

# SISTEMA INFORMATIZADO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E ECONÔMICA DE MÁQUINAS PARA COLHEITA

## **Erivelto Mercante**

[erivelto@unioeste.br](mailto:erivelto@unioeste.br)

Bolsista DTI do projeto PRAPRAG, RHAEC/CNPq  
Rua Sociologia 1323, Bairro Faculdade Cascavel - Pr.  
Tel: 045-223-5084

## **Marcio Furlan Maggi**

[furlanmaggi@hotmail.com](mailto:furlanmaggi@hotmail.com)

Acadêmico de Engenharia Agrícola, bolsista ITI, RHAEC/CNPq  
Rua Rio da Paz 400, Bairro Nova Cidade Cascavel - Pr.  
Tel: 045-223-5766

## **Fabio Wronski**

[wronski@unioeste.br](mailto:wronski@unioeste.br)

Acadêmico de Informática, bolsista ITI, RHAEC/CNPq  
Rua Aleijadinho 266, Bairro Faculdade Cascavel - Pr.  
Tel: 045-224-1808

## **Antonio Gabriel Filho**

[gagos@certto.com.br](mailto:gagos@certto.com.br)

Professor Doutor do Curso de Engenharia Agrícola  
Rua Afonso Pena, 2217 Aptº 1001 Cascavel - Pr.  
Tel: 045-222-3416

## **Jerry Adriani Johann**

[jerryaj@unioeste.br](mailto:jerryaj@unioeste.br)

Mestrando do Curso de Engenharia Agrícola  
Rua Aleijadinho 266, Bairro Faculdade Cascavel - Pr.  
Tel: 045-224-1808

## **Eduardo Godoy de Souza**

[godoy@unioeste.br](mailto:godoy@unioeste.br)

Professor Pós-Doctor do Curso de Engenharia Agrícola  
Rua Minas Gerais 2447 Aptº 13 Cascavel - Pr.  
Tel: 045-225-2100

## **Resumo**

Selecionar e adquirir máquinas e implementos com rapidez e confiabilidade, otimizando os custos de operação, é uma das principais metas da mecanização agrícola. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi desenvolver um sistema informatizado, que possibilite ao usuário a escolha de máquinas para colheita com o menor custo por hora trabalhada, otimizando desta forma a operação, através da adequação dos parâmetros operacionais como velocidade de trabalho, eficiência e os custos fixos e variáveis. Para o desenvolvimento do sistema, a linguagem de programação utilizada foi o Borland Delphi 3.0, e a partir de prospectos dos fabricantes das máquinas foi criado um banco de dados, em MS-Access 8.0, onde o usuário pode cadastrar e modificar as características de uso das colhedoras. O cálculo dos custos fixos (depreciação, alojamento, seguro, manutenção e mão de obra) e variáveis (filtros, óleos lubrificantes, combustível, graxa, rodados) das máquinas foram baseados em literaturas especializadas. Como resultado o sistema

proporcionará aos usuários, menor custo, maior segurança e confiabilidade no uso das máquinas para colheita. Este sistema informatizado, é um dos módulos do software Planejamento Racional de Propriedades Agrícolas - PRAPRAG, em desenvolvimento no Núcleo de Inovações Tecnológicas – NIT, campus de Cascavel.

### **Abstract**

To select and to acquire machines and implements quickly and reliably, optimizing the operation costs, it is one of the main goals of the agricultural mechanization. So, the objective of the work has been to develop a computerized system, facilitating the user to select machines for crop with the smallest cost for worked hour, optimizing this way the operation, through the adaptation of the operational parameters as work speed, efficiency and fixed and variable costs. For the development of the system, the program language used was Borland Delphi 3.0, and, starting from the producers of the machines handouts, a database was created, in MS-Access 8.0, where the user may to cadastre and to modify the characteristics of use of the combine. The calculation of the fixed costs (depreciation, lodging, safe, maintenance and work hand) and of variable costs (filters, lubricating oils, fuel, grease, wheeled) of the machines was met in specialized literatures. As a result, the system will provide to the users smaller cost, larger safety and reliability in the use of the machines for crop. This computerized system is one of the modules of the software Rational Planning of Agricultural Properties - PRAPRAG, in development in the Nucleus of Technological Innovations - NIT, UNIOESTE - Campus of Cascavel.

### **Palavras Chaves**

Programa Computacional; Máquinas para Colheita; Otimização; Custos fixos e variáveis.

## **1. INTRODUÇÃO**

A constante busca por maior produção e menor custo, em virtude da grande competitividade mundial, faz com que a agricultura brasileira caminhe a passos largos em direção a modernização. Mercados exteriores competem significativamente oferecendo qualidade, quantidade e preço baixo, itens que algumas vezes não encontram concorrência com os produtos de nosso país. A solução é o desenvolvimento de tecnologias específicas para as condições do mercado nacional, com o intuito de racionalizar as operações agrícolas. Segundo Mialhe (1974), mecanizar racionalmente as operações agrícolas constitui o objetivo básico do estudo da Mecanização Agrícola. Para Hunt (1995), qualquer melhoria no gerenciamento da maquinaria pode ter maior efeito sobre os lucros do que grandes reduções em outros custos agrícolas. Isto, segundo Bowers (1992), é consequência do custo das máquinas agrícolas representar o maior de todos os custos da produção, exceto a terra, e pode chegar a 50% do total, em propriedades com agricultura intensiva e irrigação. A seleção e aquisição de máquinas e implementos com rapidez e confiabilidade, otimizando os custos de operação, apresenta-se como forma de buscar novos mercados, oferecendo produtos de qualidade e com preços viáveis para a comercialização. Na operação de colheita não é diferente, deve ser realizada dentro de elevados padrões de precisão, com o mínimo de perdas e a constante busca da otimização operacional e econômica. Em virtude dessas razões, o objetivo do

trabalho foi o desenvolvimento de um sistema informatizado, que possibilite à escolha de máquinas para colheita com o menor custo por hora trabalhada, com adequação dos parâmetros operacionais como velocidade de trabalho, eficiência e os custos fixos e variáveis.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O sistema informatizado foi desenvolvido em linguagem de programação Borland Delphi 3.0, o mesmo consta dos módulos de cadastro, custo e planejamento. No módulo de cadastro de colhedoras, usou-se o programa Ms-Access 8.0 para criar um banco de dados, onde são cadastradas e modificadas as principais características das colhedoras e plataformas, tais como: marca, modelo, potência do motor, capacidade do tanque graneleiro, tipo de plataforma (corte, recolhedora ou espigadora, de algodão), largura de corte, número e espaçamento das linhas. A metodologia utilizada para o desenvolvimento dos módulos de custo e planejamento, baseia-se em Mialhe (1974), Hunt (1995), Harrigan e Rotz (1994). No módulo de custo, dividiu-se em custos fixos e custos variáveis das colhedoras e das plataformas. Os custos fixos foram definidos como aqueles que não variam em relação à taxa de produção, são despesas contraídas da posse de algum bem e não são influenciados pela quantidade de utilização do mesmo. Estes incluem as seguintes despesas: depreciação, alojamento, seguro, manutenção e mão-de-obra. A Tabela 1, contém as principais formulas e equações utilizadas nos cálculos.

|     |                                                                                                                                        |      |                                                                                                                                                               |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) | $D = \frac{VI - VF}{L} \cdot \frac{1}{N}$                                                                                              | (9)  | $CFIL = \frac{N_{FC} \cdot P_{FC}}{T_{FC}} + \frac{N_{FLM} \cdot P_{FLM}}{T_{FLM}} + \frac{N_{FA} \cdot P_{FA}}{T_{FA}} + \frac{N_{FH} \cdot P_{FH}}{T_{FH}}$ |
| (2) | $D = \left\{ VI \cdot \left( 1 - \frac{T}{100} \right)^{n-1} - VI \cdot \left( 1 - \frac{T}{100} \right)^n \right\} \cdot \frac{1}{N}$ | (10) | $CGH = P_c \cdot GH$                                                                                                                                          |
| (3) | $D = \left\{ \frac{VI - VF}{SL} \cdot (L - n + 1) \right\} \cdot \frac{1}{N}$                                                          | (11) | $COL = \frac{P_{OT} \cdot V_{OT}}{T_{OT}} + \frac{P_{OH} \cdot V_{OH}}{T_{OH}} + \frac{P_{OM} \cdot V_{OM}}{T_{OM}}$                                          |
| (4) | $D = \left( \frac{n \cdot N}{L \cdot N} \cdot VI \right) \cdot \frac{1}{n \cdot N}$                                                    | (12) | $CGR = \frac{P_{GR} \cdot V_{GR}}{T_{GR}}$                                                                                                                    |
| (5) | $D = VI \cdot \left( n \cdot \frac{T}{100} \right) \cdot \frac{1}{n \cdot N}$                                                          | (13) | $CROD = \frac{N_{PD} \cdot P_{PD}}{T_{PD}} + \frac{N_{PT} \cdot P_{PT}}{T_{PT}}$                                                                              |
| (6) | $A = \frac{(T_a/100) \cdot Pd}{N}$ ou $A = \frac{G_a}{N}$                                                                              | (14) | $CM = \frac{GM}{T}$                                                                                                                                           |
| (7) | $S = \frac{(T_s/100) \cdot Pd}{N}$ ou $S = \frac{G_s}{N}$                                                                              | (15) | $CV = CFIL + CGH + COL + CGR + CROD + CM$                                                                                                                     |
| (8) | $M = \frac{(T_m/100) \cdot Pd}{N}$ ou $M = \frac{G_m}{N}$                                                                              | (16) | $CT = CF + CV$                                                                                                                                                |

Tabela 1. Formulas e equações utilizadas nos cálculos

As formulas e equações citadas, serão descritas e enumeradas conforme segue a Tabela 1. Para a depreciação define-se como: **D** depreciação; **VI** valor inicial de aquisição; **n** número de anos de uso; **T** taxa anual de depreciação (%); **N** número de horas de uso/ano; **VF** valor final ou residual; **L** vida útil considerada, anos; **SL** soma da vida útil em anos (1+2+3+...+n). Os métodos de depreciação utilizados foram:

- Método linear (1): Por este método há uma redução constante do valor do equipamento para cada ano de vida útil do mesmo.
- Método exponencial (2): O método exponencial proporciona a incidência de uma carga anual de depreciação decrescente à medida que a utilidade do ativo se reduz, ou seja, proporciona uma depreciação mais rápida no início do que no fim da vida.
- Método da soma dos dígitos (3): O método da soma dos dígitos proporciona uma carga anual decrescente, de forma a acelerar o processo de depreciação no início da vida do bem.
- Método das quotas proporcionais às horas de trabalho (4): Este método de depreciação se aplica a equipamentos, onde se admite o mesmo desgaste em cada hora de trabalho.
- Método da soma da taxa constante (5): Este método considera que a taxa de depreciação, ocorre através da soma de uma taxa constante no decorrer do tempo.

O custo alojamento **A** (6) refere-se ao juro do capital utilizado na construção e manutenção do galpão para o abrigo da máquina. O cálculo do custo de alojamento pode ser obtido entre outras formas, através de um percentual **T<sub>a</sub>** sobre o valor do bem depreciado **Pd** ou através dos gastos previstos com alojamento para o ano **G<sub>a</sub>** distribuídos pelo número de horas de uso ao ano **N**. O seguro **S** (7) é a prevenção contra acidentes, incêndios, roubos ou outra causa que possa provocar perda do bem, para fazer sua restituição. O cálculo do seguro é obtido através de um percentual **T<sub>s</sub>** sobre o valor do bem depreciado **Pd** ou através dos gastos previstos com seguro para o ano **G<sub>s</sub>** distribuídos pelo número de horas de uso ao ano **N**. O custo de manutenção **M** (8) varia em função de processos de utilização, conservação e manutenção do bem e da habilidade dos funcionários. A manutenção é realizada periodicamente (independente de sua utilização), sendo determinada admitindo-se um percentual sobre o valor do bem depreciado **T<sub>m</sub>** ou através dos gastos previstos com manutenção para o ano **G<sub>m</sub>** distribuídos pelo número de horas de uso ao ano **N**. O custo-horário de mão-de-obra, é calculado levando-se em conta todos os gastos com o operador dividido pelo número de horas efetivamente trabalhadas pelo mesmo, em um ano. Os custos variáveis dizem respeito aos dispêndios com fatores de produção variáveis. Para operações agrícolas consideram-se, entre outros, gastos com filtros, óleos lubrificantes, graxa, combustível, rodado e manutenção. Os filtros são considerados elementos eliminadores de impurezas e são classificados como: Filtro de Combustível **FC**; Filtro de Ar Seco **FA**; Filtro de Óleo Hidráulico **FH**; Filtro de Óleo Lubrificante do Motor **FLM**. Para efeito de cálculo considera-se o número de filtros **N** e seus respectivos custos **P** distribuídos pelo período de troca dos mesmos **T**. O cálculo do custo horário com filtros **CFIL** é dado pela equação (9). O consumo horário de combustível influencia consideravelmente o custo-horário da operação agrícola. A determinação do consumo horário baseia-se no preço do combustível **P<sub>c</sub>** e no consumo horário de combustível **GH** gasto pela máquina agrícola. Assim, o custo horário com combustível **CGH** é calculado pela equação (10). O custo horário com óleos lubrificantes **COL** baseia-se no preço do óleo lubrificante **P** e no volume de óleo **V** necessário a cada período de troca em horas **T**, utilizado nos vários pontos que necessitam de lubrificação periódica e constante. Usualmente, considera-se óleo da transmissão **OT**, óleo do hidráulico **OH** e óleo do motor **OM**, usa-se a equação (11) para os cálculos. Da mesma forma, considera-se a quantidade de graxa usada

por lubrificação completa **V**, o período de lubrificação **T** e o custo do quilo de graxa **P**, o custo horário com graxa **CGR** é dado pela equação (12). Para o cálculo do custo horário com rodados **CROD** considera-se o número de pneus dianteiros **N<sub>PD</sub>**, o número de pneus traseiros **N<sub>PT</sub>** e seus respectivos custos **P<sub>PD</sub>** e **P<sub>PT</sub>** ao longo de sua vida útil ou período de substituição **T<sub>PD</sub>** e **T<sub>PT</sub>**, assim o calculo é dado pela equação (13). Também avaliam-se os gastos com manutenção/revisão **GM** ao longo de um determinado período **T** em horas, os quais não são considerados como preventivos, mas que são realizados periodicamente para o bom desempenho da máquina. Desta forma, o custo horário com manutenção **CM**, é calculado pela equação (14). E a partir destas estima-se o custo total variável **CV**, através da expressão (15). E finalmente, o custo horário total **CT** estimado, que é dado pela expressão (16). No módulo de planejamento do sistema, faz-se a análise operacional do plano de produção da empresa agrícola e nos parâmetros de desempenho operacional das máquinas. Para sua elaboração, usou-se a metodologia de Mialhe (1974), onde faz a estimativa do tempo disponível, do ritmo operacional e do número de colhedoras necessárias para a condição da propriedade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido possui uma tela de entrada onde estão os menus de cadastros, custos e planejamento. Os dados cadastrados podem ser gravados, alterados ou excluídos e serviram para os cálculos no planejamento. Na *Figura 1* pode ser visto as telas de cadastro da colhedora e plataforma.

A imagem mostra a interface de usuário do sistema 'Cadastro de Colhedoras'. O formulário contém os seguintes campos e opções:

- Colhedora** (título da seção)
- Marca :** NEW HOLLAND
- Modelo:** TC59
- Aspiração :** Turbinada
- Potência :** 220 (com opções de unidade: cv e kw)
- Rotação Nominal :** 2800 rpm
- Número de Cilindros :** 6
- Cap. do Tanque Graneleiro :** 7 (com opções de unidade: l, m3 e kg)
- Vazão de Descarga :** (com opções de unidade: l/s, m3/s e kg/s)
- Cabine** (com opções de seleção: Sim e Não)

À direita do formulário, há uma barra de ações com os seguintes botões:

- Voltar
- Plataforma
- Alterar
- Gravar
- Cancelar

Figura 1. Telas de cadastro das colhedoras e das plataformas.

As telas dos custos fixos e variáveis, possuem os dados de entrada (valor de aquisição da colhedora, número de horas de uso/ano, etc.), os quais são utilizados para os cálculos de custo horário de trabalho da colhedora. A Figura 2 mostra a tela de custos da colhedora.

Figura 2- Tela de Custos da Colhedora

Para as telas do planejamento, existem os dados de entrada referentes à propriedade tais como a dimensão da área a ser colhida, o tempo estimado em dias para realização do trabalho e a velocidade de trabalho da máquina. A partir desses, são feitos os cálculos do ritmo operacional e o número de colhedoras necessário para a realização do trabalho no tempo estimado. Feito a escolha do número de máquinas, e a realização dos custos fixos e variáveis das mesmas, o programa mostra uma tela final, ou seja, uma planilha contendo todos os dados referentes às máquinas, à propriedade e os levantamentos de custos horários fixos e variáveis das máquinas e custo horário da mão-de-obra.



---

## 4. CONCLUSÕES

O programa computacional proporciona um banco de dados das máquinas colhedoras com suas principais características. Faz o levantamento dos custos horários fixos e variáveis das máquinas, bem como o custo horário da mão-de-obra. Calcula o número de colhedora ideal para a propriedade agrícola, otimizando a operação de colheita, elabora uma planilha final com os dados gerais referentes à operação de colheita, para um melhor planejamento da operação.

## 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- BOWERS, W. (1992) Machinery management. 4th edition. Deere & Company Service Publications, Moline, IL, 206p.
- HARRIGAN, T. M., ROTZ, C. A. (1994) Draft of Major Tillage and Seeding Equipment In: 1994 International Winter Meeting Sponsored by ASAE. Atlanta, (Paper 941533).
- HUNT, D. (1995) Farm power and machinery management. edition, Iowa State University Press, Ames, IO, 363p.
- MIALHE, Luiz G. (1974) Manual de Mecanização Agrícola. 1. ed., São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 301p.