

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA O PLANEJAMENTO DE VÔO FOTOGRAMÉTRICO

RODRIGO AUGUSTO PINHEIRO GONÇALVES
GILSON CANDIDO SANTANA
JULIANA MOULIN FOSSE
ADÉLITON DA FONSECA DE OLIVEIRA

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
Instituto de Tecnologia - IT
Departamento de Engenharia, Seropédica, RJ

rdg_goncalves@hotmail.com
santana@ufrj.br
jumoulin@ufrj.br
adeliton_oliveira@hotmail.com

RESUMO – Este artigo apresenta um trabalho desenvolvido por um aluno de graduação cujo objetivo é desenvolver um software para o cálculo do planejamento de vôo fotogramétrico. Esse trabalho foi realizado devido à relevância de se ter um software livre para o cálculo das variáveis envolvidas num projeto de aerolevante e da quase inexistência deste. Para o desenvolvimento desse software foi usada a linguagem de programação Delphi. Depois, o software foi testado usando duas áreas da região dos lagos do estado do Rio de Janeiro, Cabo Frio e Araruama, e comparado com os resultados obtidos pelo cálculo do planejamento de vôo feito manualmente. O software apresentou algumas falhas pois ainda está em sua versão inicial, porém abre caminho para que outros alunos se interessem e dêem prosseguimento a esse projeto.

ABSTRACT – This paper presents a work by a student of graduation. The aim is to develop software to calculate the photogrammetric flight plan. It is important to have free software to calculate the variables in the planning of flight. To develop the software used the Delphi as programming language. After, the software has been tested using two areas of the lakes region of the state of Rio de Janeiro: Cabo Frio and Araruama. The results were compared with results obtained by the flight planning done manually. The software had some mistakes because this is the first version, but gives the opportunity for other students interested to give continuity to this work.

1 INTRODUÇÃO

Para o sucesso de um projeto de engenharia, necessita-se de um planejamento bem elaborado, o que demanda profissionais qualificados, tempo e dinheiro. Para evitar gastos com *softwares*, normalmente de origem estrangeira, uma alternativa para as empresas de Fotogrametria para o cálculo do planejamento de vôo, e adotadas constantemente por estas, é utilizar o método manual.

Para a construção de um plano de vôo manual é necessário seguir várias etapas, na maioria das vezes utilizando mais de um *software* como ferramenta auxiliar e disponibilidade de tempo, que muitas vezes é escasso, além da possibilidade de ocorrer erros de cálculo. Para evitar tais problemas, algumas empresas desenvolvem *softwares* com uma rotina de programação simples,

necessitando apenas inserir os dados de entrada. Assim todo o processo é automatizado dando o resultado mais preciso e menos suscetível a erros.

O desenvolvimento de um *software* para gerar o plano de vôo de forma automática é uma vantagem para a empresa, que poderá diminuir o tempo em planejamento e investir o tempo em outros projetos e assim obter assim maior lucro. Porém, como deve ser construído um *software* para o planejamento de vôo de baixo custo e com as ferramentas atualmente disponíveis?

Este trabalho apresenta uma metodologia desenvolvida por um aluno de graduação, em seu Trabalho de Conclusão de Curso, a fim de solucionar esta problemática, de forma a automatizar todos os cálculos necessários para o planejamento de vôo em um único *software*.

2 PLANO DE VÔO FOTOGRAMÉTRICO

O planejamento, mais do que qualquer outra área da Fotogrametria, deve ser executado por profissionais capacitados e experientes. Os vôos feitos para a aquisição de fotografias aéreas devem ser executados por aviões equipados com câmaras aerofotogramétricas e outros instrumentos essenciais e se basear em planos de vôo minuciosamente elaborados.

Segundo REIS, TOMMASELLI e RUY (2006) a prática deste procedimento está sujeita a limitações, que se restringe ao tempo para a realização do vôo e a parâmetros técnicos como: distância focal, recobrimento lateral, recobrimento longitudinal e altura de vôo, que caracterizam a natureza fotogramétrica da operação.

O vôo deve preservar a altura da plataforma do avião constante e proporcionar a sobreposição longitudinal e sobreposição lateral das imagens fotogramétricas, que é imprescindível para a obtenção de pares estereoscópicos contínuos (CARVALHO, 2006). Com base nos recursos disponíveis são calculados os elementos necessários para a preparação do mapa de vôo e a tabela usada para orientação da equipe, na aeronave, para a execução do vôo aerofotogramétrico (REIS, TOMMASELLI e RUY, 2006).

Os elementos necessários para os cálculos de um plano de vôo são os dados de altitude de vôo, a distância no terreno entre a tomada das fotografias sucessivas e o intervalo entre as faixas de vôo. O cálculo desses dados é determinado através das características obtidas do mapa da região. A aquisição desses dados é determinada de acordo com análise que o cartógrafo deverá tomar sobre as condições do terreno onde será feita a cobertura de vôo (DALMOLIN (1999).

3 A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

A linguagem Pascal é a linguagem básica do Delphi, que atualmente é um dos mais usados ambientes visuais de construção de sistemas de computação (EVARISTO, 2004). Além disso, a linguagem Pascal é uma ferramenta de desenvolvimento de programação que pode ser considerada simples e forte, que permite o desenvolvimento de sistemas de forma fácil e rápida (POSSAMAI, 2000).

Uma das vantagens do Delphi é o seu uso como ferramenta para o desenvolvimento de aplicações (*Front-End*) e o manejo do Banco de Dados (*Back-End*). Para que um banco de dados possa se ligar a um aplicativo desenvolvido em Delphi, é necessário o uso de uma camada intermediária (*Middle-End*) que possa fazer com que a aplicação permaneça com o Banco de Dados. Essa camada intermediária contém o motor (*Engine*) de acesso aos dados. O Delphi contém uma série dessas *engines*, desenvolvidos para atender aos mais diversos tipos de acesso aos Bancos de Dados disponíveis no mercado (SILVA et al, 2007).

4 O DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE PLANOVVOO

Para a construção do *software*, de nome PLANOVVOO, foi atualizada a barra de paletas do Delphi 5, que foi adicionada a ferramenta TMS para dar a aparência da interface do *software* igual ao Office 2007. Foi escolhido o uso do objeto *AdvToolBarPage* de cor azul degrade no topo da tela, com o alinhamento *altop*. A área onde será efetuado o plano de vôo foi determinada com o uso do objeto *TImage*, cujo alinhamento na interface é *alclient*, completando-o a janela do *software*.

Para que seja feito o plano de vôo, sem alterar a imagem da região, foi utilizado o objeto *TImage* duas vezes posicionando-o um sobre o outro. O objeto que ficará situado abaixo será o que carregará a imagem do mapa da região. Este foi determinado na propriedade de seu objeto de visibilidade *true* enquanto que o objeto situado acima, que servirá para determinar a área de vôo, possuirá sua propriedade de visibilidade *false*, o que possibilitará visualizar a imagem abaixo.

Na parte inferior da tela foi utilizado o objeto *TAdvOfficeStatusBar*, com o alinhamento *albottom* para colocar o leito de coordenadas da imagem. Antes de criar os botões foi utilizada uma barra para dar destaque as funções do *software* utilizando o objeto *TAdvPage*. Depois, os botões foram separados por funções específicas do *software* que são: Arquivo, Área de Cobertura, Exportação e Importação e Projeto. A Figura 1 ilustra o uso dos objetos citados no desenvolvimento do *software*.

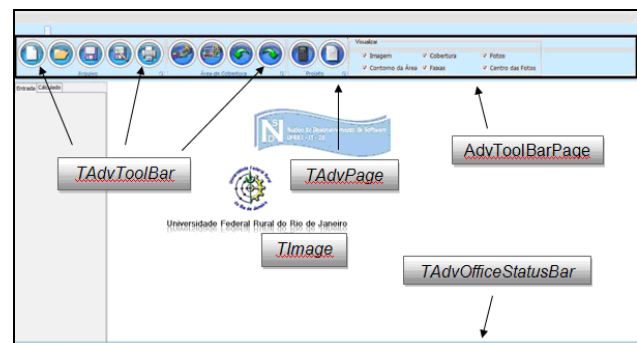


Figura 1 – Objetos usados no desenvolvimento do *software* PLANOVVOO

Para a construção dos botões foi utilizado o objeto *TAdvShapeButton*. Foram feitos 12 botões, onde cada um possui uma função determinada. Foram desenvolvidos os botões de Arquivo Novo, Abrir Arquivo, Salvar Arquivo, Salvar Como, Imprimir, Importar Imagem, Delimitar Área de Trabalho, Desfazer, Refazer, Gerar Plano de Vôo e Gerar Relatório.

O botão Arquivo Novo foi desenvolvido para que, ao ser clicado, habilite a janela de Projeto Novo. Essa janela foi desenvolvida utilizando o objeto *TAdvSmoothPanel* com o alinhamento *alnone*. A janela

contém informações sobre a empresa, o projeto, o cliente e o local da região de trabalho, como ilustra a Figura 2.

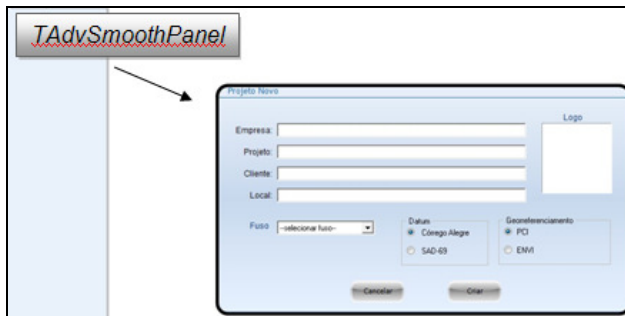


Figura 2 – Janela de Projeto Novo

Para inserir o logo da empresa foi empregado o objeto *TImage* para ler imagens em formato JPEG e Bitmap. Na determinação do fuso foi utilizado o objeto *TComboBox* onde terá a opção de escolher o fuso UTM da região do projeto, também foi adicionado os botões Criar e Cancelar Projeto, utilizando o objeto *TAdvShapeButton*. Vale ressaltar que quando o fuso for determinado, o meridiano central correspondente ao fuso, será armazenado para que ocorra o processo de transformação de coordenadas.

A escolha do Datum e do Georreferenciamento, teve como emprego o objeto *TAdvOfficeRadioGroup* para dar a aparência de caixa, e foi configurado internamente as opções dos Data Córrego Alegre e SAD-69. O mesmo procedimento foi efetuado para a escolha do *software* para fazer o georreferenciamento da imagem utilizada. Estes dados serão utilizados para que o *software* possa ler o cabeçalho da imagem e depois faça a transformação de coordenadas.

Foi construído painel, utilizando o objeto *TAdvPageControl*, para ser usado após a criação do projeto. Este painel aparecerá do lado esquerdo e terá a função de inserir os dados técnicos do plano de vôo (construído com o objeto *TAdvEdit*). Esses dados serão divididos em abas, onde a aba de entrada corresponderá aos dados de Entrada e terá as letras na cor azul. A aba denominada Calculado, com as letras de cor preta, serão os dados calculados automaticamente depois de inseridos os dados de entrada.

A visualização das camadas correspondente a Imagem, Contorno da Área, Cobertura de Vôo, Faixas de Vôo, Fotografias e Centro de Fotografias foi construída utilizando o objeto *TAdvCheckBox*. Quando desmarcada qualquer uma dessas opção de camada, esta se tornará invisível.

No processo de leitura da imagem de um mapa georreferenciado, o botão Importar Imagem (Figura 3), no painel superior, utiliza uma biblioteca com um objeto gráfico que tem a finalidade ler arquivos de imagem, com ênfase em arquivos TIFF e JPEG, pois são os formatos mais utilizados. Na importação da imagem a ser utilizada no *software*, esta é convertida para o formato Bitmap através da ferramenta *TBitmap*, pois o Delphi só consegue apresentar a imagem em sua interface gráfica neste

formato. Mesmo com a conversão o formato de origem da imagem se mantém intacta.



Figura 3 – Botão Importar Imagem.

Juntamente com a imagem há um arquivo que contém os dados geográficos. Neste arquivo há informações da coordenada superior do pixel do canto e do tamanho do pixel. Através da leitura desses dados a imagem estará georreferenciada dentro do *software*. Os *softwares* utilizados para georreferenciar as imagem são o ENVI e PCI.

Para a captura dos vértices da área de cobertura de vôo, foi feita uma função para o botão Delimitar Área de Trabalho. Quando esta função for acionada, as coordenadas do local serão armazenadas e, quando duas ou mais coordenadas forem solicitadas, será criada uma linha entre os referidos pontos.

A primeira coordenada do vértice da área selecionada para o plano de vôo será representada por um ponto amarelo, que indica que a área de vôo não está fechada na imagem. Assim ocorrerá até que a área de vôo esteja fechada, o que será representada por pontos na cor vermelha. A Figura 4 ilustra uma área de vôo fechada com os pontos em cor vermelha.



Figura 4 – Sequência de pontos que determinam a área do plano de vôo.

O objetivo do botão Cálculo do Plano de Vôo é gerar as faixas de vôo. Para este cálculo, as faixas de vôo e as fotografias são definidas usando as primitivas gráficas linha, retângulo e círculo, por meio do objeto *TImage* (Figura 5a).

O relatório do plano de vôo, foi desenvolvido através do botão Relatório, utilizando o objeto *TAdvPanel*. Foi inserido o objeto *TAdvStringGrid* que apresentará os dados da Faixa de vôo, Extensão de cada faixa de vôo em quilômetros, Número de Fotos e as Coordenadas Iniciais e Coordenadas Finais de cada faixa de vôo (Figura 5b).

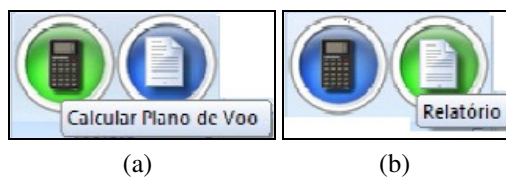


Figura 5 – Botão Calcular Plano de Voo e botão Relatório: (a) acionado o botão Plano de Voo e desativado o botão Relatório e (b) vice-versa

Os objetos utilizados para a construção do software PlanoVoo foram divulgados com detalhes para que tenha a possibilidade de atualização, além de todas as equações utilizadas para o cálculo automático do plano de voo. Mais detalhes podem ser encontrados na monografia intitulada “Software de cálculo de plano de voo fotogramétrico”, do aluno Rodrigo Augusto Pinheiro Gonçalves.

5 RESULTADOS

Feito o software PLANOVoo, a etapa seguinte foi testá-lo e validá-lo, e para tal, foi utilizado as cartas topográficas da região de Araruama e Cabo Frio. Estas cartas possuem escala de 1:50.000, Datum Córrego Alegre e Fuso 23. As cartas de Araruama e Cabo Frio foram escaneadas e depois georreferenciadas utilizando os softwares PCI 9.0 e ENVI 4.5. Foi usado o polinômio de segundo grau como modelo matemático para o georreferenciamento, além de nove pontos de controle e, como interpolador, o método do vizinho mais próximo.

Para testar o software PLANOVoo, foram feitos quatro planos de voo. O primeiro teste foi feito com a imagem georreferenciada pelo software PCI e foi usada a imagem da região de Cabo Frio. O resultado apresentou uma falha durante a construção do plano de voo, pois as faixas de voo não foram distribuídas de acordo com o

resultado obtido pelos cálculos feito pelo método manual. O segundo teste também foi feito com a imagem georreferenciada pelo software PCI e novamente o PLANOVoo apresentou problemas para a leitura da imagem da região de Araruama.

Para o terceiro e quarto testes, as imagens foram georreferenciadas pelo software ENVI, que apresentou melhores resultados em relação aos testes anteriores. O teste realizado com a carta de Cabo Frio obteve valores coerente com os valores calculados manualmente. Porém, na última faixa de cima para baixo, o software não conseguiu calcular quantas fotografias seriam necessárias para o recobrimento dessa faixa, como mostra a Figura 6.

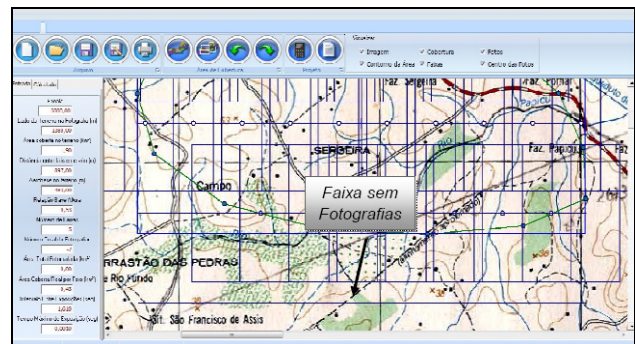


Figura 6 – Erro ocorrido no plano de voo calculado pelo software PLANOVoo na carta de Cabo Frio

No relatório, as coordenadas de início e fim de faixa na direção leste-oeste (coordenada X) apresentaram uma diferença na precisão dos centímetros, com exceção da última faixa, corresponde à faixa que não conseguiu determinar as fotografias na imagem (Quadro 1)

Faixa	Extensão (km)	Numero Fotos	X Inicial (m)	Y Inicial (m)	X Final (m)	Y Final (m)
1	1.449,0	4	786.128,033	7.483.772,798	787.573,533	7.483.772,798
2	3.381,0	8	785.824,233	7.484.669,498	789.200,333	7.484.669,498
3	4.347,0	10	785.662,533	7.485.566,198	790.008,833	7.485.566,198
4	2.898,0	7	786.814,033	7.486.462,898	789.709,933	7.486.462,898
5	-17871,0	-36	0,000	0,000	0,000	0,000

Quadro 1 – Relatório dos resultados da imagem de Cabo Frio

O teste feito na região de Araruama apresentou resultados semelhantes aos dados de Cabo Frio, porém algumas faixas geraram um número maior de fotografias do que o necessário, como ilustra a Figura 7.

O relatório do plano de voo feito usando a carta de Araruama também possui falhas semelhantes às falhas ocorridas no plano de voo da carta de Cabo Frio, visto que não se conseguiu determinar o número correto de fotografias na última faixa (Quadro 2).

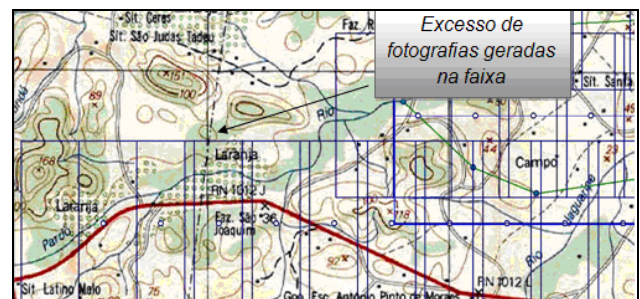


Figura 7 – Erro ocorrido no plano de voo calculado pelo software PLANOVoo na carta de Araruama

Faixa	Extensão (km)	Numero Fotos	X Inicial (m)	Y Inicial (m)	X Final (m)	Y Final (m)
1	2.898,0	7	763.507,476	7.486.043,043	766.403,376	7.486.043,043
2	2.808,0	7	761.101,176	7.486.030,713	767.300,076	7.486.030,713
3	4.347,0	10	763.791,676	7.487.836,443	768.137,976	7.487.836,443
4	5.313,0	12	761.160,376	7.488.733,143	766.471,976	7.488.733,143
5	483,0	2	-3476795299,624	7.489.629,843	-3476794814,524	7.489.629,843

Quadro 2 – Relatório dos resultados da imagem de Araruama

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através dos testes realizados concluiu-se que o *software* PLANOVoo, que se encontra na versão beta-teste, possui alguns problemas na construção do plano de voo e na leitura de algumas imagens. O procedimento do cálculo de plano de voo feito no *software* apresentou resultados coerentes com os dados referentes ao plano de voo construído manualmente, porém precisa ser revisto e aperfeiçoado até chegar num resultado consistente. Esta é uma primeira versão e abre caminho para que outros alunos se interessem e deem prosseguimento a esse projeto.

A atual versão do *software* PlanoVoo, priorizou a construção automática do plano de voo. Esta versão ainda possui algumas funções inativas, mas que têm seus objetos e ferramentas já desenvolvidas, onde nas futuras versões serão ativados. Dentre essas funções têm-se o botão de Impressão, Avançar, Desfazer e o processo de Cálculo de Coordenadas. O *software* PlanoVoo precisa ser configurado para que a ferramenta de leitura de imagens consiga carregar mais de uma imagem georreferenciada em sua tela. Além disso, precisa construir uma lógica que recalcule os dados contidos na imagem de forma que se possa fazer *zoom* sem prejudicar as imagens.

Outras soluções para futuras versões do *software* devem ser testadas tais como o próprio *software* georreferenciar a carta, onde será determinado o plano de voo. Também deverá ser implementado em versões futuras, o cálculo do plano de voo para utilização de câmeras digitais. Para esse estudo será feito uma análise do tamanho do pixel no terreno, e com base no tamanho do pixel no terreno e na resolução da câmera, será calculado a área de cobertura da imagem, escala e altura de voo. Também deverá ser implantada a ferramenta de importar e exportar arquivos DXF, para que o usuário possua um arquivo que seja possível ler em outros *softwares*.

Além de desenvolvimento de plano de voo fotogramétrico, utilizando a mesma lógica da Fotogrametria, o *software* pode ser usado também para desenvolver a construção de plano de voo agrícola para determinação de volume de agrotóxicos a serem utilizados em uma área de plantação.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. **A fotografia aérea na arqueologia**. 10p. Trabalho Acadêmico – Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, 2006. Disponível em: <<http://www.cph.ipt.pt/angulo2006/img/01-02/fotografiaaerea.pdf>>. Acesso em: 17/09/2009.
- DALMOLIN, Q. **Projeto fotogramétrico**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- EVARISTO, J. **Programando com pascal: a linguagem do turbo pascal e do Delphi**. 2 Ed. Book Express, Maceió, 2004.
- POSSAMA, R. C. **Ferramenta de análise de estruturas básicas em linguagem pascal para fornecimento de métricas**. 81 p. Monografia em Ciência da Computação – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2000. Disponível em: <<http://campeche.inf.furb.br/tccs/2000-I/2000-Iroquecesarpossamaivf.pdf>>. Acesso em 18/09/2009.
- REIS, T. T. dos ; TOMMASELLI, A. M. G.; RUY, R. da S. **Módulo computacional para geração semi-automática de planos de voo fotogramétricos**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, Florianópolis, 2001 1 CD-ROM.