

CONSÓRCIO

GEOMETRAL – Técnicas de Medição e Informática, SA  
D.712 – Laboratório de Arquitectura, Lda  
GECIP – Gabinete de Engenharia Civil e Informática de Projecto, Lda  
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**PLANO DE ORDENAMENTO DA ALBUFEIRA  
DE VALE DE GAIO**

**Fase 1 - Estudos Base**

**ANEXO 1**  
**Ortorectificação Digital**

*Armindo das Neves*

*GEOMETRAL, Jan. 1999*

# ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO _____	3
2 - DEFINIÇÃO DO BLOCO CARTOGRÁFICO E DATA DE EXECUÇÃO _____	3
2.1 - COBERTURA ESPACIAL _____	3
2.2 - DATA DE EXECUÇÃO _____	4
2.3 - ÁREA TOTAL ORTORECTIFICADA _____	4
3 - MEMÓRIA DESCRITIVA _____	4
3.1 - RASTERIZAÇÃO DE DIAPOSITIVOS _____	4
3.1.1 - Controlo de qualidade _____	4
3.2 - APOIO FOTOGRAMÉTRICO _____	5
3.2.1 - Adensamento da rede de apoio _____	5
3.3 - TRIANGULAÇÃO AÉREA _____	6
3.4 - MODELOS DIGITAIS DE TERRENO _____	6
3.5 - ORTORECTIFICAÇÃO _____	6
3.5.1 - Controlo de qualidade _____	7
3.6 - MANIPULAÇÃO GEOMÉTRICA DAS IMAGENS FINAIS _____	7
4 - CONCLUSÕES _____	7

## **1 – INTRODUÇÃO**

O trabalho decorreu no âmbito da elaboração do Plano de Ordenamento da Albufeira de Vale do Gaio, nos termos dos Decreto-lei N.º 502/71 de 18 de Novembro, Decreto-regulamentar N.º 37/91 e Decreto-lei N.º 151/95 de 24 de Junho, apoiado na produção de ortofotocartografia digital como base cartográfica.

A memória descritiva que no capítulo primeiro relatamos refere-se à produção de ortofotomapas digitais de escala 1:10.000 e seu controlo de qualidade, com recurso a tecnologias avançadas (sistemas de informação geográfica, fotogrametria digital) que permitam a implementação da produção de forma eficaz e acelerada.

Em conformidade com isto, a realização de ortofotos digitais envolveu a realização de uma cobertura aérea à escala aproximada 1:43.000 e a produção de provas directas e diapositivos e seu processamento, com vista à realização, de forma óptima, de todos os ortofotomapas necessários. Em anexo a este Relatório apresentamos a colecção de provas fotográficas e diapositivos utilizados nos trabalhos de campo e na triangulação aérea.

O faseamento a prever para a produção dos ortofotomapas digitais incluiu a rasterização dos diapositivos, a obtenção de apoio fotogramétrico, a aerotriangulação analítica por blocos, o cálculo de um modelo digital de terreno (MDT) e a ortorectificação, processamento e arquivo das imagens ortorectificadas.

A produção de ortofotomapas digitais fez-se na escala de representação 1:10.000, sendo o seccionamento feito pelo enquadramento da cartografia do IGeoE na escala 1:25.000, com 150 metros de sobreposições longitudinal e transversal.

Como demonstraremos, ficou assegurada uma qualidade geométrica e precisão similar à da escala 1:10000 no produto ortofotocartográfico, isto é, os resíduos obtidos da diferença entre as coordenadas dos pontos medidos sobre as imagens respectivas e as suas posições absolutas no terreno não apresentaram um RMSE superior a 2,5 m, em coordenadas de terreno.

Toda a produção ortofotocartográfica digital foi assegurada por produtos que operam no ambiente do Sistema de Informação Geográfica da Administração Portuguesa (INTERGRAPH).

## **2 - DEFINIÇÃO DO BLOCO CARTOGRÁFICO E DATA DE EXECUÇÃO**

### **2.1 - COBERTURA ESPACIAL**

Devido à prolongada inexistência, desde Setembro de 1997 até final de Fevereiro do ano corrente, de condições meteorológicas para realização de voos com as características deste, a uma altitude de cerca de 6 Km, a execução da cobertura aérea só ocorreu entre as 12.15 e as 12.25 horas Gmt do dia 25 de Fevereiro de 1998 e as 09.58 e as 10.42 horas Gmt do dia 14 de Junho de 1998.

Foi realizada por meio de avião Cessna T210-L, equipado com uma câmara fotográfica WILD RC30 com um cone de 153.141 mm. Esta câmara não só dispôs de compensação automática do arrastamento (FMC) como teve ainda integrado um dos sistemas de navegação mais avançados tecnologicamente, o sistema ASCOT/ACU 30, suportado pelo GPS 9212 Aero. O filme usado foi o AGFA PAN 50, com resolução de 180 linhas

por milímetro, sendo as fotografias aéreas realizadas com o filme RAPITONE e os diapositivos com o P3P, ambos da AGFA.

O relatório de voo foi produzido de acordo com as normas RTCAP. É manifesto que os parâmetros de voo determinados pelo Consórcio foram escrupulosamente respeitados, pelo recurso ao já referido sistema de navegação, baseado em tecnologia GPS.

## 2.2 - DATA DE EXECUÇÃO

A data de execução dos ortofotomapas digitais foi 24 de Abril (I fase) e 19 de Junho (II fase) de 1998.

## 2.3 - ÁREA TOTAL ORTORECTIFICADA

A área global útil ortorectificada foi de dezasseis mil hectares, a área total da folha da cartografia militar à escala 1:25000 com o nº 487.

# **3 - MEMÓRIA DESCRITIVA**

## 3.1 - RASTERIZAÇÃO DE DIAPOSITIVOS

A rasterização dos diapositivos foi realizada com a resolução de 14 micra, o que permitia efectuar uma boa ortorectificação a partir de 0.50 metro de resolução no solo, utilizando o equipamento PhotoScan TD da Zeiss-Intergraph.

Este equipamento pode atingir uma resolução de 224 até 7 micra, e opera sobre uma estação gráfica TD-310 da Intergraph. Esta máquina está ligada por rede Windows NT ao PC onde é efectuado o controlo de qualidade e o arquivamento em CD-Rom. O sistema Photoscan TD da Intergraph assegura uma precisão geométrica de 1 micron por eixo (RMS).

Os diapositivos a digitalizar foram-no com respeito pelo sentido da progressão do voo, sendo sempre os originais, no sentido em que não poderiam ser os diapositivos utilizados na triangulação aérea, ou seja, não poderiam ter sido sujeitos a qualquer manipulação danosa da sua posterior utilização. Toda a imagem foi rasterizada, incluindo as marcas fiduciais, necessárias à orientação interna.

### 3.1.1 - CONTROLO DE QUALIDADE

#### 3.1.1.1 - Determinação dos parâmetros de rasterização

Nesta fase do trabalho ficou determinado que se utilizaria uma resolução bi-direccional de 14 micra, garantindo uma exactidão geométrica de 2 micra e um “pixel” no solo de aproximadamente 0.50 metro na digitalização de todos os diapositivos a envolver no trabalho.

#### 3.1.1.2 - Rasterização prévia

Foi sempre realizada uma rasterização prévia de uma zona representativa de um diapositivo-piloto representativo de cada fiada, ficando assim comprovado que o histograma não revela saturações.

Esta rasterização prévia efectuou-se com uma resolução de 224 micra, utilizando-se parâmetros iniciais de transmissividade entre 0'01 e 0'60 de  $\gamma$  entre 1 e 2, estudando-se a seguir o histograma resultante. Este estudo e a medição de densidades sobre a imagem pre-

rasterizada deram-nos valores de transmissividade muito próximos dos desejáveis; fazendo iterar este processo fomos conduzidos à obtenção de valores óptimos para cada fiada.

Assim, para cada bloco homogéneo de diapositivos mantemos os mesmos parâmetros. Caso fosse detectada uma imagem que, rasterizada com os parâmetros assim encontrados, divergisse das anteriores, ainda que na mesma fiada, esse diapositivo era tomado imediatamente como diapositivo-piloto e repetida a análise referida anteriormente.

### 3.1.1.3 - Resultados

Após a realização da rasterização, o controlo de qualidade assegurou-nos que:

- o histograma de saturação das imagens não tinha um desvio maior do que 2,5%;
- era usada uma resolução radiométrica de 8 bits;
- as marcas fiduciais são perfeitamente visíveis.

## 3.2 - APOIO FOTOGRAMÉTRICO

O apoio fotogramétrico compreendeu os trabalhos de campo e gabinete necessários à determinação da posição planimétrica e altimétrica dos pontos de apoio indispensáveis à realização da triangulação aérea.

A elegibilidade destes pontos esteve relacionada com a facilidade com que se procedeu à sua identificação em fotografias contíguas (são geralmente pontos naturais bem identificáveis no terreno, como cruzamentos de caminhos, cantos de cultura, árvores, arrifes de mato, ou pontos bem discerníveis em estruturas humanizadas, como cantos de muros ou de casas), à sua localização em áreas comuns das fotografias que estão a ser ligadas e a pormenores que garantam a precisão pretendida para a aerotriangulação.

Os pontos fotogramétricos, previamente marcados nas provas de contacto, foram escolhidos na zona útil de cada modelo de modo a servirem simultaneamente todas as três provas consecutivas em cada fiada.

A elaboração de apoio fotogramétrico pressupõe uma correcta avaliação da distribuição e estado de conservação da rede geodésica planimétrica e altimétrica da região de trabalho. Neste sentido procedeu-se à recolha de elementos que julgávamos indispensáveis à caracterização da área de trabalho do ponto de vista do referencial geodésico a utilizar, e podemos dizer que encontramos condições suficientes ao desenvolvimento dos trabalhos de apoio fotogramétrico quer do ponto de vista de coordenação planimétrica, quer altimétrica.

O sistema geodésico de projecção cartográfica planimétrico utilizado foi o sistema HAYFORD-GAUSS, *datum* geográfico Datum 73, com translação de M=200 Km e P=300 Km, de acordo com o critério adoptado para a carta 1:25.000 do IGeoE e *datum* vertical Datum Altimétrico Nacional (Cascais).

### 3.2.1 - ADENSAMENTO DA REDE DE APOIO

De modo a potenciar a plena compatibilização da triangulação aérea com a rede geodésica materializada na região da Albufeira de Vale do Gaio decidimos medir fotogrametricamente todos os vértices geodésicos que fossem visíveis em sede de fotogrametria analítica. Compilámos, com vista à prossecução do objectivo antes enunciado, uma listagem das coordenadas rectangulares e cotas no sinal e no solo destes vértices geodésicos, referidas ao sistema geodésico de projecção cartográfica planimétrico de HAYFORD-GAUSS, “datum” geodésico Datum 73.

Foram utilizados na primeira fase como pontos de apoio os vértices da rede geodésica Carrascais (pirâmide de primeira ordem) com o nº 629702, Médico (bolembreano) com o nº 629712, Vale do Gaio (bolembreano sobre casa) com o nº 629802, Bolos (bolembreano) com o nº 629812, Corte da Venda (bolembreano) com o nº 629822, D. Rodrigo (bolembreano) com o nº 629912, Rana (bolembreano) com o nº 630002, Algalé (bolembreano) com o nº 630012, Fraguins (bolembreano) com o nº 630112, S. Frausto (bolembreano sobre ermida) com o nº 630202 e Torrão (torre de igreja) com o nº 630212, da Folha 39-D da Cartografia Civil à escala 1:50.000.

Foram utilizados na segunda fase como pontos de apoio os vértices da rede geodésica Atalaia da Quinta (bolembreano) com o nº 985802, Mina (prisma sobre pirâmide) com o nº 990502, Fonte das Perdizes (prisma sobre pirâmide) com o nº 990512, Gamual 1º (cilindro sobre prisma) com o nº 990522, Paraíso (bolembreano) com o nº 990602 e Fonte Longa de Baixo (bolembreano) com o nº 990612 das Folhas 39-D e 42-B da Cartografia Civil à escala 1:50.000.

### 3.3 - TRIANGULAÇÃO AÉREA

Para a identificação e medição das coordenadas fotografia dos pontos de apoio e pontos de aerotriangulação foi utilizado um estereorestituídor de concepção totalmente analítica, o Planicomp P1 da Zeiss, que confere a esta operação uma inultrapassável precisão óptico-mecânica.

Para o cálculo da triangulação aérea foi utilizado o programa BINGO.

Em anexo a este Relatório exibimos a listagem com os dados estatísticos da compensação em bloco, incluindo os resíduos em todos os pontos.

#### 3.3.1 - Controlo de qualidade

O valor final do sigma zero,  $\sigma_0$ , que representa o desvio-padrão da unidade de peso, depois da compensação em bloco, foi 18.14.

Em relação a este indicador,  $\sigma_0$ , são aceitáveis, num trabalho na escala 1:10.000, valores abaixo de 25, sendo de concluir que neste caso todos os resultados obtidos estão amplamente dentro das tolerâncias exigidas para um trabalho de qualidade geométrica e precisão similar à da escala 1:10.000, como é este.

### 3.4 - MODELOS DIGITAIS DE TERRENO

Os Modelos Digitais de Terreno utilizados tiveram origem nas curvas de nível obtidas por estereorestituição fotogramétrica analítica para a cartografia digital do IGeoE na escala 1:25.000, folhas N° 477, 478, 486, 487, 496 e 497, em formato compatível com o ambiente do Sistema de Informação Geográfica da Administração Portuguesa (INTERGRAPH).

### 3.5 - ORTORECTIFICAÇÃO

A ortorectificação fez uso da programação Intergraph-IS Photogrammetric Manager e Base Rectifier, que agiliza extraordinariamente esta tarefa ao aceder directamente aos parâmetros de orientação das imagens aéreas que resultam do cálculo da aerotriangulação, designadamente no formato BINGO.

A dimensão do “pixel”, na saída, foi de 0.5 metro, sendo a base ortocartográfica digital à escala 1:10.000, escala de ortorectificação, constituída por ortofotomapas com a dimensão de terreno de 8300X5300 metros.

### 3.5.1 - CONTROLO DE QUALIDADE

A bondade do processo de ortorectificação foi sendo aferida pela realização, à medida que o processo ia decorrendo, do respectivo controlo de qualidade.

Este controlo de qualidade incidiu sobre a correspondência entre as coordenadas dos pontos de controlo dos cálculo fotogramétrico e medidas sobre a imagem (controlo pontual externo).

Na fase I foram controlados 18 pontos, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

<b>Função estatística</b>	<b><math>\Delta X</math></b>	<b><math>\Delta Y</math></b>
Mínimo	0.014	0.027
Máximo	2.904	3.289
Média	0.921	0.844
Desvio Padrão	0.728	0.896

Na fase II foram controlados 9 pontos, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

<b>Função estatística</b>	<b><math>\Delta X</math></b>	<b><math>\Delta Y</math></b>
Mínimo	0.000	0.000
Máximo	0.942	0.626
Média	0.449	0.314
Desvio Padrão	0.347	0.196

### 3.6 - MANIPULAÇÃO GEOMÉTRICA DAS IMAGENS FINAIS

Na fase final, todas as imagens de formato 1:10.000 foram transferidas para o programa MBI, reanalisadas e, posteriormente, gravadas em CD-ROM, no formato TIFF não comprimido, segundo as especificações técnicas pré-estabelecidas.

## 4 - CONCLUSÕES

Pelo anteriormente exposto, torna-se manifesto que foram contempladas as exigências contratuais no que respeitava à produção da base ortofotocartográfica subjacente ao projecto da elaboração do Plano de Ordenamento da Albufeira de Vale do Gaio.

Detalhadamente, a ortorectificação das imagens foi realizada num sistema de processamento digital, ficou assegurada uma definição de escala 1:10.000 no produto ortofotográfico, isto é, os resíduos obtidos entre as coordenadas dos pontos medidos sobre as imagens e as suas posições absolutas no terreno não apresentaram um RMSE superior a 2.5 m e foram previstas correcções radiométricas das imagens de modo a garantir tanto uma boa interpretabilidade do produto final como a fidelidade geométrica da imagem, fornecido à Câmara Municipal de Alcácer do Sal no formato e suporte acordados.