do formulário que é aberto clicando-se no botão “Calcular peso líquido”. Ao clicar neste botão, é aberto a janela da calculadora de peso líquido, como mostra a figura 15.

Metálico			Água			
	Contrapeso(kg)	Quantidade(un.)	Total(kg)	Contrapeso 75% (kg)	Quantidade(%)	Total(kg)
Dianteiro Frontal	45	10	450	519	0	0
Dianteiro Interno	0	0	0	1105	0	0
Traseiro Interno	250	6	1500	Lastragem Total Dianteiro 450		
Traseiro Intermediário	0	0	0	Lastragem Total Traseiro 1500		
Traseiro Externo	0	0	0	Lastragem Total 1950		

FIGURA 15 – Calculadora de peso líquido para os dados testados de peso de balança, lastros líquidos e metálicos.

No último teste com os valores para peso de balança de 11920 kg, o resultado foi de 9970kg de peso líquido total, sendo 3500 kg no eixo dianteiro e 6470 kg no eixo traseiro. Após o cálculo clica-se no botão “Carregar” para que o peso líquido seja carregado na janela de “Lastragem Campo” (Figura 16). Nessa tela foi possível descontar os valores de lastro sólido do trator (lastros metálicos) e líquido que são armazenados nos pneus.

Metálico			Água			
	Contrapeso(kg)	Quantidade(un.)	Total(kg)	Contrapeso 75% (kg)	Quantidade(%)	Total(kg)
Dianteiro Frontal	45	10	450	519	50	346.00
Dianteiro Interno	150	4	600	1105	0	0.00
Traseiro Interno	250	6	1500	Data: Label47		
Traseiro Intermediário	0	0	0			
Traseiro Externo	300	2	600			

FIGURA 16 – Janela de lastragem em campo com os dados preenchidos.

Com todos os dados preenchidos, ao clicar-se “Calcular”, o resultado neste teste foi de que a distribuição do peso do trator com os lastros indicados é de 37,95% no eixo dianteiro e 62,05% no eixo traseiro, estando os valores de acordo com o recomendado por MONTEIRO et al., (2009). Segundo CORREIA (2004) o melhor desempenho de tratores está quando a distribuição de peso no eixo dianteiro está entre 36 e 45% do peso total.

De acordo com GABRIEL FILHO et al. (2010), o desempenho na barra de tração (BT) de um trator agrícola, depende de diversos fatores destacando a distribuição de peso sobre os rodados e a condição da superfície do solo. As soluções adotadas para alcançar os rendimentos adequados em tratores agrícolas se baseiam principalmente em modificar a relação cinemática das rodas de cada eixo, tanto por construção, como pela variação do raio dinâmico dos pneus de cada eixo, os quais são influenciados pela distribuição de massa que se coloca no trator pelas pressões internas utilizadas (SCHLOSSER et al., 2001).

Vários dados foram inseridos no aplicativo, como tratores de diferentes marcas, com variadas relações de transmissão, peso, relação peso/potência e diversos modelos de pneus variando a circunferência de rolamento. Os resultados mostraram-se compatíveis com a utilização das fórmulas no modo convencional. O aplicativo demonstrou ser funcional, dispensando uso de planilhas eletrônicas e calculadoras, podendo ser usado por revendas de máquinas, produtores rurais e operadores de máquinas para lastreamento de tratores em revenda e campo, e também no auxílio do equilíbrio de tratores quando ocorre o fenômeno do “galope”

CONCLUSÕES

O algoritmo do aplicativo mostrou-se confiável para o cálculo do avanço teórico, lastro e distribuição de peso para tratores e pneus testados de acordo com a metodologia utilizada.

Os resultados obtidos com os testes foram semelhantes aos resultados calculados diretamente nas equações sem o uso do aplicativo.

O aplicativo demonstrou interface simples e auto-explicativa, podendo ser utilizado facilmente pelo usuário.

REFERÊNCIAS

DEERE, J. **Manual do operador tratores 7715 e 7815**. Horizontina: Litho in Brasil, 316p. 2007.

CORREIA, I. M. Lastro ideal. **Revista Cultivar Máquinas**. p. 16-17, jan. 2004

FERGUSON, M. **Trator Massey Ferguson 8670**. Folder, 2015. Disponível em: <<http://www.massey.com.br/produtos/tratores/serie-mf-8600>> Acessado em 07 de agosto de 2015.

FRANCETTO, T. R. **Relação peso/potência dos tratores**. 2012. Disponível em: <<http://tiagofrancetto.blogspot.com.br/2011/08/avaliacao-da-relacao-pesopotencia-de.html>>. Acesso em 10 de janeiro de 2015.

GABRIEL FILHO, A.; MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S.; JESUINO, P. R. Influência da altura das garras dos pneus de um trator em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v. 14, n. 10, p. 1123–1128, 2010.

KLAVER, P. P. C. **Programa computacional para otimização da lastragem de tratores agrícolas**. 80f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.

MIALHE, L. G. **Máquinas Motoras na Agricultura**, São Paulo: EDUSP, 367p. 1980.

MACHADO, T. M.; JUNIOR, M. O. B.; ARTIOLI, J. A.; VALE, W. R.; REYNALDO, E. F. Utilização de rodados simples de alta flutuação em trator extra pesado na região meio norte do estado de Mato Grosso. In: XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015 –São Pedro. **Anais...**São Pedro, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2015.

MONTEIRO, L. de A.; LANÇAS, K. P. Adequação de Conjuntos Motomecanizados para a Cultura Canavieira, **Revista Agrimotor**, p. 18 - 19, ago. 2008.

MONTEIRO, L. de A.; LANÇAS, K. P.; MASIERO, F. C. Adição de lastro quando colocar. **Revista Panorama Rural**, Ribeirão Preto, p. 50 - 55, v. 01, jul. 2009.

RACKHAM, D.H., BLIGHT, D.P. Four-wheel drive tractors – A review, **Journal Agricultural Engineering Research**, Bedford, Inglaterra, v.2, p.185-201, 1985.

SCHLOSSER, J. F.; MÁRQUEZ, L.; LINARES, P. . Desenvolvimento de metodologia para previsão do fenômeno de vibrações decorrentes da interferência entre eixos de um trator com tração dianteira auxiliar (TDA). **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 985-989, 2001.

TRELLEBORG. **Manual Technical**. Agriculture – Forestry – Light Service – Wheels. 2014. Disponível em:
<http://www.trelleborg.com/upload/Wheel%20Systems/TechnicalCDs/EN-2011-2012/Trelleborg_ENG_2011_2012.pdf> Acessado em: 01 de julho de 2015.

VALÉRIO, R. C.; BRITO, J. N.; SOUZA, G. R. Geração automática de desenhos na plataforma CAD Solid Works a partir de células paramétricas desenvolvidas em ambiente Visual Basic. NONO SIMPÓSIO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL, 2010, SÃO JOÃO DEL REI – MG. **Anais..** do Nono Simpósio de Mecânica Computacional, 2010.