

PROPOSTA

CÂMARA MUNICIPAL DE SINES

CONCURSO PÚBLICO, PARA “EXECUÇÃO DE CARTOGRAFIA
NUMÉRICA TOPOGRÁFICA À ESCALA 1:2000 PARA
MUNICÍPIO DE SINES”



MORADA: Av. Prof. Dr. Cavaco Silva, Ed. Ciência II, Nº 11, 3ºB
2740-120 Porto Salvo
Telefone: +351 21 422 8200
Fax: +351 21 422 8205
E-mail: info@municipia.pt
www.municipia.pt

E. METODOLOGIA DOS TRABALHOS

Introdução

O objetivo da nossa proposta é a produção de dados cartográficos de base com qualidade à escala 1:2000 para o Município de Sines, que permitam apoiar o planeamento e gestão do território, sendo um meio de suporte às decisões estratégicas permitindo organizar e gerir um território que não é homogéneo em forma e conteúdo.

Localização

Este projeto contempla a **produção de cartografia e ortofotomapas à escala 1:2000 do Município de Sines**, num total de **1631 hectares**, distribuídos por cerca de **9 aglomerados urbanos**.



E.1 – DESCRIÇÃO METODOLOGIA DE TRABALHO

O objectivo deste Capítulo é descrever todas as metodologias e técnicas a desenvolver, e julgadas essenciais para a produção de cartografia numérica vectorial e ortofotomapas à escala 1:2.000 de 9 aglomerados urbanos do Município de Sines, e de acordo com Plano Trabalhos já apresentado.

DESIGNAÇÃO DA ATIVIDADE
A – Cobertura Aerofotográfica
OBJETIVOS
- Conceber e realizar a Cobertura Aerofotográfica
DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ATIVIDADE:</p> <p>A.1: Planeamento de Voo e Programação dos Trabalhos;</p> <p>A.2: Execução dos Voos;</p> <p>A.3: Processamento de Imagem;</p> <p>A.4: Processamento GPS/IMU;</p> <p>A.5: Organização das Missões e Controlo de Qualidade.</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>A.1: Planeamento de Voo e Programação dos Trabalhos</p> <p>A primeira fase do planeamento consistirá na análise das especificações técnicas do Caderno de Encargos, com o objetivo de definir os requisitos da Entidade Contratante, eliminando lacunas na informação.</p> <p>Posteriormente, dependendo do objeto do trabalho e os fins a que se destina, serão delimitadas as áreas tendo em conta a representação apresentada em Caderno de Encargos. Após delimitação será observada a sua fisionomia com o apoio das cartas militares.</p> <p>Numa observação prévia verificou-se desde já que as assimetrias altimétricas observadas na área são significativas, obrigando a diferentes níveis de voo para resolução das diferenças de escala.</p> <p>Cada fiada terá o seu próprio nível de voo, consoante a cota média do terreno.</p> <p>Com a observação efetuada seguir-se-á o cálculo dos parâmetros a utilizar na execução do Plano de Voo e à sua construção com base na produção de imagens com tamanho médio de pixel de 12cm de resolução no solo para a área indicada.</p>

Plano de Voo



Em resultado da observação prévia efetuada prevê-se que o Plano de Voo para a Cobertura Aerofotográfica seja constituído por **10 fiadas** e **135 fotografias**.

Este plano é um produto da conjugação dos diversos dados apresentados anteriormente, que dependem do cumprimento dos objetivos e especificações técnicas do Caderno de Encargos.

Seguidamente o Plano de Voo proposto será enviado para **aprovação da Entidade Contratante**, aguardando-se a sua aceitação para avanço do projeto.

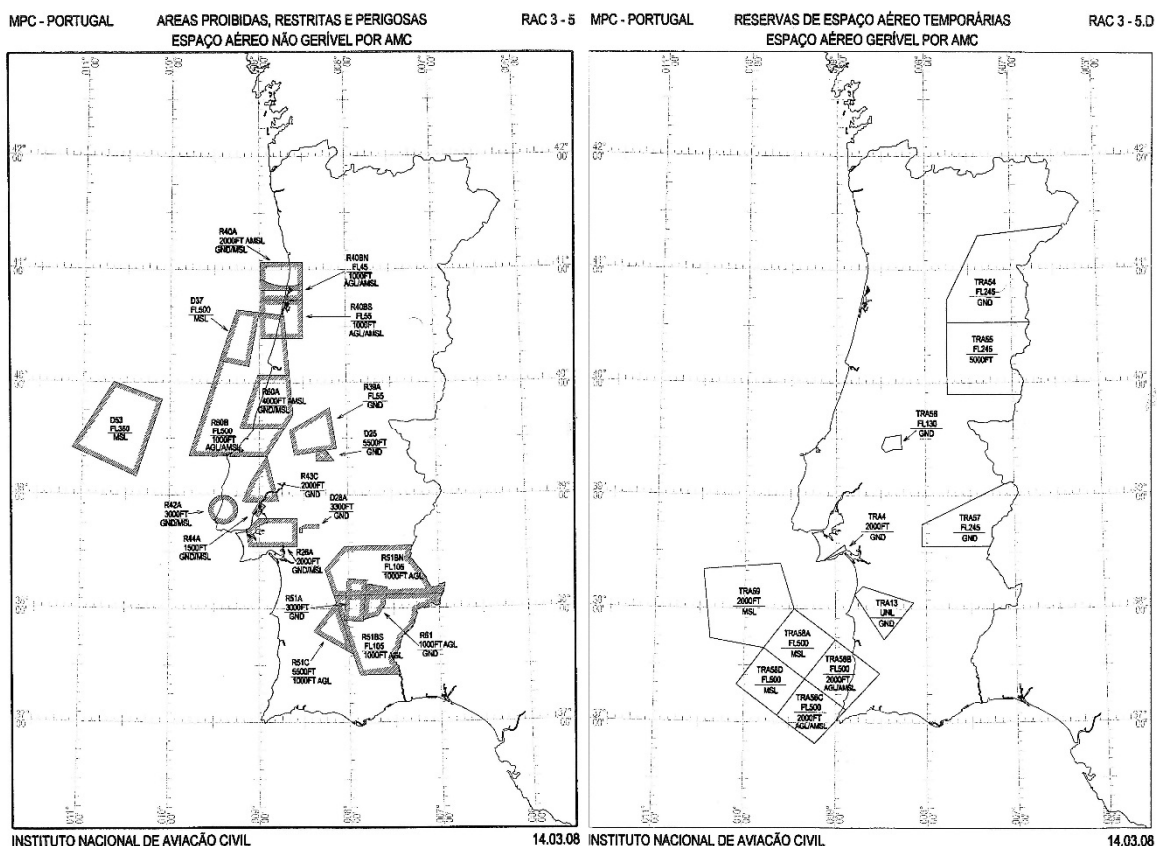
Simultaneamente será programada a utilização da Rede de Estações GPS Permanentes da Direção Geral do Território.

Esta operação consistirá na seleção e descarga de observações GPS em estações no terreno com leituras a um segundo, para posterior processamento com os dados do GPS e IMU (Inertial Measurement Unit) instalados na aeronave para a obtenção dos parâmetros da orientação externa.

Neste período serão analisados os **aeródromos** a utilizar como bases de abastecimento e estacionamento das aeronaves, consultadas as informações aeronáuticas relativas às áreas restritas abrangidas na área de trabalho, confirmadas as alturas solares a cumprir, e realizadas simulações para estimar tempos de voo e a melhor forma de abordar a área.

Em termos de altura solar os voos deverão decorrer dentro de uma época compreendida entre o dia 01 de Março e o dia 08 de Outubro, altura em que o sol à nossa latitude ultrapassa os 35º acima da linha do horizonte e desenvolvidos apenas com condições meteorológicas que assegurem a obtenção de exposições de qualidade e respeitando os prazos da Entidade Contratante.

O território português tem diversas áreas restritas, perigosas e temporárias que estarão previstas em planeamento, no entanto, e maioritariamente nas áreas militares, existem diversas atividades inopinadas que afetam muitas vezes durante dias seguidos o normal decorrer das missões.



Situações semelhantes ocorrerão junto das áreas de maior tráfego aéreo (TMA de Lisboa, Porto e Faro) onde não existe uma primazia da operação de fotografia aérea sobre as restantes, dependendo sempre do Controlo de Tráfego Aéreo.

Devido à área de trabalho estar inserida na TMA do Porto, esperam-se para este voo complicações ao nível das janelas de oportunidade que poderão prolongar as operações durante vários dias, com produtividades bastante baixas. Espera-se igualmente a melhor compreensão da Entidade Contratante para este aspeto, que pode ser confirmado junto da Entidade Gestora da Navegação Aérea, a NAV, E.P.

De todas as formas, para minimizar este condicionante existirá uma coordenação próxima com os diversos Organismos Aeronáuticos, preconizando a execução dos voos nas janelas temporais de espaço aéreo livre, para que todo o projeto decorra da forma mais célere possível.

Durante as missões estará prevista a utilização do Aeródromo de Viseu como base, onde terão lugar operações de abastecimento, manutenção e/ou estacionamento. Outros aeródromos poderão ser considerados durante o decorrer da operação, tais como as aeródromos da Maia ou Coimbra.

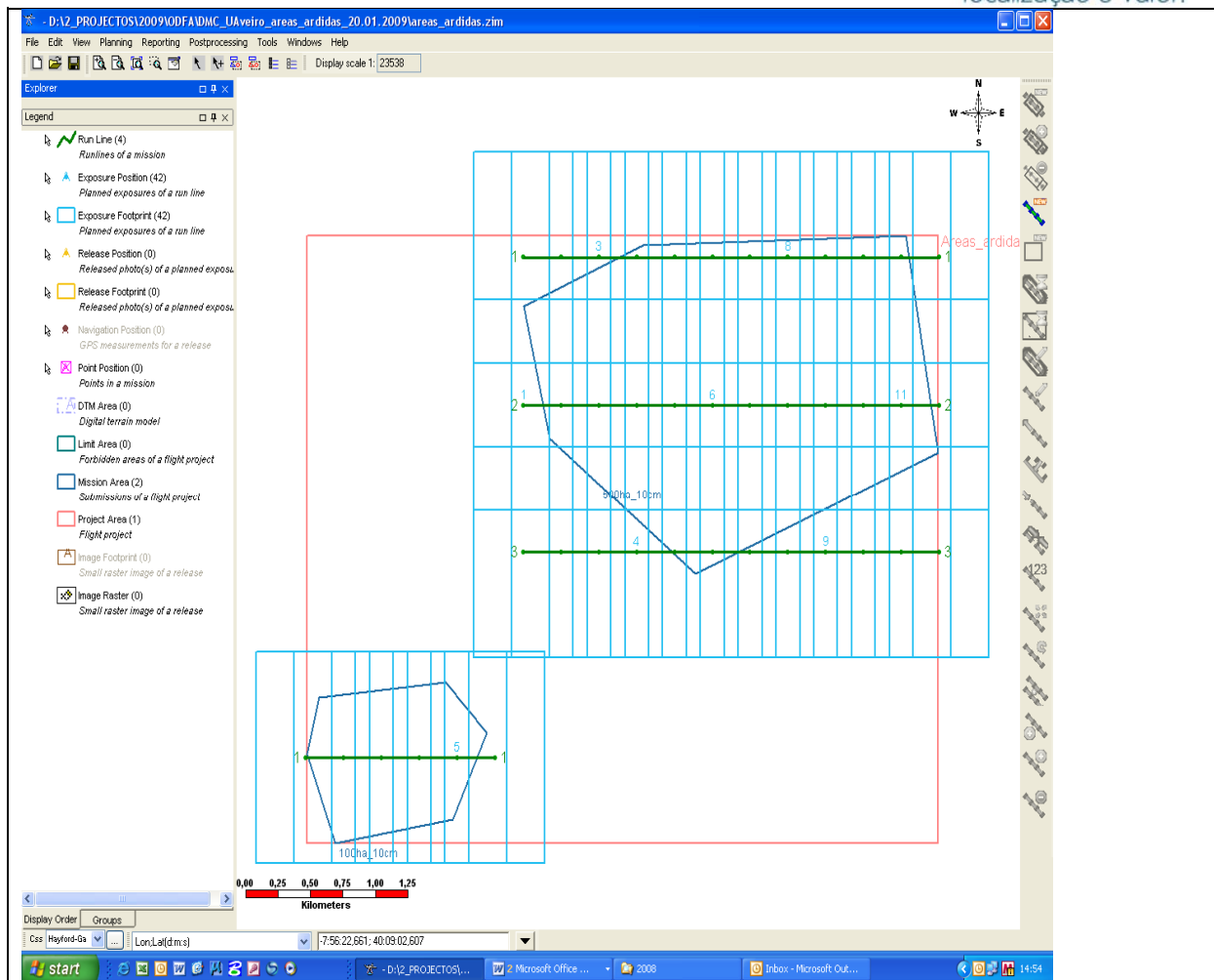
O **pedido de autorização de fotografia aérea** à Força Aérea Portuguesa será devidamente preenchido e solicitado mediante os dias previstos para o voo.

Todo o equipamento de armazenamento será no final verificado, para garantir a existência de espaço para arquivo das imagens obtidas.

Ferramentas de Planeamento

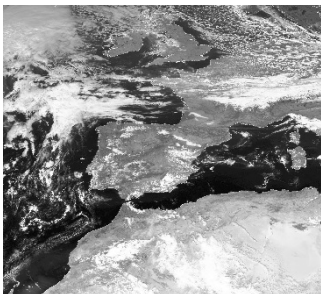
Como forma de facilitar e tornar mais preciso o planeamento utilizamos o software ZI Mission da Intergraph. Este software integra toda a componente de parametrização e execução de planos de voo em ambiente georreferenciado, permite importação de ficheiros de diversos formatos, exportação de esquemas para CAD e Google Earth, e disponibiliza relatórios de saída à medida para análise de planos de voo.

As coordenadas dos centros dos fotogramas são previamente definidas, facilitando a fase de execução de voo a qual depende essencialmente da simplicidade do GPS.



A.2: Execução dos Voos

Antes do voo será reunida **informação meteorológica** proveniente de cartas de superfície, cartas de tempo significativo, imagens de satélite, METAR e TAF por forma a garantir dentro do possível a realização de missões de sucesso na área a abranger.



Com meteorologia favorável serão ativadas as estações GPS em terra e desenvolvidas as missões, cumprindo o Plano de Voo definido.

Em termos operacionais, na **execução da Cobertura** serão introduzidos parâmetros em voo que asseguram desvios em relação à distância cardinal inferiores a 4º. Todos os desvios de verticalidade possíveis de acontecer devido à atitude da aeronave, serão corrigidos de forma automática pela plataforma giroestabilizada ZIMount.

A deriva será corrigida em toda a cobertura automaticamente pelo Sistema Inercial. Efeitos de arrastamento provocados pela progressão da aeronave serão eliminados pelo sistema TDI. Serão

utilizados recetores GPS que satisfazem os requisitos do Caderno de Encargos em conjunto com unidades de medição inercial.

Os voos vão decorrer por forma a obter imagens com resoluções médias no solo de 12cm a uma velocidade média de cruzeiro de 280Km/h.

Ferramentas de Gestão de Voo

Em voo, todo o Sistema é gerido com o apoio do Software ZI Inflight. O plano de voo é um ficheiro de base de dados, que possui o planeamento efetuado em gabinete e a informação de voo que vai ocorrendo à medida que o projeto vai sendo desenvolvido.

Ao nível de Interface gráfico, o operador tem acesso rápido e intuitivo ao plano, a cada uma das fiadas e à alteração da direção de entrada. Monitoriza com facilidade a posição da aeronave, a altitude atual e exigida, os tempos de execução, o angulo solar e o estado do sistema de armazenamento. Visualiza permanentemente e em tempo real uma imagem vídeo do terreno que lhe permite identificar nuvens, fumos, sombras, planos de água e outros fenómenos que possam afetar a qualidade da fotografia.

Todos os voos serão efetuados com o auxílio do GPS/INS que permite para além da obtenção das coordenadas dos centros e atitude do avião (ω , ϕ , κ) em regime de Processamento, a correção automática da deriva, garantindo-se a eficiência total neste parâmetro.

Com a aterragem da aeronave, no final da missão todos os **dados** gravados no disco aerotransportado SSD são depois conduzidos a Gabinete para cópia de segurança e processamento.

Na receção das Unidades Móveis de Armazenamento (SSD) em Gabinete, o primeiro passo será a descarga na estação de Leitura de SSD e a execução de uma cópia de segurança dos dados originais.

SSD – Sistema Revolucionário de

armazenamento de dados em voo

Estação de Leitura de SSD



A.3: Processamento de Imagem

O processamento de imagem tem como objetivo preparar as imagens originais para integração em Estações de Trabalho de Fotogrametria. A imagem adquirida é normalizada, verificada, retificada, codificada em termos de cor, formatada e disponibilizada para Processamento.

Nesta fase as bases de dados alimentadas em voo são carregadas, é definido o tipo de processamento a utilizar e os produtos finais a obter com o auxílio do software DMC Postprocessing.

Paralelamente são realizados estudos de imagens âncora, resultando do seu tratamento a parametrização para o restante projeto em software Digital Image Analyst.

O processamento de imagem propriamente dito consistirá no seguinte:

- 1) Processamento Radiométrico;
- 2) Processamento Geométrico;
- 3) Mosaico – geração de imagens virtuais;
- 4) Produção das imagens cor e compostas se solicitado.

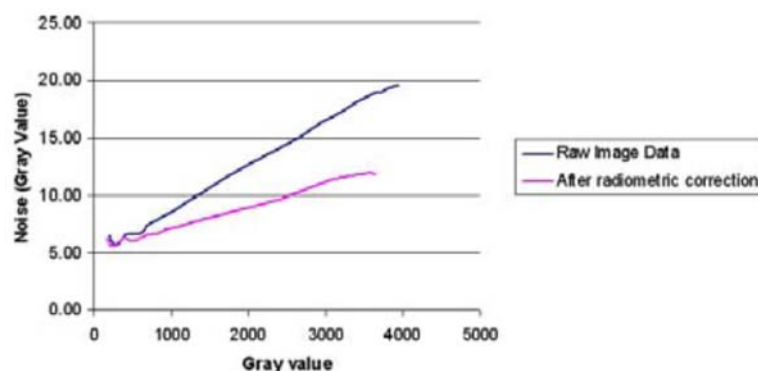
Processo Radiométrico

O Processo Radiométrico consiste na correção/compensação dos efeitos de temperatura, impurezas e outros ruídos existentes na atmosfera, no estudo da abertura do diafragma, na correção de pixels com defeito e influência de filtro (para correção nas imagens multiespectrais), entre outros fatores radiométricos. Nesta correção é tida em conta a sensibilidade individual de cada um dos pixels por CCD.

Desta forma, para a DMC, um pixel com defeito é identificado se a sensibilidade do pixel diferenciar em mais de 30% da mediana de uma moldura de 16x16 com luminosidade de 80% de saturação. A irregularidade em coluna é detetada quando o valor do pixel diferencia mais que 5% em relação à sua vizinhança. Com este método, é possível garantir que todos os pixels defeituosos são abrangidos.

O software DMC PostProcessing utiliza o algoritmo vizinho mais próximo para corrigir os erros originados pelo sensor nas imagens, durante a correção radiométrica. Durante este processo, todos os pixels são normalizados.

A variação individual da sensibilidade de cada pixel pode ser relacionada com o nível de ruído da imagem. A Figura seguinte demonstra que o ruído da imagem diminuiu após o processo de correção radiométrica (linha rosa).



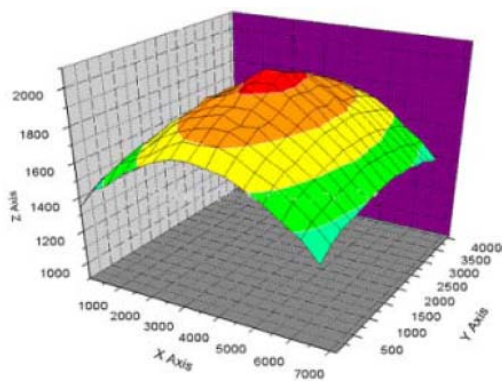
Fonte: *DMC Postprocessing Software User Guide*, Setembro 2009.

Esta diminuição de ruído pode atingir um máximo de 25 níveis de cinzento num intervalo radiométrico de 0 a 4095 níveis (12 bits).

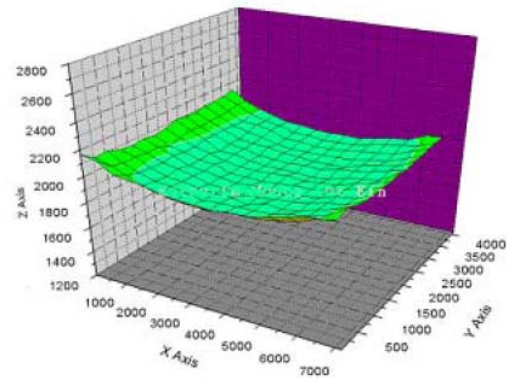
Com o processo de normalização, certas influências de abertura são também corrigidas. A calibração radiométrica vinda de fábrica tem como base uma abertura standard, isto é, usa uma abertura de 5.6. A correção para outro tipo de abertura será feita através de uma abordagem polinomial, que terá em conta todas as medições da abertura, já que, para os sensores PAN (Pancromático), a equação polinomial terá que ser obrigatoriamente diferente dos sensores multiespectrais (RGBI).

Após essas correções radiométricas, a imagem produzida apresenta valores uniformes, tal como se observa nas figuras seguintes.

- Antes da Correção Radiométrica



- Depois da Correção Radiométrica

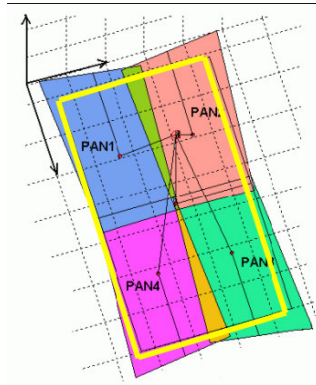


Fonte: DMC Postprocessing Software User Guide, Setembro 2009.

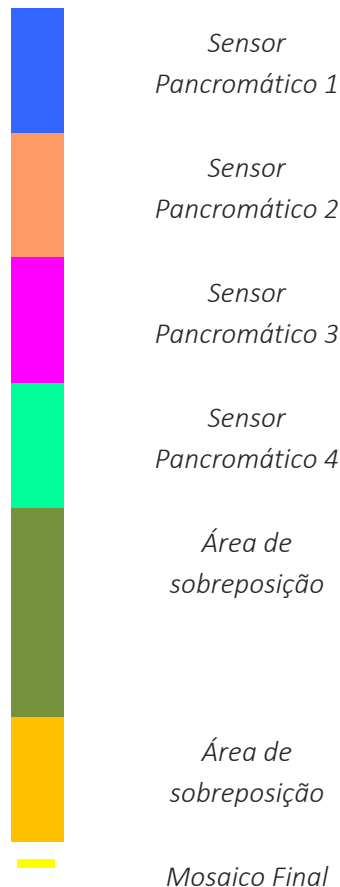
Processo Geométrico

Após o processo radiométrico das imagens que, de uma forma geral, é aplicado a toda a missão, os modelos das imagens intermédias PAN são geometricamente corrigidas, tendo como base a calibração efetuada a cada um dos cones do sensor. Essa correção é feita ao nível da distorção causada pela curvatura da lente do sensor e inclinação das diferentes imagens PAN. No mesmo momento, estas 4 imagens PAN são combinadas para formar o mosaico final, que terá a resolução e tamanho máximo possível, isto é, 7680 por 13824 pixéis a 12 bits.

— Funcionamento dos 4 sensores pancromático da DMC



Fonte: Adaptado de *DMC Practical Experience and Accuracy Assessment*, 2004.



As imagens multiespectrais são igualmente corrigidas ao nível da geometria de forma a anular a distorção provocada pela lente do sensor. No entanto, ao contrário das imagens PAN, as imagens multiespectrais são combinadas através da transformação projetiva. O software possibilita diferentes tipos de algoritmos de transformação para atingir os melhores resultados. No entanto, o algoritmo utilizado na maioria das vezes é o ajustamento por mínimos quadrados.

Este algoritmo calcula a distância mínima de uma função de duas variáveis, ou seja, calcula o coeficiente linear e angular da recta construída a partir da distância entre os valores da imagem e os valores da recta. O modo de obter a “melhor recta” minimiza a soma quadrática das diferenças entre os valores da imagem e os valores da recta.

Durante a cobertura aerofotográfica não é necessária a recolha de informação com máxima resolução para a cor, uma vez que o olho humano é menos sensível à cor do que ao contraste e brilho, razão pela qual a DMC regista apenas com máxima resolução as imagens PAN. Esta situação só é possível porque no processo de correção geométrica o software DMC PostProcessing é capaz de realizar a fusão entre as imagens de máxima resolução e as de baixa resolução. Este método de fusão tem o nome de PAN Sharpening.

O método PAN Sharpening combina a máxima resolução das imagens PAN com o espectro das imagens multiespectrais criando desta forma imagens de alta resolução radiométrica, geométrica e espectral.

Para realizar esta operação, enumeram-se dois tipos de algoritmo: o HSV-Transformation e o Brovey Transformation, cuja utilização depende da tipologia do território e do produto final. No entanto, o algoritmo mais utilizado é o Brovey Transformation.

Este algoritmo parte do pressuposto que os 4 cones multiespectrais têm a mesma sensibilidade que os sensores PAN. Desta forma, correções ao nível do Infravermelho próximo para imagens CIR e/ou correções na banda do Azul para imagens RGB não são necessárias. Com este algoritmo, o aspeto da cor pode ser influenciado com o alongamento do histograma.

Partindo deste princípio existem 2 opções segundo o resultado pretendido: Fixed Parameters Option, onde se especifica que o histograma mantém o mesmo intervalo, ou Statistic Parameters, que calcula para cada imagem um histograma, com flutuante mínimo e máximo, a partir da informação recolhida no processo radiométrico.

Análise da Imagem

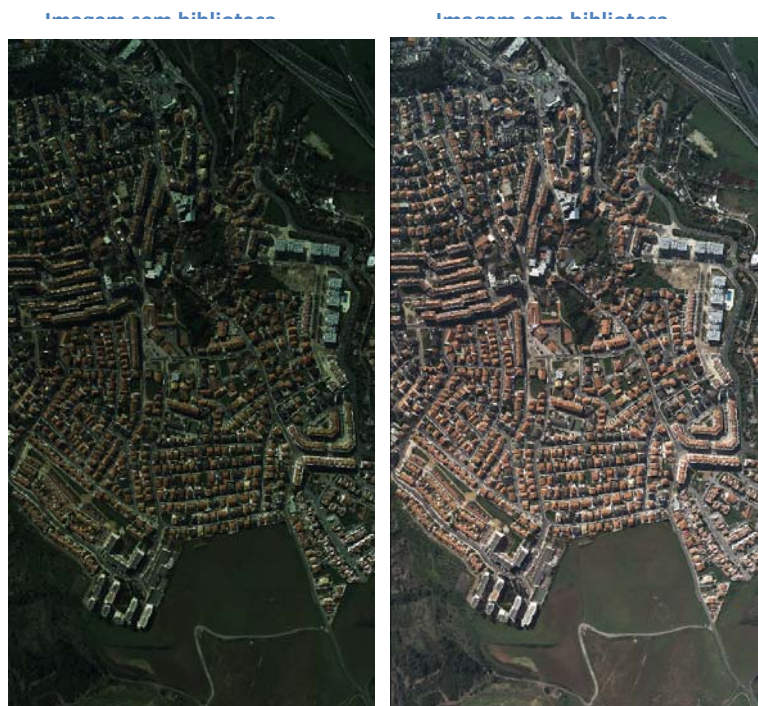
Apesar de todas as calibrações realizadas através do DMC PostProcessing, estas não são suficientes para corrigir as distorções causadas por fatores como as condições meteorológicas e a tipologia do território (se é urbano, ou não urbano, com ou sem vegetação, solo a descoberto, etc.). Para esse tipo de correções são criadas Bibliotecas de parâmetros que homogeneizem o máximo possível as imagens que constituem o voo.

Na geração dessas bibliotecas utiliza-se o software DIA – Digital Image Analyst – para equilibrar a cor das diferentes bandas que compõem a imagem, bem como o seu gama.

Este ficheiro produz alterações nos valores da tabela pré-definida para processamento.

Após a criação das Bibliotecas, as mesmas são introduzidas no processo geométrico, para a geração do produto final com os novos valores (Nível 3).

Após todo o processo, é efetuado um Controlo de Qualidade Interno que não permite a entrega de imagens com níveis digitais vazios e garante que mais de 95% das imagens tem índices de saturação inferiores a 0,5% por cada banda nos extremos dos histogramas.



A.4: Processamento GPS/INS

O processamento dos dados do Sistema Inercial, em conjunto com os dados GPS da aeronave e de terreno, permite obter os parâmetros de orientação externa com precisão, anulando muito do trabalho de apoio de campo que existia após execução de fotografia aérea convencional. Atualmente aplica-se o controlo de campo em substituição do apoio de campo.

Processamento GPS/INS

A crescente necessidade de redução de custos no apoio fotogramétrico, associada à evolução tecnológica dos equipamentos que tornam o seu custo substancialmente mais baixo, faz surgir no mercado sistemas alternativos às técnicas clássicas de georreferenciação da fotografia aérea.

O sistema alternativo mais coerente é a integração de um sistema DGPS/INS em voo e neste caso específico na fotografia aérea digital.

Este tipo de sistema consiste no cálculo dos parâmetros de orientação externa utilizados na aerotriangulação, nomeadamente das coordenadas do centro de cada fotograma e dos ângulos de posicionamento da câmara no momento do disparo (ω , ϕ e κ).

A combinação dos sistemas Inercial e GPS\GNSS (Global Position System\Global Navigation Satellite System) permitem uma melhoria significativa no processamento tanto dos dados Inerciais, como dos dados GPS, atingindo precisões posicionais de alguns centímetros.

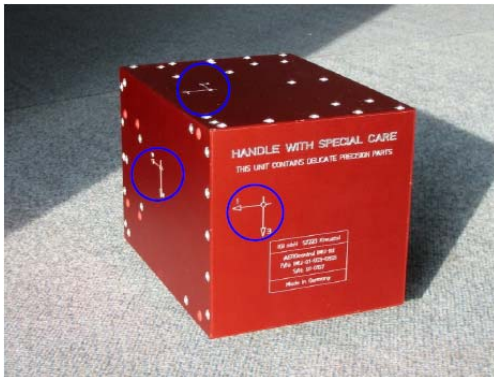
A aplicação desta técnica permite não só reduzir substancialmente o apoio de campo anteriormente necessário, mas também determinar os parâmetros ω , ϕ e κ , oferecendo uma *performance* ímpar no processo de aerotriangulação.

As técnicas DGPS/INS são hoje utilizadas não só na fotografia aérea digital e analógica, mas igualmente em diversos tipos de sensores aerotransportados (ex: LIDAR, SAR, sensores térmicos etc.).

Constituição do Sistema GPS/INS – Equipamento / dados input

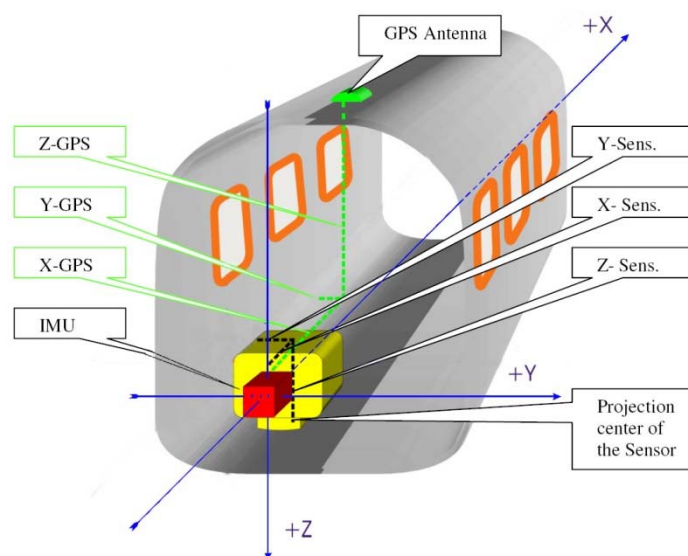
A aquisição de dados em voo para este processo depende da utilização dos seguintes equipamentos:

- 1) IMU (Inertial Measurement Unit) com um GPS integrado, constituído por dois módulos:
 - a. Unidade Inercial propriamente dita, que se encontra acoplada à câmara aérea DMC. Este módulo contém um conjunto de giroscópios de fibra óptica e um conjunto de acelerómetros que permitem realizar as leituras angulares, velocidades e acelerações gravitacionais da plataforma onde se encontra montado;
 - b. O segundo é o AEROControl, CPU que regista as leituras da unidade inercial e do GPS, tendo por isso instalado internamente o recetor GPS\GNSS.



- 2) **GPS\GNSS integrado com o sistema Inercial.** Equipamento de dupla frequência L1 e L2 da NOVATEL, modelo OEM4 de 24 canais e que permite a receção do sinal das constelações GPS (Global Position System) Americana e GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) Russa. A antena encontra-se montada na parte superior da fuselagem do avião.

Para que o processamento considere corretamente o ponto de leitura dos dados, após instalação destes equipamentos, são devidamente calculadas as diferenças (offsets) entre a unidade de medição inercial e a antena GPS. Neste caso são utilizadas observações recolhidas com estação total, com leituras realizadas em modo direto progressivo e modo inverso regressivo, permitindo calcular de forma redundante os offsets entre o IMU e a antena GPS com precisão milimétrica.



AEROControl – CPU de registo dos dados GPS-GNSS\INS

Em termos de softwares para processamento dos dados GPS/INS, são utilizados os seguintes:

- 1) AEROoffice – pré e pós processamento dos dados GPS/INS;
- 2) Waypoint Grafnav – pós processamento dos dados GPS.

O AEROoffice é o software que permite descarregar a informação da unidade de medição inercial AEROControl, pré processar a mesma de modo a separá-la em dados inerciais e dados GPS, e efetuar o processamento integrado dos dados Inerciais e dos dados GPS pós processados.

O software Grafnav permite realizar o processamento dos dados GPS\GNSS provenientes do pré processamento dos dados IMU no AEROoffice, sendo nesta fase integrados os dados finais do processamento GPS no pós processamento do AEROoffice.

Breve Descrição do Processo de Cálculo

Para efetuar o cálculo são necessários dois processamentos: um relativo aos dados Inerciais no AEROoffice e outro relativo aos dados GPS no Grafnav.

O primeiro passo do processamento integrado GPS/INS é constituído pela importação dos dados conjuntos de Inércia e GPS brutos (provenientes do AEROControl) acrescidos do pré-processamento para separação em 2 tipos de informação: os dados inerciais propriamente ditos, que nos vão permitir calcular todas as direções e/ou inclinações (phi, omega, kappa ou roll, pitch e yaw) das fotografias nos instantes dos disparos, e os dados GPS brutos.

Depois de pré-processados os dados no AEROoffice são pós-processados os dados brutos GPS provenientes do avião (com o pré-processamento em AEROoffice). Para efetuar este pós processamento diferencial são necessários, para além dos dados brutos GPS, os dados GPS das estações GPS no terreno, de modo a proceder às correções diferenciais de todas as posições GPS recolhidas pelo recetor integrado na unidade inercial.

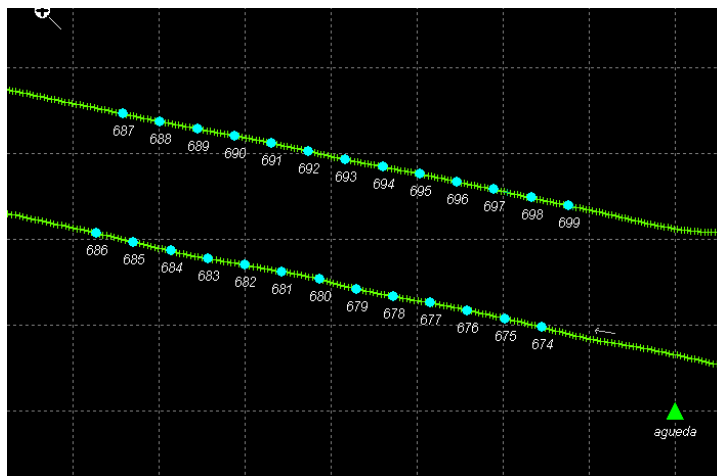
O planeamento das estações fixas para recolha de dados GPS é realizado de acordo com o critério de distância entre elas, garantindo no mínimo que existe uma estação fixa no terreno a uma distância máxima de 40km para cada disparo, ou o definido em Caderno de Encargos, o que for menor. Sempre que este critério não se verifique, é necessário instalar estações em vértices geodésicos de primeira ou segunda ordem de modo a garantir a distância mínima (ver figura na fase de planeamento de voo).

Devido ao facto do GPS do avião recolher uma leitura a cada meio segundo, e os dados das estações de referência efetuarem leituras com uma periodicidade de um segundo, existe a necessidade de proceder a uma interpolação dos seus dados para intervalos de meio segundo.

Todos os dados GPS depois de transformados são devidamente verificados e, em caso de necessidade, os dados de Doppler são recalculados quando estejam em falta. Este fator pode ser determinante, nomeadamente na propagação do sinal GPS, uma vez que permitem compensar a variação de frequência a que o sinal está sujeito ao longo do seu percurso entre o satélite e o recetor GPS.

No processamento é normalmente utilizado um ângulo de máscara de 12.5°. Em caso de necessidade pode ser reduzido com segurança até 10°, se o nº de satélites não for suficiente para obter uma solução fiável.

Para que a solução GPS seja a melhor possível, a rota do avião é processada no sentido direto e no sentido inverso, criando uma série de redundâncias importantes para o cálculo dos dados finais de processamento.



Trajétória resultante do processamento combinado.

O processamento dos dados GPS recorre a algoritmos específicos utilizados em processamento cinemático OTF (On The Fly), como é o exemplo do KAR (Kinematic Ambiguity Resolution).

Os resultados são sempre avaliados cuidadosamente num primeiro processamento e podem impor-se restrições *a posteriori*, ou mesmo adicionar dados, para melhorar a solução. Após este primeiro processamento GPS são verificados

diversos parâmetros de controlo para assegurar

a qualidade dos dados.

Caso a solução não seja satisfatória podem ser utilizadas efemérides de precisão ou mesmo modelos ionosféricos.

A última fase do processo global de cálculo GPS/INS consiste no processamento integrado dos dados GPS pós processados e dos dados inerciais.

No fim do processamento são averiguados os dados de processamento final através da comparação entre ambos os dados, confirmando a inexistência de discrepâncias, garantindo a coerência e ausência de falhas.

Para a saída final de dados será aplicada uma correção aos ângulos do IMU, sendo para o efeito utilizados os parâmetros de desalinhamento, que devem ser previamente calculados a partir de um campo de calibração.

Neste campo de calibração são efetuados pontos de controlo, é realizada a cobertura aerofotográfica do mesmo e com utilização dos pontos levantados a respetiva triangulação aérea através do método clássico (orientação interna, relativa e absoluta).

Após conclusão da triangulação aérea são exportados os parâmetros da orientação externa nela calculados e importados para o software de processamento GPS/INS, resultando numa comparação entre os dados independentes da triangulação aérea e os dados provenientes do processamento integrado GPS/INS.

Com esta comparação são calculados os ângulos de desalinhamento da unidade de medição inercial relativamente ao sensor (DMC), bem como os desvios dos centros em X, Y e Z.

Uma vez finalizado o processamento dos dados GPS/INS, estes são exportados para os sistemas de coordenadas pretendidos, com os parâmetros de calibração devidamente aplicados, bem como as devidas correções (convergência de meridianos) introduzidas nos dados de saída.

Os dados finais de saída consistem nas posições de cada um dos centros dos disparos e dos ângulos de orientação das respetivas fotografias.

Com este procedimento o sistema integrado GPS/INS permite alcançar precisões que os dois sistemas a funcionar de uma forma independente não conseguiriam.

Por um lado o sistema integrado permite utilizar o melhor que cada um dos sistemas tem e por outro, aproveitando a comparação de dados entre eles, verificar e corrigir erros, consistindo num sistema de global complementaridade entre duas ferramentas.

A.5: Organização das Missões e Controlo de Qualidade

A Municípiã, E.M., S.A. promove uma política proactiva de qualidade e aplica o mote “prevenir é melhor que remediar”. Isto significa que todas as fases do projeto serão delineadas e descritas em Procedimentos Operacionais, o mais detalhado possível. Desta forma é efetuada uma previsão dos riscos e assegura-se a qualidade do trabalho.

A utilização dos equipamentos mais avançados tecnologicamente, tanto na fase de voo como no processamento, aliada ao desenvolvimento interno de softwares específicos para controlo de qualidade, permitem assegurar a rapidez dos processos e a eliminação dos elos fracos da cadeia de qualidade.



A Municípiã é certificada em todas as suas áreas de atividade pela **Norma NP EN ISO9001:2000**.

O Sistema de Gestão da Qualidade foi implementado tendo em consideração diversas linhas estratégicas: Definição de instruções para subcontratos, Inspeção das mercadorias, Delineação de cronogramas de produção, Controlo contínuo, Controlo de procedimentos operacionais,

Controlo dos materiais a entregar, Manutenção regular de equipamento e software e proteção de dados.

Para que o Sistema funcione de forma eficiente, após o processamento dos dados as missões são devidamente organizadas. Com o auxílio dos dados provenientes do software de gestão de voo proceder-se-á ao preenchimento do **Relatório Técnico Operacional de Missão**, onde constarão todos os elementos da missão, desde o piloto e navegador, ao equipamento utilizado, data e hora de tomada das imagens, designação e direções de voo, entre muitos outros elementos que permitirão a análise cronológica de todo o voo.

Seguidamente será elaborado o **Esquema de Cobertura** com indicação inequívoca do número e direção das fiadas, número das imagens, número das missões e datas e a respetiva reconstituição da linha de voo.

A listagem das **coordenadas dos centros dos fotogramas**, incluindo parâmetros de rotação provenientes da Unidade de Medição Inercial, informação sobre a câmara utilizada e respetivo sistema utilizado, será organizada segundo a identificação do fotograma.

Todas as imagens serão devidamente identificadas em correspondência direta com o Relatório Técnico Operacional, o respectivo Esquema de Cobertura e a nomenclatura do Caderno de Encargos.

Em todas as fases decorrentes da execução do projeto serão utilizados mecanismos de redundância e de controle, para evitar erros que coloquem em risco fornecimentos de qualidade.

DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE	
B - Apoio Fotogramétrico	
OBJECTIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> - Coordenar pontos fotogramétricos que permitem georeferenciar a cobertura fotográfica. - Esta actividade constitui um input para a actividade seguinte. 	
DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA	
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:</p> <p>B.1: Planeamento do Apoio de Campo.</p> <p>B.2: Coordenação de Campo.</p> <p>B.3: Pós-processamento e organização dos dados e relatório</p> <p>.METODOLOGIA:</p> <p>O workflow para a execução desta actividade é a seguinte:</p>	
<p>B.1: Preparação do Apoio de Campo</p>	

Numa primeira fase e em gabinete inicia-se a preparação de todo o trabalho a ser realizado em campo, marcam-se sobre as fotografias aéreas (impressas) a localização aproximada dos PF's, identificam-se os vértices geodésicos necessários à coordenação de todo o trabalho.

Os pontos serão marcados com especial cuidado, para que todos os requisitos do caderno de Encargos relativamente ao Apoio Fotogramétrico e Triangulação Aérea sejam cumpridos.

Uma vez que a Municípiã executará a cobertura aérea digital, obteremos após o seu processamento as coordenadas de cada centro de imagem e a sua atitude, isto é os ângulos ómega, phi e kappa de cada imagem aérea. Com estes dados e com os pontos fotogramétricos recolhidos nesta actividade a Municípiã executará o processo de Triangulação Aérea (próxima actividade).

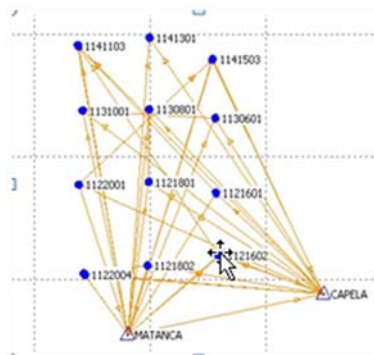
B2. Coordenação Pontos Fotogramétricos (PF's)

Para a tarefa de observação temos de alguma forma a tarefa das estações de referência facilitada uma vez que, se a Entidade Adjudicante concordar, a Municípiã utilizará a estação fixa da RENEPA para a coordenação dos pontos fotogramétricos, e o estacionamento de um equipamento GNSS de dupla frequência num vértice geodésico de primeira ordem

Portanto em função do local previamente estipulado pelo coordenador de campo as equipas de campo utilizarão sempre o vértice da RENEPA da DGT ou o vértice de 1ª ordem, consoante o seu local de trabalho.

Em campo o operador escolherá, o melhor ponto possível dentro da área anteriormente escolhida. Os equipamentos GPS a utilizar serão de dupla frequência e os indicados na nossa relação do equipamento.

Exemplo da Coordenação de um Ponto fotogramétrico e estacionamento num geodésico:



B.3: Pós-processamento e organização dos dados e relatório

Todas estas observações serão posteriormente compensadas em bloco permitindo-nos assim realizar uma verificação da rede de pontos adquirida e obter uma consistência na rede de apoio

fotogramétrico criada. Para a compensação do bloco será utilizado o *software* específico de ajuste de redes, o Geoffice da Leica.

Serão coordenados pontos em número suficiente para se produzir uma solução por aerotriangulação.

Para todos os pontos fotogramétricos coordenados será elaborado um croqui de localização juntamente com uma fotografia.

Será fornecida uma base de dados com todos os pontos fotogramétricos adquiridos, bem como os vértices geodésicos utilizados. Esta base de dados incluirá o croqui, a fotografia, as coordenadas, o tempo de observação, a identificação do operador, a descrição da sua localização e a indicação da cota do terreno e no sinal sempre que exista.

Exemplo de um Croqui extraído da Base de dados:



PROJECTO Nº

3719

CP PP PRAIA DAS MAÇÃS

CONTROLO POSICIONAL DA CARTOGRAFIA

Nº PONTO

18

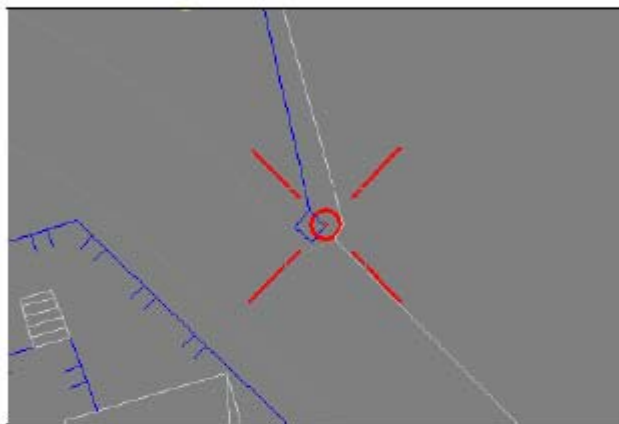
Nº CARTA

415_2_13_4_4

SISTEMA DE PROECÇÃO

Datum 73

EXTRACTO DA CARTOGRAFIA COM LOCALIZAÇÃO DO PONTO



COORDENADAS OBTIDAS POR
GPS NO TERRENO

M (m):

-115303.920

P (m):

-90927.514

COTA (m):

50.029

FOTOGRAFIA DO PONTO



DATA:

20 Junho 2013

OPERADOR:

Pedro Vaz Neto

DESCRIÇÃO PF na esquina do muro. Alt=1.75M

Cota no terreno.

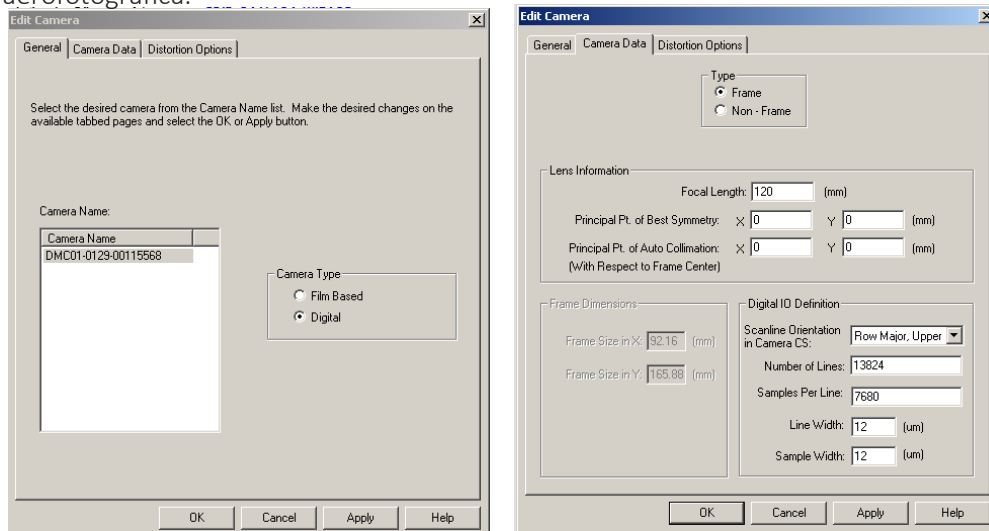
IMP.DF.003.02

DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE
C – Triangulação Aérea
OBJECTIVOS
<p>- Obter as coordenadas terreno de toda a cobertura fotográfica.</p> <p>Esta actividade constitui um <i>input</i> para a actividade seguinte.</p>
DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:</p> <p>C.1: Preparação dos dados;</p> <p>C.2: Processamento da Triangulação Aérea</p> <p>C.3: Análise e verificação dos dados/Relatório Final</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>O objectivo da triangulação aérea é a determinação das coordenadas terreno dos pontos de apoio em todos os modelos ou fotografias do bloco e transformá-las por um modelo matemático que traduza a condição de que a cada ponto objecto corresponde uma única coordenada objecto, qualquer que seja o modelo e fotografias (bloco) onde apareça a sua imagem espaço – permite determinar a posição e a atitude no instante da tomada de cada foto. Este método de posicionamento surge em resposta ao elevado custo e demora das técnicas de posicionamento terrestre. Atualmente e com os sucessivos desenvolvimento tecnológicos, surgiu um método alternativo (à coordenação de pontos identificáveis na fotografia e no terreno, os pontos fotogramétricos (PF's)) este método alternativo permite, que uma cobertura aérea fotográfica, realizada com uma câmara fotogramétrica associada a um sistema GPS/INS, a determinação da posição e da atitude de toda cobertura fotográfica logo após o processamento das imagens e dos dados recolhidos durante o voo.</p> <p>A triangulação aérea automática (TAA) surge com o objectivo único de automatizar as medições das coordenadas imagem de pontos e sua marcação minimizando a intervenção do operador. Para atingir seu objectivo, utiliza um método de correspondência digital de imagens, traduzida pelas equações de colinearidade entre o ponto imagem, centro de projecção e o ponto objecto (projecção central). Utiliza um algoritmo que associa automaticamente duas zonas correspondentes em, pelo menos, duas imagens digitais homólogas. No início da correspondência de imagens, é utilizada a correlação de duas amostras para medir a coincidência entre duas zonas de imagens homólogas.</p> <p>As rotinas da TAA tratam as imagens digitalizadas por processos de processamento de imagem para simplificação da informação, que depois de reduzidas às suas estruturas mais marcantes, operadores de correlação de imagens determinam automaticamente pontos homólogos e suas respectivas coordenadas foto nas duas imagens de um modelo.</p>

C.1 : Preparação dos Dados

Para a criação do projecto, recorre-se ao software ImageStation Automatic Triangulation da ZIImaging (ISAT) segue-se a importação de todos os dados referentes à cobertura aérea, ou seja a orientação da câmara e das imagens(ω , Φ , κ) e a posição (X_o , Y_o , Z_o) do ponto principal da fotografia no momento da sua exposição.

As características da câmara aérea utilizada; neste caso a DMC já apresentada na actividade da cobertura aerofotográfica.



Segue-se a introdução dos pontos fotogramétricos coordenados no ficheiro de pontos de controlo da Triangulação aérea.

Após termos importado todos os dados referentes ao voo, e aos pontos fotogramétricos poderemos dar início ao processo de Triangulação Aérea automático.

C.2: Processamento da Triangulação Aérea

Após o projecto completo com a inserção de todos os dados, iniciamos o processo de medição de todos os Pontos Fotogramétricos existentes no bloco e coordenados na fase anterior. A Município utiliza as estações fotogramétricas digitais para a leitura dos pontos fotogramétricos a 3 dimensões. Desta forma diminuimos erros que podem ocorrer de leituras erradas destes pontos.

Após a leitura destes pontos no software de triangulação aérea automática, procede-se à formação dos blocos e ao processamento automático da Triangulação Aérea.

C.3: Análise e verificação dos dados/Relatório

O processamento/ajustamento tem em si três fases, numa primeira fase o *software* medirá e de forma automática **pontos de passagem** (que estabelecem a ligação entre imagens consecutivas de uma fiada) e **pontos de ligação** (que estabelecem a ligação entre fiadas de fotografias), serão estes os pontos que determinam a Orientação Relativa automática, nesta fase é estabelecido o referencial modelo. Depois

desta fase concluída e aceite, executamos o primeiro ajustamento da Triangulação Aérea do bloco, após o qual se observam os resultados.

Numa segunda fase, e também para efeito de controlo dos dados importados, fazemos um ajustamento com a leitura de Pontos Fotogramétricos (PF's) ou de Vértices Geodésicos (VG's) que têm coordenadas terreno conhecidas, nesta segunda fase os PF's têm um peso superior ao peso dos Pontos de passagem e de ligação durante o ajustamento. Posteriormente, será efectuado um ajustamento mais refinado, em que todos os pontos, tanto os PF's como os de passagem terão exactamente o mesmo peso no ajustamento e como resultado teremos todos os pontos com coordenadas terreno conhecidas e a Triangulação Aérea Automática concluída.

Na fase final observamos os resultados (resíduos) obtidos para todos os pontos fotogramétricos e verificamos a sua conformidade com as precisões exigidas no Caderno de Encargos.

<p align="center">DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE</p> <p align="center">D – Restituição Planimétrica e Altimétrica</p>
<p align="center">OBJECTIVOS</p>
<p>A restituição fotogramétrica tridimensional tem por objectivo constituir ficheiros tridimensionais com a informação essencial à geração do Modelo Digital do Terreno e para a obtenção do Modelo Numérico Topográfico.</p> <p>Esta actividade constitui um input para todas as actividades posteriores.</p>
<p align="center">DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA</p>
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:</p> <p>D.1: Aquisição vectorial dos dados altimétricos e planimétricos.</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>Os dados de <i>input</i> são os resultados e dados da triangulação aérea e as imagens aéreas digitais.</p> <p>A preparação da restituição abrange uma série de tarefas tais como, preparação do enquadramento de trabalho e definição das áreas a restituir, preparação do workflow de trabalho que define todas as especificações técnicas inerentes ao projecto e onde estão discriminadas as regras de aquisição dos elementos, regras estas que estão especificadas no Caderno de Encargos.</p> <p>O processo de aquisição de dados com utilização de estações fotogramétrias digitais é feita, a partir directamente dos modelos estereoscópicos aerotriangulados.</p> <p>Os dados a vectorizar incidirão nos elementos planimétricos e altimétricos necessários à correcta representação do terreno e respectivo relevo e constituirão a base para obtenção do ficheiro final.</p> <p>A Municípiã utiliza nesta fase de captura de vectores o software de multicodificação de objectos – NgXis, correndo esta aplicação sobre ambiente MicroStation. Esta aplicação funciona em redor do conceito de codificação múltipla de elementos gráficos. Segundo este conceito, um elemento gráfico pode ser classificado de várias formas, consoante as suas funções, ou entidades que representam (e.g. estradas e habitações unifamiliares, etc.).</p> <p>Como um elemento gráfico pode representar uma ou mais entidades, cada entidade terá associado um código único, representado por um número inteiro. A relação que associa códigos a entidades encontra-se descrita num Catálogo de Objectos (onde se encontram discriminadas todas as entidades e respectivos códigos). Assim, no momento da sua restituição, quando se pretende classificar um elemento gráfico, basta associar-lhe o código, ou códigos, referentes às respectivas entidades que este representa no terreno.</p> <p>Será nesta fase, que serão igualmente adquiridos e de acordo com as ET:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ponto De Cota no Topo do Edifício;

- Ponto de Cota na Base do edifício;
- E serão adquiridos os Eixos de Via a 3D:

A aquisição de dados altimétricos (para geração da altimetria/curva de nível) será composta por uma rede de pontos adquirida nos modelos estereoscópicos aleatoriamente mas manualmente, de todas as breaklines (linhas de mudança de declive), pela rede hidrográfica, pela rede viária e elementos do relevo. Sempre que necessário o operador adensará a malha de pontos, em locais específicos tais como em taludes, pontes, viadutos, zonas planas, cruzamentos, estradas e caminhos, desníveis pronunciados e outros pontos relevantes de forma a assegurar a perfeita definição da representação tridimensional do terreno.

Ao longo da aquisição da informação vectorial é efectuado um controlo de qualidade sobre uma amostra aleatória para validação do grau de pormenorização e classificação da informação adquirida por parte dos operadores fotogramétricos.

Para facilitar o completamento de campo, sempre que ocorram pormenores em que operador não consiga visualizar, este colocará um elemento gráfico de modo a que na fase seguinte da completagem de campo os técnicos poderão completá-los sem haver omissões.

DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE	
E – Geração do Modelo Numérico Altimétrico	
OBJECTIVOS	
- Geração do modelo numérico numérico altimétrico a partir dos elementos adquiridos na actividade anterior.	
DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA	
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:</p> <p>E.1: Importação dos dados altimétricos da restituição</p> <p>E.2: Geração do Modelo Numérico Altimétrico.</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>A partir dos elementos altimétricos adquiridos na fase anterior da restituição tridimensional, em formato .DGN, proceder-se-á à construção do MNA.</p> <p>E.1 Importação dos dados altimétricos da restituição</p> <p>A partir dos elementos adquiridos na actividade anterior, em formato <i>DGN</i>, proceder-se-á à construção do modelo de triângulos, utilizando o <i>software Modular GIS Environment - Terrain Analyst</i>, não se utilizará a inferência de linhas de quebra, uma vez que estas existem fisicamente no ficheiro.</p> <p>Os elementos a importar são os seguintes:</p> <p>elementos pontuais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pontos de cota, <p>elementos lineares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • breaklines, • talwegues, • linhas de cumeeira, • socalcos, • taludes, • hidrografia • rede viária. 	

elementos de área:

- área planas, limites,
- Limite de albufeiras
- Lagoas

E ainda a Rede geodésica existente.

Depois de definidos os parâmetros da criação das curvas de nível (do tipo Line String) contínuas e geradas com a equidistância de 2 metros, o software posiciona as curvas de nível sobre o ficheiro de trabalho em formato .DGN.

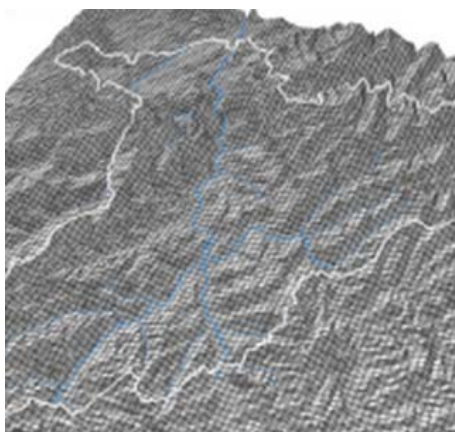
Através de processos específicos, será verificada e confirmada a monotonia decrescente e a precisão dos elementos hidrográficos. A Municípiã possui processos que validam também a informação altimétrica (curvas de nível) com todos os elementos que as intersectam e que as rodeiam, nomeadamente elementos do relevo, hidrografia, pontos de cota e vias de comunicação.

E.2: Geração do Modelo Numérico Altimétrico (MNA)

Após a verificação da consistência de todos os elementos a 3 dimensões será criado o ficheiro MNA, este ficheiro é criado a partir dos elementos tridimensionais dos domínios da Rede Geodésica, altimetria 3D e hidrografia 3D, contantes no Catálogo de Objectos, depois de editados, conforme especificado nos parágrafos anteriores.

Com base nos ficheiros dos modelos de triângulos, em formato *TTN*, far-se-á a geração dos ficheiros GRD com uma espaçamento de 2 metros em M e P, Modelo Matricial em formato ASCII por folha.

Exemplo de um ficheiro GRD:



DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE	
F – Geração do Modelo Digital do Terreno e Ortorrectificação	
OBJECTIVOS	
Geração do modelo digital do terreno e Ortorretificação - geração, mosaico e corte dos ortofotomapas.	
DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA	
<p>TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:</p> <p>F.1: Geração do modelo digital de terreno (MDT);</p> <p>F.2: Ortorrectificação e Mosaico;</p> <p>F.3: Corte de imagens e edição final dos ortofotomapas;</p> <p>METODOLOGIA:</p> <p>F.1: Geração do modelo digital de terreno (MDT);</p> <p>A partir dos modelos estereoscópicos foram adquiridas breaklines, hidrografia, acidentes topográficos e pontos cotados, e com base nessa informação será gerado o modelo digital do terreno.</p> <p>F.2: Ortorrectificação e Mosaico;</p> <p>A metodologia de trabalho para a produção de ortofotocartas digitais apresentada nesta proposta baseia-se na ortorretificação digital de imagens aéreas por processo de estereo-correlação. Utilizaremos para a ortorretificação todas as imagens aéreas incluídas na atividade da aerotriangulação para a área definida.</p> <p>A ortorretificação de imagens fotográficas é uma técnica de correção dos efeitos de perspectiva da projecção central (cónica) fotográfica e das distorções provocadas pela inclinação da fotografia e pelo modulado do terreno. Então, para conservar a enorme informação contida num fotograma e apresentar a carta como uma fotografia, procede-se à retificação diferencial de elementos de modo que não existam quaisquer descontinuidades entre estes elementos. O resultado final é um ortofotomapa que tem o rigor métrico cartográfico da sua própria escala.</p> <p>Dados de partida</p> <p>Para a produção de ortofotocartas, é necessário dispor dos seguintes dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imagens digitais; - Ficheiro de geometria da foto proveniente da triangulação aérea; 	

- DTM (modelo digital do terreno) numa malha de pontos (grid) suficientemente rigorosa, em função da tipologia do terreno e da escala/altitude de voo.

A ortorretificação é um processo de “resampling” da imagem, para corrigir o efeito geométrico e de variações do terreno. Neste processo são introduzidos os parâmetros e critérios como resolução, retificação e elevação necessários para satisfazer as exigências do Caderno de Encargos.

A ferramenta utilizada na retificação diferencial (**OrthoMaster**) além de fazer a retificação diferencial de cada imagem, permite ainda proceder a ajustes prévios em termos de radiometria das imagens, antes de se proceder à sua ortorretificação. Esta é executada segundo o conceito de “orthoareas”, ou seja, apenas é retificada a zona útil de cada imagem e não a sua totalidade como anteriormente sucedia. Este método possui ganhos significativos em termos de tempo de operador e desempenho da máquina. Após este processamento são alvo de controlo de qualidade os possíveis erros grosseiros, que podem motivar o retorno dos dados adquiridos à correção do modelo digital de terreno e consequente ortorretificação das imagens. Será utilizado um pixel de 10 cm na ortorretificação.

O Mosaico consiste na junção das IMAGENS ortorretificadas numa única imagem, através de linhas de costura (“seamlines”) digitalizadas nas margens de sobreposição que existem entre as fotos. O *software* da Inpho **OrthoVista** define automaticamente, tantos polígonos quantas as imagens inseridas no projeto.

De forma intuitiva é possível alterar posteriormente esses polígonos. A aplicação possui algoritmos matemáticos (Intensity Dodging, Hot Spot Removal, Water Reflection, Adaptive Feathering) para correção da cor e contraste. Permite nivelar as diferenças em objetos tradicionalmente complicados, como sejam as extensões de água. Estas correções podem ser efetuadas numa imagem ou num conjunto de imagens de características radiométricas semelhantes.

Como grande vantagem existe a possibilidade de proceder a estes ajustes manualmente através de uma ferramenta muito intuitiva (Radiometrix Tool), ou caso o pretendamos, proceder de forma totalmente automática. Após estas alterações nas fotos, as imagens são processadas de modo a uniformizar as características cromáticas entre elas. O produto final será uma imagem constituída pelos centros úteis da fotografia onde as diferenças entre fotografias ortorretificadas adjacentes, foram esbatidas. Nesta etapa executamos um controle de qualidade à radiometria das imagens e às linhas de corte que serviram de base para o mosaico.

F.3: Corte de imagens e edição final dos ortofotomapas;

O corte das folhas é executado pelo *software* “OrthoVista” segundo um enquadramento previamente definido num ficheiro de texto importado pela aplicação ou num ficheiro DXF com os polígonos respetivos.

Após o corte dos ortofotomapas proceder-se-á à sua verificação e consistência no ponto de vista radiométrico e geométrico.

No final dos trabalhos será produzido relatório final referente a esta atividade e respectivos metadados.

Exemplos de ortofotomapas:



DESIGNAÇÃO DA ACTIVIDADE

G – Geração do Modelo Numérico TOPOGRÁFICO (MNT)

OBJETIVOS

- Geração do modelo numérico numérico Topográfico a partir dos elementos adquiridos nas actividades anteriores.

DESCRIÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA

TAREFAS QUE COMPÕEM ESTA ACTIVIDADE:

G.1: Completagem de Campo

G.2: Introdução da completagem de campo e edição gráfica – constituição do MNT

METODOLOGIA:

A partir dos elementos adquiridos na fase anterior da restituição tridimensional, em formato .DGN, proceder-se-á à construção do MNT.

G.1 Completagem de Campo

A metodologia dos trabalhos de completagem de campo apresenta-se no seguinte workflow:

G.1.1 – Preparação do trabalho para a completagem

A Preparação dos ficheiros para a completagem de campo tem por objectivo criar as condições para que o processo da edição (fase seguinte) seja eficaz, produtivo e de fácil coordenação. Nesta fase proceder-se-á à preparação dos *workflows* de edição e à estrutura dos directórios de trabalho. Em seguida são preparadas as cartas com o seu enquadramento final, uma vez que provêm da fase de restituição por modelos. Após este trabalho completo as cartas são distribuídas pelos técnicos de edição. Existe este

procedimento antes do trabalho de campo para garantir que todas as construções estejam topologicamente correctas, significa que quando as cartas são impressas para a completagem a topologia está executada.

Além deste procedimento, a Municípi tem uma simbologia adequada com uma legenda respectiva quando procede à impressão das cartas para campo.

Assim, a representação gráfica (cores, tipo e espessura dos vectores, textos, etc) dos fenómenos é alterada visando a facilidade de leitura e da representatividade dos mesmos.

Faz parte desta preparação a impressão das cartas. As cartas para campo são impressas à escala 1:1.000, no entanto em zonas onde a densidade urbana seja muito grande a Municípi utilizará a impressão à escala 1:500 para que os técnicos de campo consigam ter espaço para incluir toda a informação adquirida no campo.

Deste forma os operadores de campo têm maior facilidade em inserir descrições, topónimos e toda a informação recolhida, bem como, por outro lado, os operadores de edição têm uma melhor percepção e visualização de todos os elementos adquiridos no campo.

G.1.2 – Completagem de Campo

A completagem de campo propriamente dita será realizada por equipas a pé que percorrerão toda a área da carta. Serão adquiridos os números de polícia, toponímia, classificação de construções, áreas verdes, rede viária, de acordo com o especificado no Catálogo de Objectos do Caderno de Encargos.

Relativamente ao coberto vegetal a completagem de campo verifica, altera e confirma, de acordo com os elementos do Catálogo de Objectos anexo ao Caderno de Encargos, todas as áreas recolhidas na restituição, isto é, o operador à partida atribui um código para a área do coberto vegetal que nesta fase será verificado e confirmado pelo técnico de campo.

Faz parte desta atividade também a execução de levantamentos topográficos. No caso de lacunas na restituição devido a arvoredos densos e/ou sombras a aquisição dos objectos será feita através de levantamentos topográficos com estação total, neste caso, além de todos os elementos planimétricos, serão levantados pontos de cota para zonas de arvoredos densos onde a estereorestituição não tenha conseguido fornecer cotas e elementos necessários à perfeita definição do relevo.

Particularmente neste projeto serão levantados através de meios topográficos, GNSS ou estação total todos os elementos adicionais como sarjetas, tampas de visita, passadeiras, semáforos e a localização dos números de polícia sempre que necessário através desta tecnologia.

G.2: Introdução da completagem de campo e edição gráfica

O objetivo desta ação é a introdução nos ficheiros vetoriais de toda a informação recolhida em campo e efectuar a respectiva edição gráfica e topológica dos ficheiros.

As tarefas que compõem esta actividade são:

G2.1: Introdução dos elementos provenientes da fase anterior de completagem de campo nos ficheiros gráficos

G2.2: Edição gráfica vectorial dos ficheiros - constituição do MNT

Metodologia:

G2.1: Introdução dos elementos provenientes da fase anterior de completagem de campo nos ficheiros gráficos

A introdução de completagem de campo/edição corresponde à transposição para as cartas de toda a informação levantada em trabalho de campo, assim como a codificação dos elementos planimétricos de acordo com as regras estabelecidas pelo Caderno de Encargos.

Procede-se nesta fase à introdução dos dados obtidos no campo, incluindo a toponímia e os dados recolhidos através dos levantamentos topográfico, através de menus e comandos adequados, elaborados para este fim. Utiliza-se a classificação dos objectos de acordo com o especificado no Caderno de Encargos.

Após esta ação completa, inicia-se a edição propriamente dita. Esta actividade é executada com o software de CAD Microstation e com o software de gestão de códigos NGXIS.

G2.2: Edição gráfica vectorial dos ficheiros - constituição do MNT

De forma a cumprir todos os requisitos do Caderno de Encargos e da Direção Geral do Território, e para garantir a uniformidade de critérios entre os operadores, será estabelecido um workflow bem definido onde se enumeram e explicam todas as normas e passos atividade. A Municipia tem utilizado este procedimento para todos os projetos para minimizar erros que poderão ocorrer durante a homologação. Pode-se apresentar algumas dos itens que terão que se executar, nomeadamente:

- I. Controlo topológico de todas as áreas no limite de trabalho, incluindo as vias de comunicação e a rede hidrográfica;
- II. Controlo topológico de todas as entidades do tipo área pelo limite não definido;
- III. Codificação de outras construções não especificadas no catálogo de objectos como Outras Construções;
- IV. Atribuição de multicodificação a construções identificadas com mais que um uso (ex: Habitação e Serviços);
- V. Codificação das sedes dos grupos desportivos como Outras Construções Desportivas e introdução da toponímia de Instalações Desportivas;
- VI. Colocação de toda a toponímia levantada em campo;
- VII. Colocação dos números de polícia;
- VIII. Introdução dos levantamentos de campo e verificação da sua codificação;
- IX. Correcta representação e classificação das obras associadas a vias de comunicação e túneis.
- X. Desconto de beirais de todas as construções com a informação vinda de campo;
- XI. Representação dos eixos de via e da hidrografia devidamente codificados de acordo com a classificação das mesmas;
- XII. Ligação com o respectivo cabo de todos os postes de baixa tensão, iluminação e alta tensão;
- XIII. Verificação da existência de todas as cotas máximas no edificado;

- XIV. Colocação dos limites administrativos em todas as cartas de acordo com os ficheiros da CAOP;
- XV. Ligações entre cartas para garantir a continuidade do seu conteúdo temático.

Finalmente será verificado se existem erros topológicos bem como de ligação entre cartas adjacentes com os objectivo de os corrigir. No final desta actividade os erros topológicos deverão ser nulos.

Para conseguir que a topologia esteja correcta existem ainda alguns processos que terão que ser realizados, nomeadamente:

- Processos de controlo em todas as áreas para verificar e garantir a sua topologia;
- Processos para não existirem elementos duplicados;
- Verificar a inexistência de elementos com códigos desconhecidos e sem códigos;
- Verificar e corrigir ligações por blocos de cartas;
- Verificar a toponímia;
- Verificar a consistência da monotonia da hidrografia;
- Verificar a topologia a todos os elementos.
- Garantir a perfeita ligação entre folhas adjacentes tanto a 2D como a 3D.

A Municípiia tem desenvolvido ferramentas de controlo de qualidade topológico, de verificação de erros ortográficos na toponímia, verificação da monotonia das linhas de água, rios e ribeiras e processos automáticos de verificação de ligações, num conjunto de cartas.

O controlo de qualidade será realizado em cada carta, preconizando a detecção de erros de edição que possam por em causa a qualidade final dos dados.

A hidrografia passará igualmente por um processo de controlo de qualidade, que permitirá detectar os erros de monotonia nos elementos, para se proceder à sua correcção.

No final da edição será verificada mais uma vez a topologia em todos os elementos de modo a garantir inteiramente a sua consistência geométrica.

A consistência da representação gráfica será totalmente garantida, não existindo elementos com erros no que respeita à caracterização gráfica, descontinuidades, *undershoots* ou *overshoots* ou duplicação de elementos gráficos.

Todos os objectos identificados no Catálogo de Objectos como áreas serão representados por linhas poligonais fechadas e todos os elementos lineares que definem essas áreas devidamente multicodificados, tal como indicado na tabela do Catálogo de Objectos.

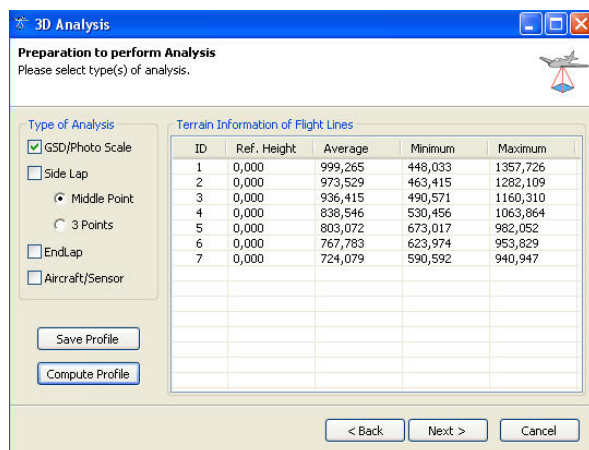
H. Controlo de Qualidade

O controlo de qualidade será efetuado para todas as atividades e apresenta-se a metodologia a utilizar nesta fase. De acordo com as atividades do projeto, temos :

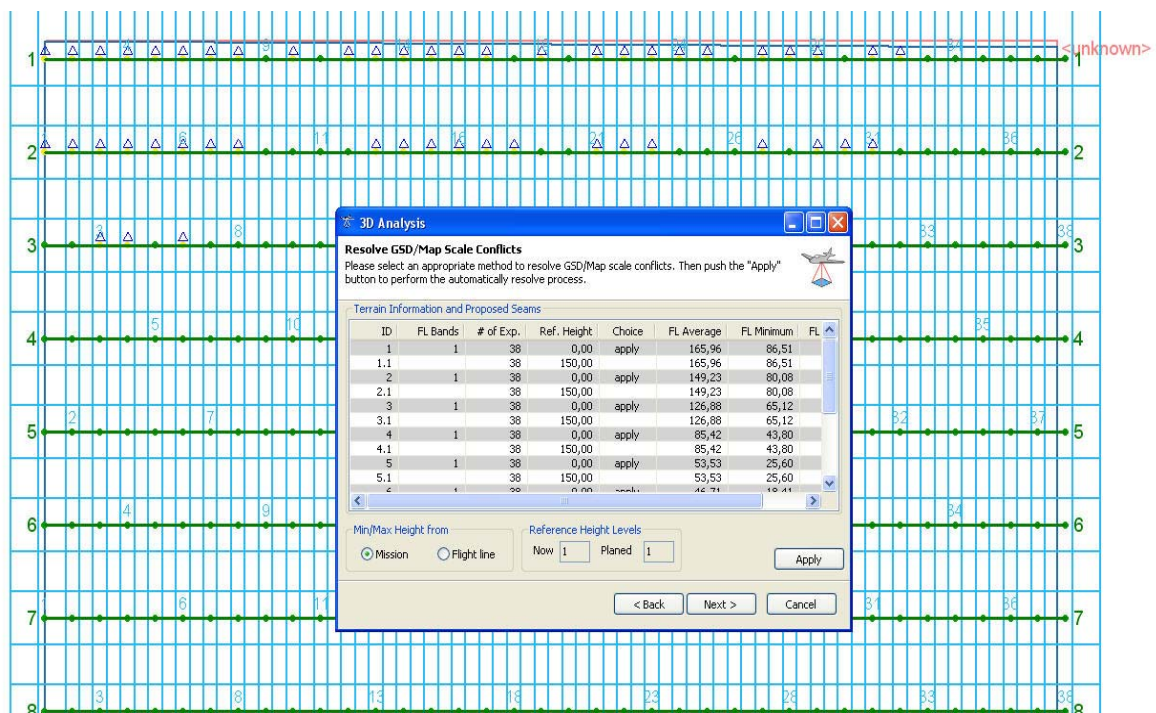
- *Fotografia Aérea*

A1 - Planeamento de Voo e Programação dos trabalhos

Após a constituição do plano de voo, todo o projeto será revisto com auxílio da ferramenta ZIMission que, através de uma aplicação 3D, permite introduzir modelos digitais do terreno e verificar GSD, cotas médias e sobreposições planeadas.

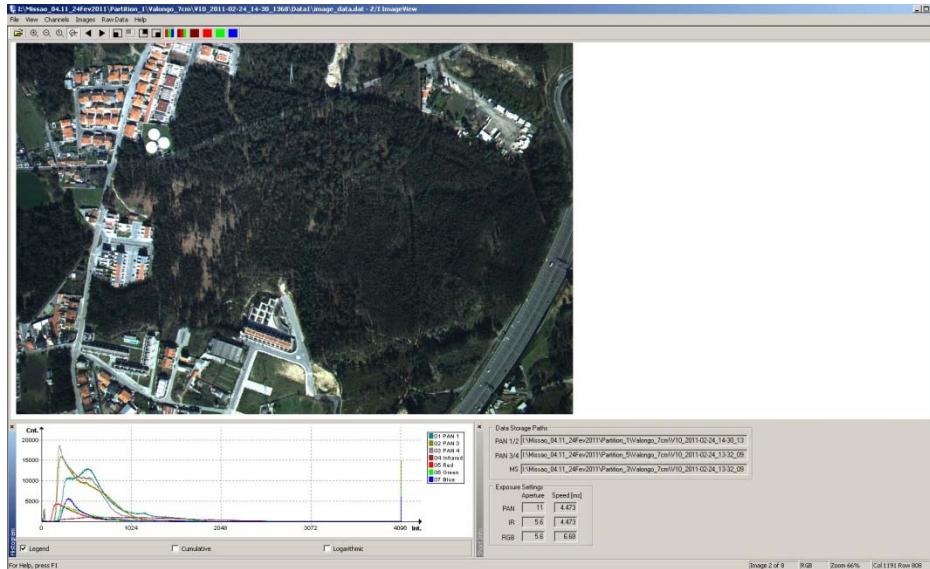


ID	Ref. Height	Average	Minimum	Maximum
1	0,000	999,265	448,033	1357,726
2	0,000	973,529	463,415	1282,109
3	0,000	936,415	490,571	1160,310
4	0,000	838,546	530,456	1063,864
5	0,000	803,072	673,017	982,052
6	0,000	767,783	623,974	953,829
7	0,000	724,079	590,592	940,947

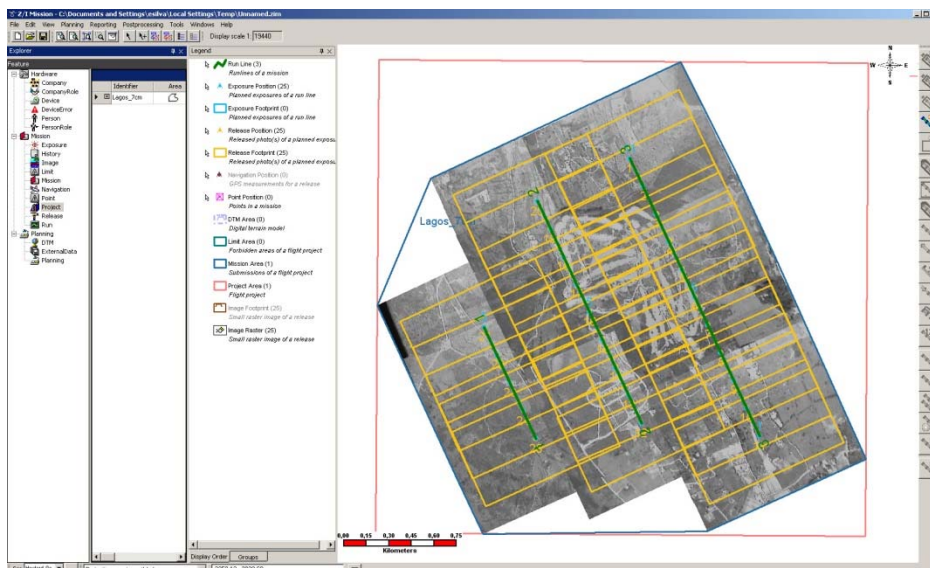


A2 - Execução dos Voos

Durante o voo serão efetuadas verificações sistemáticas através de um visualizador de imagem, para confirmar os parâmetros de tomada das fotografias.



Com a aterragem, e em ambiente ZIMission, será efetuada uma primeira verificação da missão voada, incluindo imagens de baixa resolução, para confirmar inexistência de lacunas, nuvens, ou outros fenômenos atmosféricos, o cumprimento dos parâmetros e a recepção dos dados.



A3 - Processamento de Imagem

Durante o processamento de imagem, e à medida que forem sendo produzidas imagens, será efetuado o respetivo controlo de qualidade, que depende de uma ferramenta de desenvolvimento interno criada para o efeito.

Este controlo assenta fundamentalmente nos princípios básicos da estatística descritiva da imagem, e no que esta devolve através dos seus DN's (Digital Numbers).

Sinteticamente, enquanto o sistema visual humano não é sensível a muitas variações de intensidade da imagem, conseguindo distinguir apenas cerca de 30 níveis de cinza diferentes, os sistemas digitais não têm qualquer tipo de limitação, conseguindo diferenciar qualquer quantidade de níveis de cinza.

Em termos estatísticos, as imagens serão analisadas segundo os seguintes parâmetros:

- ✓ Média - definida pelo somatório dos valores de cinza de todos os pixéis da imagem dividido pelo número total de pixéis, permitindo aferir se uma imagem é escura ou clara, dependendo se tem uma média baixa ou alta;
- ✓ Variância – representada pelo desvio dos níveis de cinza em relação ao nível de cinza médio;
- ✓ Desvio padrão - raiz quadrada da variância, conduzindo a análises sobre a homogeneidade da imagem;
- ✓ Moda - valor de cinza mais frequente na imagem, calculado através da análise de frequência de todos os níveis de cinza e determinação daquele com maior frequência;
- ✓ Mediana - divisão da imagem em duas partes iguais, com a distribuição dos valores por ordem;
- ✓ Histograma - Gráfico de relação entre os valores de cinza (eixo do x) e a quantidade de pixéis com esses valores (eixo do y do gráfico). Do ponto de vista estatístico o histograma de uma imagem digital representa a função de distribuição de probabilidade (fdp) dos valores de cinza presentes na imagem. Basicamente, com a divisão de todos os valores de frequência pelo número total de pixéis da imagem resulta a construção dessa mesma função (fdp). O histograma permite aferir de uma forma rápida a luminosidade média e a homogeneidade da imagem.

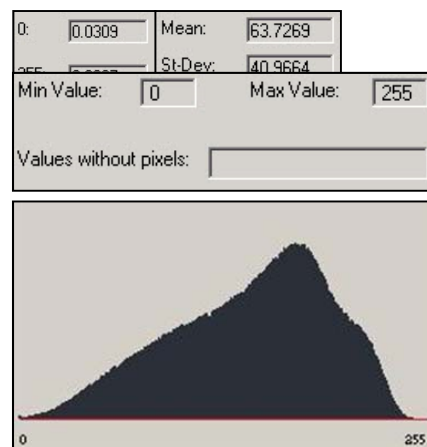
Tendo como base a estatística descritiva e a experiência dos técnicos de processamento, o controlo radiométrico das imagens será constituído por dois métodos fundamentais:

1) Controlo Primário

Para execução deste controlo foram introduzidos na aplicação os princípios da análise estatística automática da imagem.

Esta aplicação devolve, após o estudo da imagem, os seguintes resultados:

- ✓ Saturação de brancos e pretos
- ✓ Média e Desvio padrão
- ✓ Valor mínimo, máximo e existência de pixéis sem valor
- ✓ Histograma da imagem



A disponibilização do histograma de forma gráfica, elaborado com base na função de distribuição de probabilidade (fdp), permite uma interpretação rápida e precisa da distribuição dos níveis de cinza da imagem.

2) Controlo Secundário

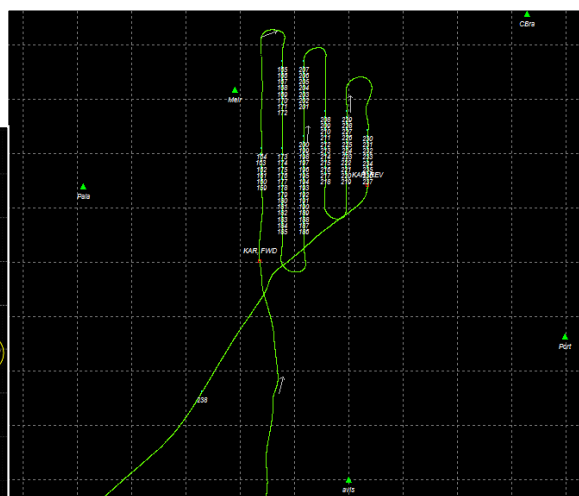
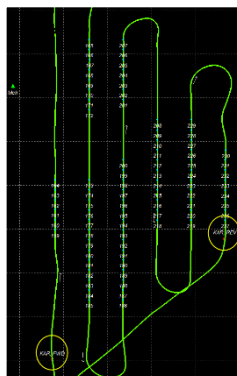
- ✓ Visualização Total do Voo – para deteção de lacunas, nuvens, neblinas, problemas de fusão, problemas de TDI e confirmar a homogeneidade do voo após processamento, será efetuado um mosaico temporário para visualização;
- ✓ Análise de Dados – tendo por base a tabela produzida pela aplicação, serão verificados os seguintes parâmetros:
 - Saturação da Imagem – deverá ser inferior a 0,5% nas duas extremidades do histograma. As imagens com valores fora deste intervalo serão detetadas automaticamente e visualizadas para confirmar não conformidades ou identificar se existem áreas de pedreiras, água, floresta densa, ou outros fenómenos que possam causar a discrepância do valor ótimo;
 - Média e desvio padrão – numa imagem com 256 níveis, a média deverá situar-se entre [64-192], sendo que, quanto mais próximo o valor se encontrar do centro do histograma, mais equilibrada será a imagem ao nível de luminosidade. O Desvio padrão deverá apresentar um valor baixo, evidenciando a homogeneidade da radiometria da imagem;
 - Valores mínimos e máximos e ocorrência de pixéis sem valor – a frequência de níveis de cinza deverá abranger todo o espectro do histograma e o uso efetivo da resolução radiométrica deverá exceder os 99,5%

A4 - Processamento GPS/INS

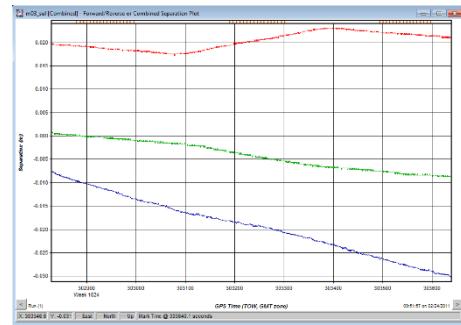
Durante o processamento, e com a fase de GPS terminada, serão efetuadas as seguintes análises de controlo de qualidade dos dados, apoiadas em diferentes saídas provenientes dos softwares Grafnav e Aerooffice:

1) Controlo do Processamento GPS

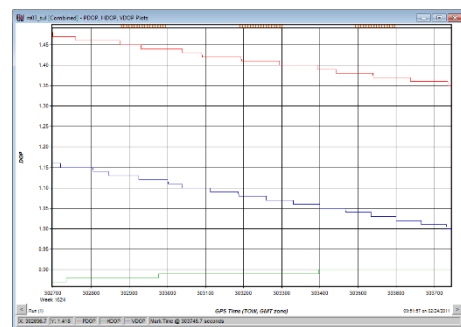
- ✓ Verificação da trajetória - deverá apresentar-se a verde, indicando a presença de dados com qualidade máxima;



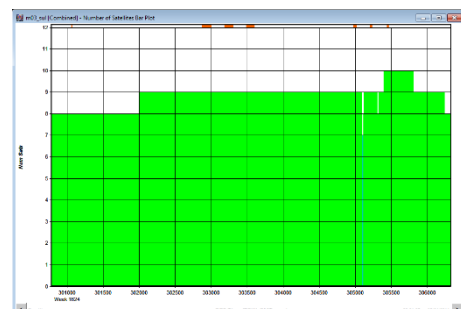
- ✓ Algoritmo KAR – Identificação do momento em que este algoritmo é acionado. Deverá estar ativo no processamento direto antes do primeiro disparo e no caso do processamento inverso após o último disparo;
- ✓ Processamento direto vs inverso – serão verificadas as diferenças entre os dois processamentos, proporcionando uma primeira abordagem à precisão do processamento;



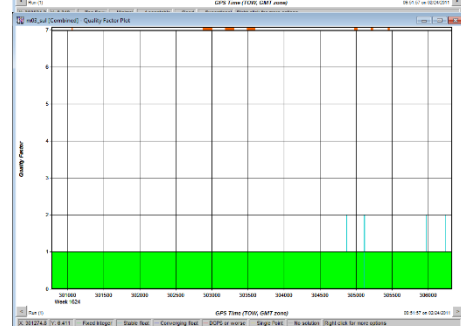
- ✓ DOP (Dilution Of Precision) – será admitido um valor máximo de 3, tendo em conta que este fator está diretamente relacionado com o número de satélites utilizado no processamento;



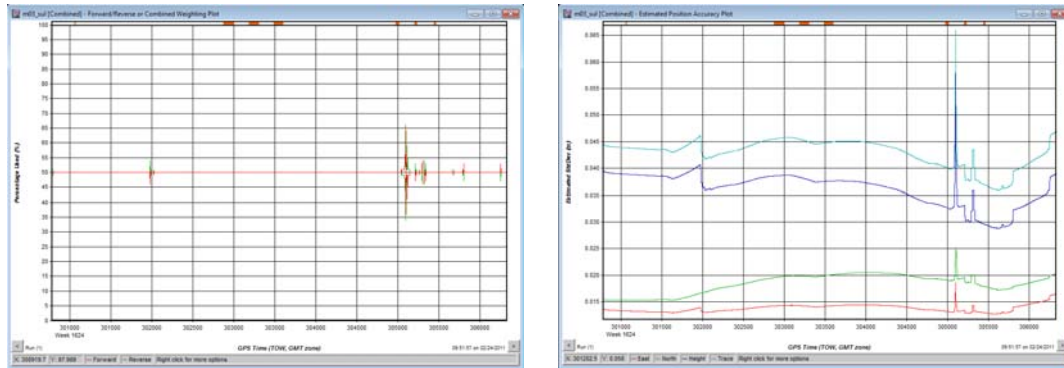
- ✓ Número de satélites utilizados em processamento – será confirmado o mínimo de 5 e o ideal de 7 satélites para uma boa precisão;



- ✓ Qualidade da trajetória de voo – com especial incidência nas zonas de cobertura fotográfica, será verificada a qualidade dos dados;



- ✓ Precisão estimada das coordenadas e processamento combinado – será verificada a precisão ao longo do voo, que deverá ser inferior a 5 cm em xy e 10cm em Z, e o peso do processamento direto e inverso no processamento combinado das duas trajetórias que deverá ser próximo de 50% em cada.

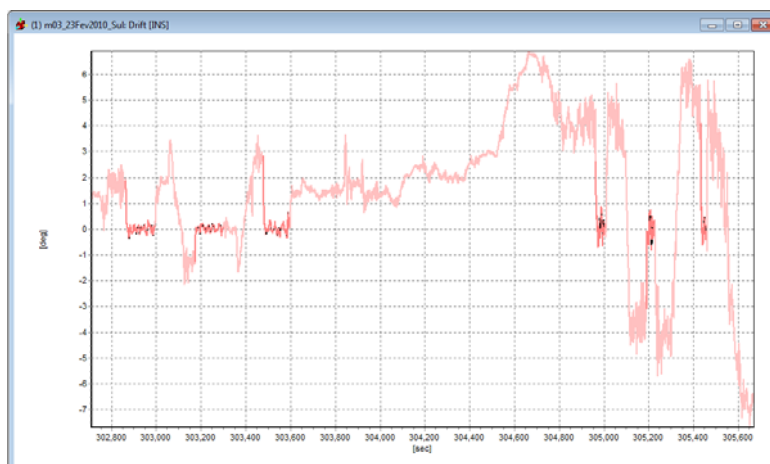


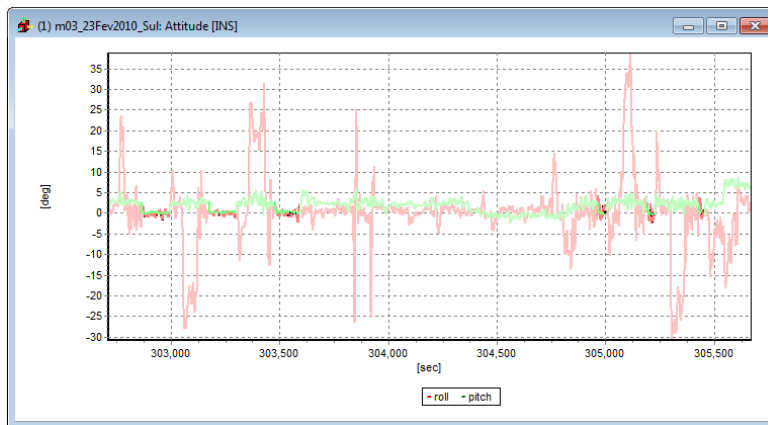
2) Controle do Processamento de dados inerciais

- ✓ Diferenças de posição entre GPS e INS - deverão ser inferiores a 10cm;



- ✓ Ângulos – será analisada a deriva, a estabilidade do Roll e do Pitch;





- ✓ Fotogrametria – O processamento GPS\INS será posteriormente verificado em ambiente de Fotogrametria, com recurso à cadeia de produção existente na empresa.

Em zonas com apoio fotogramétrico já efetuado, ou em locais com Vértices Geodésicos, serão gerados projetos, para amostra e confirmação da qualidade dos dados.

Através do software de triangulação aérea ImageStation Aerial Triangulation da Intergraph, serão importados os dados GPS\INS processados, contendo as coordenadas dos centros dos fotogramas e os seus respetivos ângulos Omega, Phi e Kappa, e as respetivas imagens.

Os projetos serão finalizados sem recorrer a qualquer apoio em termos absolutos, excetuando-se o GPS/INS. Com este tipo de finalização, os projetos serão transferidos para as estações de restituição ISSD Imagestation Stereo Display, onde se verificarão as coordenadas de pontos conhecidos (ex: vértices geodésicos), permitindo aferir a precisão dos dados em produção.

3) Controlo Geométrico do Voo

Com o processamento GPS/INS concluído será efetuado o Controlo Geométrico de Voo. Este controlo assenta numa ferramenta de desenvolvimento interno, que combina os dados GPS/INS e modelos digitais do terreno, e assegura o cumprimento dos parâmetros definidos para o plano de voo.

Controlo Geométrico de Voo - Geometric Flight Control

Origem do Ficheiro IMU
D:\Flight_control\m_Funchal\TXT_centros\Flight_control_funchal.txt

Origem DTM
D:\Flight_control\m_Funchal\DTM_centros\funchal_dtm.xyz

0-Reset - Limpar Dados das Folhas

1-Calc. Cota Centros 2-Cálcula GSD

3-Calc. Deriva 4-Calc. Sobreposições

5-Cálcula e Atualiza Parâmetros Reais

Parâmetros Planeados

GSD Ground Sample Distance: 6 cm Save

Sobreposição Longitudinal: 60 % Save

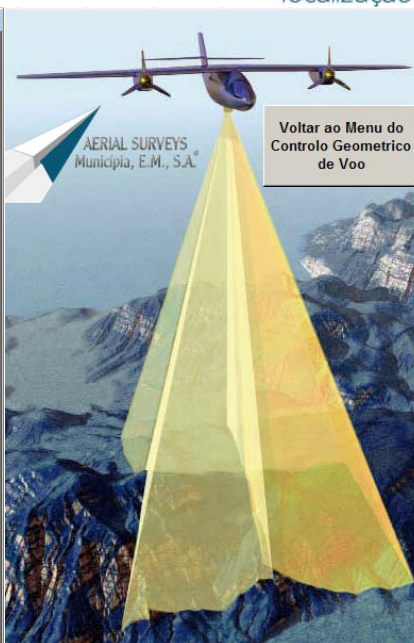
Sobreposição Lateral: 30 % Save

Tolerância da Deriva: 5 ° Save

Parâmetros Reais Cálculados

	Média	Minimo	Máximo
GSD Ground Sample Distance	10.29 cm	8.75 cm	12 cm
Sobreposição Longitudinal	72.17 %	67.35 %	76.34 %
Sobreposição Lateral Média	47.3 %	35.44 %	63.31 %
Deriva Média	0.71 °	0.01 °	2.27 °

Altitude Média de Voo: 1162.68 m



AERIAL SURVEYS
Município, E.M., S.A.[®]

Voltar ao Menu do Controlo Geométrico de Voo

Os componentes calculados por esta ferramenta são os seguintes:

- ✓ GSD – resolução geométrica média no terreno;
- ✓ Sobreposição Longitudinal – base entre imagens;
- ✓ Sobreposição Lateral – espaçamento entre fiadas;
- ✓ Deriva – Desvio ao rumo planeado.

Parâmetros Planeados

GSD Ground Sample Distance: 10 cm Save

Sobreposição Longitudinal: 60 % Save

Sobreposição Lateral: 30 % Save

Tolerância da Deriva: 5 ° Save

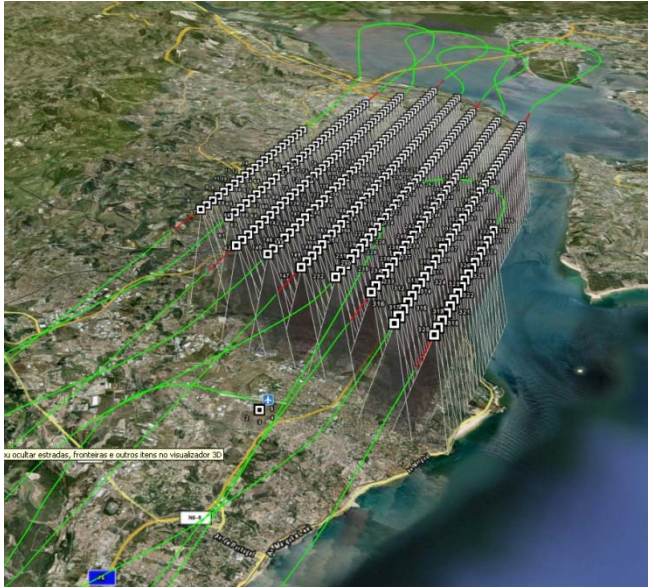
Parâmetros Reais Cálculados

	Média	Minimo	Máximo
<u>GSD Ground Sample Distance</u>	10.29 cm	8.75 cm	12 cm
<u>Sobreposição Longitudinal</u>	72.17 %	67.35 %	76.34 %
<u>Sobreposição Lateral Média</u>	47.3 %	35.44 %	63.31 %
<u>Deriva Média</u>	0.71 °	0.01 °	2.27 °

Altitude Média de Voo: 1162.68 m

O controlo será efetuado à totalidade das imagens, resultando num relatório final de análise estatística, com a seguinte informação:

- ✓ Máximos;
- ✓ Mínimos;
- ✓ Médias;
- ✓ Desvios às tolerâncias permitidas.



Em síntese, serão controladas todas as fases, utilizadas as ferramentas disponibilizadas pelos softwares dos equipamentos para este efeito, aproveitada a cadeia de fotogrametria existente na empresa para comprovar a precisão dos dados e, para complementar o sistema, utilizada uma aplicação de desenvolvimento interno direcionada para controlo de qualidade dos voos.

A aceitação ou rejeição da Cobertura terá como base as especificações indicadas no Caderno de Encargos utilizados no planeamento da Cobertura Aerofotográfica.

Qualquer incorreção ou lacuna verificada será corrigida com recurso a novas fiadas, sempre com sobreposição de pelo menos 2 fotos.

Após confirmação da qualidade da Cobertura será emitido o **Relatório Técnico Detalhado de Cobertura Aérea** onde constará uma memória descritiva, o Relatório Técnico Operacional de Missão, o Esquema de Cobertura, resultados do Controlo de Qualidade, Certificado de Calibração da Câmara e indicação sobre os equipamentos utilizados.

- *Apoio Fotogramétrico* -

Além de ser necessário para todos os pontos fotogramétrico coordenados um croqui bem elaborado com a descrição do ponto, assim como a sua fotografia, o topógrafo deverá entregar um relatório do trabalho realizado indicando diariamente os pontos adquiridos assim como os satélites utilizados na coordenação de cada ponto. Não deverá esquecer também eventuais dificuldades que lhe tenham surgido durante todas as sessões.

Serão adquiridos além de dos pontos fotogramétricos destinados à aerotriangulação, pontos de controlo destinados apenas à verificação e controlo da triangulação aérea e do próprio Apoio fotogramétrico.

Todos os ficheiros de observação de G.P.S serão fornecidos à Entidade Adjudicante em formato Rinex.

- *Restituição Altimétrica e Planimétrica* -

A Municípiatm possui dentro do âmbito dos procedimentos da qualidade normas de controlo que cumpre para todas as tarefas. A restituição é uma das tarefas ou actividade que depende essencialmente da capacidade humana de visualização em estereoscopia e do desenho dos elementos a 3 dimensões.

Para se conseguir fazer um controlo efectivo desta tarefa a Municípiatm implementou folhas de controlo que ajudam a responsabilizar os operadores do seu trabalho, e ainda definiu um workflow de verificação do trabalho de restituição por operadores externos à produção propriamente dita.

Desta forma a folha seguinte permite responsabilizar cada operador pela sua tarefa:

MODELO	DATA CONCLUSAO	LIGAÇÕES	ELEMENTOS SEM CÓDIGO	OPERADOR
				

Desta forma cada operador tem que indicar se fez as ligações com os modelos adjacentes e se tem elementos sem código no seu ficheiro. Para além desta ficha é distribuído a cada operador no início de cada projecto um *workflow* detalhado com todas as suas características e com todos os pontos de especial interesse de forma a não se esquecerem do trabalho que lhes compete fazerem.

Além deste controlo ao longo da aquisição da informação vectorial é efectuado um controlo de qualidade sobre uma amostra aleatória para validação do grau de pormenorização e classificação da informação adquirida para cada um dos operadores fotogramétricos.

- *Geração do Modelo Numérico Altimétrico* -

O controlo de qualidade sobre o TTN (Topological Triangular Network), o qual determina a qualidade final do MNA deverá ser validado, pelo que colocamos à disposição os nossos terminais de visão estereoscópica. A precisão final será verificada a partir de pontos de controlo coordenados por GNSS para determinação da sua precisão.

Para o controlo posicional das curvas de nível a Municípiatm observa as curvas sobre os modelos estereoscópicos com o objectivo de verificar a sua posição relativamente ao relevo existente. Em qualquer caso que estas não se ajustem ao terreno, far-se-á a sua correcção sobre os respectivos modelos de forma a garantir as precisões finais exigidas no Caderno de Encargos.

Além deste controlo visual serão utilizadas ferramentas que permitem detectar erros de monotonia de linhas de água e consistência das curvas de nível com todos os elementos do relevo. Todos estes

processos serão gerados de forma a se obter um modelo tridimensional sem erros e contínuo para todo o concelho, isto é com as ligações asseguradas entre as cartas.

O *software* utilizado para o controlo de qualidade dos Modelos Digitais do Terreno, permite determinar de forma automática o erro médio quadrático (e.m.q.) final para cada área

Através da criação de um ficheiro ASCII com os pontos fotogramétricos, pontos de controlo e vértices geodésicos de cada bloco e a confrontação automática deste ficheiro com o MDT, resulta um ficheiro Log file com a indicação com os dados seguintes:

As diferenças de altitude (H) do MDT e o valor H dos pontos fotogramétricos, de controlo e geodésicos;

- As diferenças máximas e mínimas encontradas da altitude (H);
- O erro médio quadrático (e.m.q.);
- O desvio padrão.

Os resultados de cada análise (comparação) efectuada serão gravados num ficheiro doc e fornecidos no relatório de Controlo de Qualidade final.

- *Geração do MNT-*

Completagem de Campo

Tal como a restituição e nesta atividade não existem processos automáticos para a sua execução. O controlo de qualidade tem que se basear em amostras e verificações por outros técnicos de modo a minimizar erros de interpretação, omissões e ou comissões.

Relativamente ao Controlo de Qualidade realizado já ao produto final, isto é, vector serão executadas análises relativas aos seguintes temas:

1. Completude;
2. Exactidão temática;
3. Exactidão temporal;

1.Completude

A completude representa a medida do erro de omissão dos objectos. Os erros deste tipo provocam erros na interpretação do terreno e na obtenção de índices estatísticos sobre o território, não informam da existência de um objecto que existe de facto (omissão).

A MunicípiA, SA possui métodos expeditos para detecção destes erros. São produzidos ortofotomapas quando necessário para dar apoio a este trabalho em gabinete e também é feita uma verificação aleatória e exaustiva no terreno.

2. Exactidão Temática

A exactidão temática representa a medida do erro de classificação do significado dos objectos. Os erros deste tipo provocam erros na interpretação do terreno.

Para determinação da exactidão temática propomos a utilização da seguinte metodologia:

- Será feito ao nível da atribuição de simbologia um controlo na fase de completagem de campo dos atributos que compõe os elementos gráficos numa amostra representativa da cartografia produzida. Utilizando um Pen Computer com o objectivo de controlar os elementos adquiridos na estereorestituição e confrontá-los com o existente no campo onde se fará a verificação da consistência dos atributos que designam determinado elemento.

3. Exactidão temporal

A exactidão temporal representa a medida da diferença temporal entre a imagem do terreno presente nos ficheiros e a imagem do terreno numa data de referência.

Estes erros podem-se detectar por comparação dos ficheiros com imagens de referência, ortofotomapas ou por conhecimento directo do terreno.

A indicação nos metadados da data de execução da completagem de campo é fundamental para o registo histórico da produção cartográfica.

Todos os elementos de controlo de qualidade gerados nesta fase serão introduzidos no relatório final do projecto.

Introdução da completagem de campo e edição gráfica

Além do controlo geométrico que é ajudado por ferramentas que detectam erros topológicos será mais uma vez realizado um procedimento relativo à verificação da introdução da completagem de campo.

Para este controlo serão definidas cartas aleatoriamente em que se verificará a conformidade do levantamento de campo na fase anterior com os dados incluídos na carta final. Esta confrontação será realizada ao longo de todo o trabalho de Edição cartográfica com o objectivo de minimizar erros/omissões ou diferentes interpretações na introdução dos dados provenientes de campo.

No controlo geométrico e topológico as operações são as seguintes:

- Correr processos de controlo em todas as áreas para verificar e garantir a sua topologia;
- Eliminação de todos os elementos duplicados;
- Verificar a inexistência de elementos com códigos desconhecidos e sem códigos;
- Verificar e corrigir ligações por blocos de cartas;
- Verificar a toponímia e números de polícia;
- Verificar a consistência da monotonia da hidrografia;
- Verificar a topologia a todos os elementos.

A Municípiat tem desenvolvido ferramentas de controlo de qualidade topológico, de verificação de erros ortográficos na toponímia, verificação da monotonia das linhas de água, rios e ribeiras e processos automáticos de verificação de ligações, num conjunto de cartas.

O controlo de qualidade será realizado em cada carta, preconizando a detecção de erros de edição que possam por em causa a qualidade final dos dados, e depois no conjunto de todo o bloco.

A hidrografia passará igualmente por um processo de controlo de qualidade, que permitirá detectar os erros de monotonia nos elementos, para se proceder à sua correcção. Esta análise será realizada com o apoio da ferramenta de trabalho específica.

Depois da verificação folha a folha, há necessidade de proceder a uma verificação final para detectar possíveis erros de fronteira.

Além do controlo geométrico que é ajudado por ferramentas que detectam erros topológicos será mais uma vez realizado um procedimento à verificação da introdução da completagem de campo.

E.2 – INDICAÇÃO DOS MEIOS TÉCNICOS AÉREOS

Apresenta-se seguidamente os meios técnicos disponíveis pela Município para a realização do presente projeto.

- Meios Aéreos -

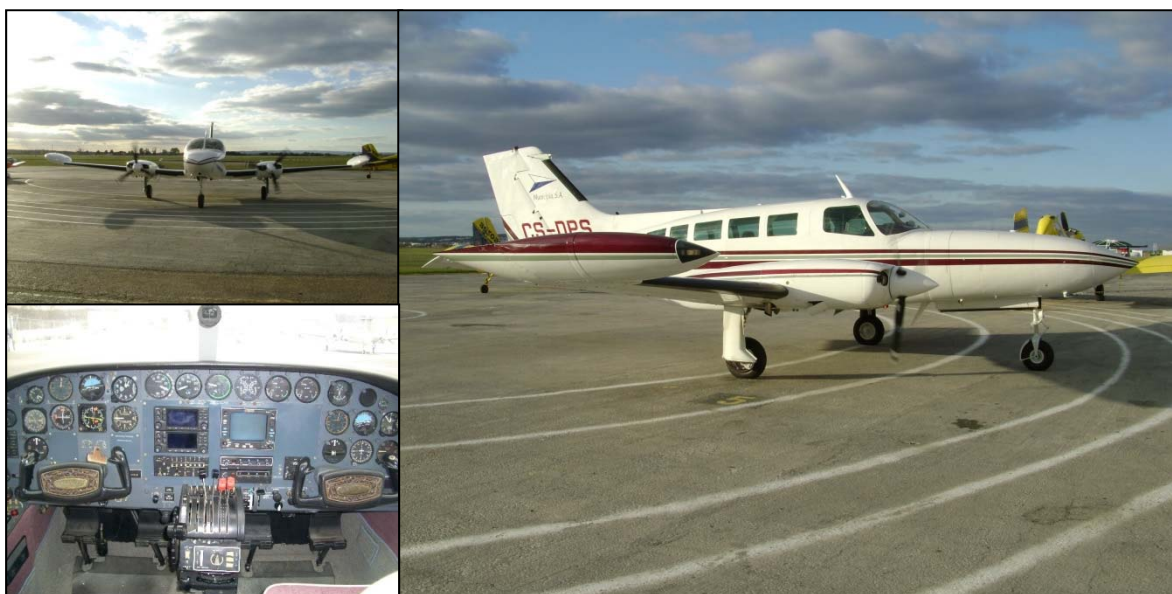
A obtenção de imagem aérea, compatível com as exigências impostas pelo Regulamento Técnico das Coberturas Aerofotográficas para Fins Cíveis, emitida pela Direção Geral do Território, requer a utilização de equipamentos aéreos e aerotransportados de elevada tecnologia e precisão.

Este tipo de voos implica o transporte dos elementos humanos e sistemas técnicos necessários, com a máxima estabilidade, a distâncias relativamente longas.

- Aeronave -

A aeronave a utilizar neste projeto permite a melhor adaptação ao serviço a prestar, preconizando voos rápidos, efetivos e com a melhor adaptação à rede de aeródromos portugueses:

Cessna 402B - Matrícula CS-DPS - Turbo-charged



O Cessna 402 é um avião turbo-charged, que permite um teto de operação de 27.000 ft (8230 m), uma autonomia média de 6h00 e uma velocidade média de cruzeiro na ordem dos 170 knots (320 km/h), com certificado de aeronavegabilidade aprovado para fotografia aérea.

Está equipado com duas aberturas para instalação de dois sensores combinados (duas câmaras ou câmara e LIDAR), permitindo otimizar o tempo de voo com a aquisição de distintos produtos.

Em termos de aviação dispõe de equipamentos redundantes, destacando-se o sistema GNS430 que integra um sistema de navegação e comunicação, assegurando a melhor rentabilização dos tempos de voo.

Características Gerais:

AVIÃOICA	
<i>Flight Director-Auto Pilot</i>	<i>Cessna 400B</i>
<i>Audio Panel</i>	<i>Cessna</i>
<i>Communication</i>	<i>Garmin GNS 430</i>
<i>Navigation</i>	<i>Garmin GNS 430</i>
<i>DME</i>	<i>KDM 705 DME</i>
<i>ADF</i>	<i>KDF 805 ADF</i>
<i>Transponder</i>	<i>King KT 76</i>
<i>Weather Radar</i>	<i>Bendix RDR 230 Radar</i>
<i>GPS</i>	<i>Garmin GNS 5430</i>
EQUIPAMENTO	
	<i>Full De-Ice System, Certified into Known Ice</i>
	<i>Cleveland Wheels and Brakes</i>

- Sistema de Câmera Aerofotogramétrica -



A Município possui o Sistema de Câmera Aerofotogramétrica de grande formato Intergraph DMC com o número de série DMC0129 que será utilizado na prestação de serviços. Esta câmara está montada sobre plataforma giroestabilizada ZI Mount, que garante a verticalidade dos fotogramas. A calibração do equipamento é realizada na própria fábrica.

A entrega imediata de imagens digitais logo após voo e processamento, permitindo a sua introdução direta no processo de produção de cartografia, ortofotomapas e SIG é um avanço de real importância no sector.

O ruído proveniente dos processos laboratoriais é inexistente e a utilização da tecnologia TDI (Time Delay Integration) vem eliminar qualquer possível arrastamento que pudesse ser produzido nas imagens pela velocidade do avião (FMC).



A Intergraph produziu a câmara digital DMC que sendo de grande formato tem uma resolução geométrica e radiométrica ímpar, onde a qualidade de construção e a excelência dos materiais, selecionados para assegurar a estabilidade do conjunto, foram determinantes.

O elevado padrão tecnológico do sistema é confirmado pela parceria estabelecida com a Carl Zeiss para produção de lentes com mínima distorção e máxima resolução.

A plataforma giroestabilizada ZI onde reside permite a compensação dos movimentos normais da aeronave, enquanto o cálculo da deriva é efetuado automaticamente pelo IMU (Sistema Inercial).

Imagens PAN, RGB e Infravermelho são adquiridas em simultâneo, com resoluções de 12 bit e tamanho 7680x13824.

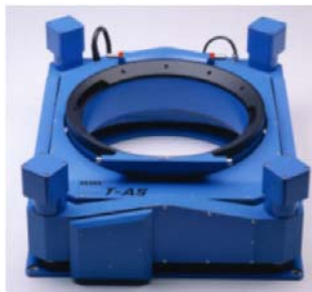
Câmara de Grande Formato Intergraph DMC

Especificações Técnicas:

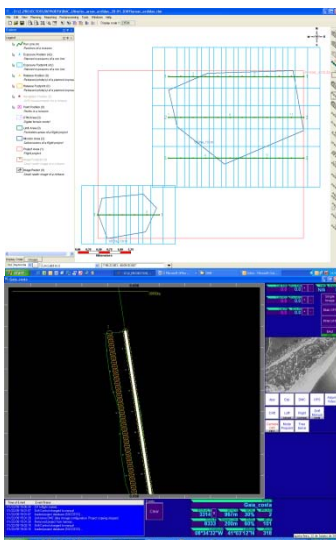
- Alta resolução pancromática e multiespectral 14k x 8k
- Campo de Visão 69.3º lateral e 42º longitudinal
- Resolução pancromática 7.680 x 13.824 píxel
- Resolução PAN de cada cone 7k + 4k
- Lentes 120mm/1:4.0
- 4 canais multiespectrais RGB e NIR
- Resolução multiespectral 3k x 2k píxel
- Resolução da imagem composta final 7.680 x 13.824 píxel
- Lentes 25mm/1:4.0
- Velocidades de disparo de 1/50 a 1/300 seg



- Aberturas de diafragma entre f/4 em f/22
- Controlo de Exposição automático
- Capacidade de cada unidade de armazenamento 1.200 imagens por cada SSD
- Resolução radiométrica de 12 bits
- TDI (Time Delayed Integration) para eliminar o fenómeno de arrastamento
- Estação de leitura de SSD com saídas SATA, USB e paralelo
- Equipada com plataforma giroestabilizada ZI
- Sistema GPS de dupla frequência incorporado



Softwares:



Através do Software ZI Mission é efetuado todo o planeamento de voo, possibilitando a leitura de ficheiros de formatos distintos, integração de Modelos Digitais de Terreno para cálculo das altitudes das fiadas e exportação de planos para visualização em softwares CAD ou no próprio ambiente GoogleEarth.

A gestão do voo está apoiada no Software ZI Inflight, intuitivo e dirigido para a aplicação do planeamento com a máxima eficácia.

A visualização e acompanhamento do plano estão assegurados por um interface que integra os vetores correspondentes a cada uma das fiadas, a imagem real de uma câmara de vídeo instalada na base da câmara e a informação alfanumérica essencial ao voo.

Os softwares DMC Postprocessing, GrafNav e AeroOffice constituem o grupo de ferramentas base responsáveis pelo processamento das imagens e pelos cálculos GPS/INS.

Sistemas de Posicionamento e Orientação



O Aerocontrol é o Sistema GPS/INS do fabricante IGI, para determinação da posição e altitude de sensores aerotransportados. Os giroscópios do IMU em fibra – óptica e o computador com recetor GPS L1/L2 de 12 canais integrado, permitem obter o posicionamento dos centros de projeção e os ângulos Ómega, Phi e Kappa do sensor.

Nas Câmaras Digitais de grande formato DMC o IMU está instalado exatamente no centro do equipamento para assegurar a melhor precisão na fase de processamento.

Ao nível do planeamento de voo, todo o processo é efetuado com o apoio de computadores última geração da HP.

Para processamento de dados, são utilizadas múltiplas workstations de grande capacidade HP e Fujitsu, e os softwares DMC PostProcessing, GrafNav, AeroOffice e Global Mapper no processamento e controlo de qualidade das imagens e tratamento de dados GPS/INS. Para armazenamento são utilizados discos externos.