

---

# SOFTWARE PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E ECONÔMICA DE AERONAVES AGRÍCOLAS DE ASA FIXA

## ***Autores***

### **Rafael Cesar Tieppo**

[rafaelt99@unioeste.br](mailto:rafaelt99@unioeste.br)

Acadêmico de Engenharia Agrícola, bolsista ITI, RHAE/CNPq  
Rua Vicente Machado 649 CEP 85802-250 Cascavel - Pr  
Tel: (45) 224-2486

### **Erivelto Mercante**

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

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

### **Alcir José Modolo**

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

Acadêmico de Engenharia Agrícola, Bolsista ITI, RHAE/CNPq  
Rua Rodrigues Alves 1107, jardim Maria Luiza – Cascavel – Pr  
0xx45 224-2808

### **Fabio Wronski**

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

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

### **Antonio Gabriel Filho**

[ggos@certto.com.br](mailto:ggos@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**

Devido à globalização, surgiu a necessidade de reduzir os custos e aumentar a eficiência das operações agrícolas. A atividade aeroagrícola não é exceção. Sendo assim, a otimização operacional e econômica é indispensável. No intuito de atingir estes objetivos, desenvolveu-se no Núcleo de Inovações Tecnológicas – NIT, um software em linguagem de programação Borland Delphi 3.0. O sistema possui ainda um banco de dados, desenvolvido em MS-Access 8.0, onde são cadastrados as características técnicas das aeronaves, obtidas com pesquisadores e empresas operadoras. Para definição da metodologia operacional, tomou-se como base o trabalho desenvolvido por Johann (1997). Já a metodologia de custos foi desenvolvida considerando as literaturas específicas da área. A utilização desse software permitirá que os prestadores de serviço em aviação agrícola, possam além de otimizar a sua frota, definir exatamente qual o custo envolvido na operação de suas aeronaves. Salientamos que este sistema é parte integrante do programa PRAPRAG (Planejamento Racional de Propriedades Agrícolas).

## **Abstract**

Due to the globalization, the need appeared of to reduce the costs and to increase the efficiency of the agricultural operations. The activity of the airships agricultural is not exception. Being like this, the operational and economic optimum is indispensable. In the intuit of reaching these objectives, it was developed in the Nucleus of Technological Innovations - NIT, a software in programming language Borland Delphi 3.0. The system still possesses a database, developed in Microsoft-Access 8.0, where they are saves the characteristics techniques of the airships, obtained with researchers and companies operators. For definition of the operational methodology, it was taken as base the work developed by Johann (1997). The methodology of costs was already developed considering the specific literatures of the area. The use of that software will allow that the service makers in agricultural aviation, cannot besides optimum its fleet, to define exactly which the cost involved in the operation of its airships. We pointed out that this system is integral part of the program PRAPRAG (Rational Planning of Agricultural Properties).

## **Palavras Chaves**

Programa Computacional; Aeronaves Agrícolas de Asa Fixa; Otimização; Custos Fixos e Variáveis.

## **1. INTRODUÇÃO**

Reduzir os custos de operações agrícolas é fundamental nos dias atuais, mas somente economizar não basta, o rendimento é fundamental quando pretende-se desenvolver uma atividade agrícola. Para Monteiro (1989), a aviação agrícola é considerada uma atividade fundamental para a sobrevivência da humanidade. É praticada em todos os continentes como atividade permanente, periódica ou mesmo emergencial em alguns países. A evolução da aviação agrícola brasileira, conforme aborda Santos (1990), começou timidamente em uma adaptação feita em 1946 e 1948, no controle de gafanhotos na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, onde utilizou-se um pequeno avião biplano MUNIZ M-9. Através de softwares torna-se mais fácil e rápido a seleção de máquinas e ainda fornece maior confiabilidade ao administrador agrícola. Devido a esses fatores desenvolveu-se o software, que tem por finalidade proporcionar a seleção de aeronaves agrícolas com rapidez e confiabilidade, além de permitir a simulação e controle de custos da propriedade agrícola.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do software utilizou-se microcomputadores da linha IBM-PC, a linguagem de programação adotada foi a Borland Delphi 3.0, devido às ferramentas versáteis que o software oferece. Para confecção do banco de dados utilizou-se o software Microsoft Access 8.0, as informações para alimentar o banco de dados foram obtidas junto ao Ex-CENEA, aos fabricantes de aeronaves agrícolas e aos prestadoras de serviços que atuam na área. As metodologias para seleção e otimização de aeronaves agrícolas basearam-se em Johann (1997). Para otimizar o desempenho operacional de aeronaves agrícolas, sem a pretensão de levantar custos operacionais, adotou-se a fórmula de Baltin (1958), citada por Johann (1997), por sua simplicidade e adaptabilidade ao fim desejado, sendo expressa como segue:

$$t = 10^4 * \left( \frac{(Tr * q)}{Qf} + \frac{1}{(Vs * S)} + \frac{Tw}{(S * L)} + \frac{(2 * a * q)}{(Vf * Qf)} + \frac{C}{(Vf * Qf)} \right) \quad (01)$$

onde:

t = Tempo de trabalho por hectare (s/ha);  
 Tr = Tempo de carregamento e rolagem (s);  
 q = Dosagem de aplicação (L ou Kg/m<sup>2</sup>);  
 Qf = Quantidade de produto abastecido por vôo (L ou Kg);  
 Vs = Velocidade de vôo em aplicação (m/s);  
 Vf = Velocidade de vôo em translado (m/s);  
 S = Faixa de posição efetiva operacional (m);  
 Tw = Tempo para a curva ao final da faixa de aplicação (s);  
 L = Comprimento médio das áreas (m);  
 C = Distância médias entre as áreas (m);  
 F = Tamanho médio das áreas (m<sup>2</sup>);  
 a = Distância média da pista de pouso às áreas.

*O calculo da produtividade, que é o número de hectares tratados em uma hora de serviço, é dado pela formula:*

$$P = \frac{3600}{t} \quad (02)$$

onde:

P = Produtividade (ha/h);  
 t = Tempo de trabalho por hectare (s/ha).

Horas necessárias para toda a Aplicação

$$HNA = \frac{ATA}{P} \quad (03)$$

onde:

HNA = Horas necessárias para aplicação (h);  
 ATA = Área total de aplicação (ha);  
 P = Produtividade (ha/h);

Horas de Vôo por mês para a operação e aeronaves Seleccionadas:

$$HVMA = \frac{PT * HDA}{2} \quad (04)$$

onde:

HVMA = Hora de vôo por mês da aeronave seleccionada (h);  
 PT = Periodicidade do tratamento (dias);

HDA = Horas diárias de aplicação (h).

O número de Aeronaves

$$NA = \frac{HNA}{HVMA} \quad (05)$$

onde:

NA = Número de aeronaves necessárias;

HNA = Horas necessárias para toda aplicação (h);

HVMA = Horas de voo por mês a aeronave (h);

A eficiência de Aplicação

$$EA = \frac{ATA}{36 * S * V_s * HNA} \quad (06)$$

onde:

EA = Eficiência de aplicação (%);

ATA = Área total de aplicação (m<sup>2</sup>);

S = Largura da faixa de aplicação (m);

V<sub>s</sub> = Velocidade de voo em aplicação (m/s);

HNA = Quantidade de horas necessárias para toda a aplicação (h).

O consumo total de combustível

$$CTC = CHC * HNA \quad (07)$$

onde:

CTC = Consumo total de combustível (L);

CHC = Consumo horário de combustível (L/h);

HNA = Quantidade de horas necessárias para toda a aplicação (h).

A quantidade de produto químico

$$QPQ = PC * ATA \quad (08)$$

onde:

QPQ = Quantidade de produto químico (L ou Kg);

PC = Produto comercial por hectare (L ou Kg);

ATA = Área total de Aplicação.

Capacidade máxima de produto no hopper

$$CU = PMD - PV \quad (09)$$

$$QC = AP * CHC \quad (10)$$

$$CMPH = CU - (QC + PEA + 77) \quad (11)$$

onde:

CU = Carga útil (Kg);

PMD = Peso máximo de decolagem (Kg);

PV = Peso vazio (Kg);

QC = Quantidade de combustível requerida (L);

AP = Autonomia pretendida (h);

CHC = Capacidade máxima de produto no hopper (L);

PEA = Peso do equipamento de aplicação (Kg).

Os custos da aeronave foram divididos em custos variáveis e custos fixos, onde:

<b>Custos Fixos</b>	
<i>Metodologia de Depreciação</i>	<i>Alojamento/Seguro/Manutenção</i>
Valor de Aquisição (\$)	Reparo Anual (\$/ano)
Valor Residual (\$)	Custo Angar (\$/ano)
Vida Útil (anos)	Custo Seguro (%/ano)
Anos decorridos (ano (s))	Outros Custos (\$/ano)
Taxa de Depreciação (%)	
Horas de uso ano (hs)	

Os métodos utilizados para depreciação foram:

- Método linear, por este método há uma redução constante do valor do equipamento para cada ano de vida útil do mesmo
- Método exponencial, 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, 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, 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, este método considera que a taxa de depreciação, ocorre através da soma de uma taxa constante no decorrer do tempo.

Para o cálculo dos custos variáveis, utilizou-se os seguintes parâmetros:

<b>Custos Variáveis</b>	
Óleo Lubrificante (\$/h)	Revisão da Célula (\$/h)
Combustível (\$/h)	Revisão da Hélice (\$/h)
Graxa (\$/h)	Revisão do Motor (\$/h)
Combustível (\$/h)	Rodado (\$/h)
Veículos (\$/h)	Outros (\$/ano)

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. A metodologia de calculo utilizada para a determinação dos custos não é aqui citada em função da mesma ser extensa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O banco de dados criado permite ao usuário cadastrar e alterar as características das aeronaves que o administrador agrícola pretende comprar, contratar ou locar. A Figura 1 mostra a tela de seleção de aeronaves agrícolas de asa fixa:

**Seleção Racional de Aeronaves Agrícolas de Asa Fixa - SELAER**

Selecione o Tipo de Aeronave:  
 AIR TRACTOR | AR - 301A

**DADOS OPERACIONAIS**

Comp. Médio das Áreas: 9731 metros  
 Distância Média entre Áreas: 9300 metros  
 Tam. Médio das Áreas: 6780 ha  
 Dist. Média Pista/Áreas: 9876 metros  
 Faixa de Aplicação: 15 metros  
 Carga Aeronave/Vôo: 500 l ou Kg  
 Tempo de Balão: 50 seg.  
 Tempo Carreg. / Rolagem: 180 seg.  
 Velocidade de Aplicação: 140 mph  
 Velocidade de Translado: 152 mph

**DADOS OPERACIONAIS**

Área Total de Aplicação: 33900 ha  
 Periodicidade do Tratamento: 25 dias  
 Horas Diárias Aplicação: 6 horas  
 Peso do Equipam. Aplicação: 30 Kg

Recomendação Téc. PC/ha: 7.5 Kg ou L  
 Autonomia de Vôo Pretendida: 1 hora(s)

**Dosagem de Aplicação [l ou kg/ha]**

7.5  UBV  BV  
 MV  AV

**DADOS DE CÁLCULO**

Produtividade: 170,17 ha/h  
 Horas Necessárias a Aplicação: 199 horas  
 Número de Aeronaves: 3  
 Eficiência da Aplicação: 50,42 %  
 Consumo Total de Combustível: 0,00 L

Horas Vôo por mês para aeronave: 75 horas  
 Quantidade de Prod. Químico/Carga: 500,00 L ou kg  
 Quantidade de Produto Químico: 254250,00 L ou kg  
 Capacidade Máx. Produto no Hopper: 1445,00 L ou kg

Fechar  
 Calcular  
 Padrão

Figura 1 Tela de seleção de aeronaves

Após o administrador agrícola comparar os dados obtidos de custos e desempenho, poderá otimizar as operações agrícolas na propriedade. Além disso, o software poderá ser utilizado em instituições educacionais em áreas afins como instrumento de orientação.

## 4. CONCLUSÕES

O software através do banco de dados seleciona a aeronave que melhor adapta-se a condição desejada otimizando o custo da operação, com isso o software é mais uma ferramenta útil e de fácil utilização em propriedades agrícolas e empresas ligadas em áreas afins.

## 5. REFERÊNCIA

- JOHANN, J. A. (1997) *Seleção Racional de Aeronaves Agrícolas de Asa Fixa*. In: XXVI Congresso brasileiro de engenharia agrícola. Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande – PB.
- 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.