



MINISTÉRIO DAS CIDADES, ADMINISTRAÇÃO LOCAL, HABITAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS

REGULAMENTO TÉCNICO

DAS

COBERTURAS AEROFOTOGRAFICAS

PARA FINS CIVIS

(RTCAP)

Versão 2006

REGULAMENTO TÉCNICO PARA AS COBERTURAS AEROFOTOGRAFICAS PARA FINS CIVIS

Artigo 1º

Âmbito

1 - O presente regulamento estabelece as especificações técnicas, características de equipamento e os processos a utilizar na execução de fotografia aérea destinada a fins cartográficos e fotointerpretativos para fins civis, nela se englobando toda a cartografia temática para avaliação e inventariação de recursos naturais e planeamento.

2 - Este regulamento aplica-se à fotografia aérea com características métricas e de qualidade adequada a aplicações cartográficas em geral.

3 - O presente compõe-se de uma parte A respeitante à fotografia em filme, pancromática, infra-vermelha, infra-vermelha a cores (falsa cor) e a cor natural e de uma parte B respeitante à fotografia obtida com câmaras aéreas digitais.

Artigo 2º

Definições

Para efeitos do disposto neste diploma, entende-se por:

- a) Aberração - Deficiência da lente que leva a que a imagem de um ponto não seja exactamente um ponto, mas sim uma mancha;
- b) Arrastamento - Degradação de resolução na imagem fotográfica aérea, causada pelo deslocamento do avião durante o tempo de exposição;
- c) Câmara ou Máquina Fotográfica Métrica Aérea - Equipamento fotográfico concebido para obter imagens aéreas métricas a bordo de aeronaves, com lentes de distorção nula ou quase nula;
- d) Centro de Projecção - Centro geométrico, correspondente ao ponto de intersecção das linhas rectas que ligam o espaço objecto ao espaço imagem numa Projecção Central perspectiva. Na fotografia aérea coincide com o ponto nodal da lente da máquina fotográfica;

- e) Cobertura Fotográfica – Conjunto de fotografias, organizadas em fiadas, que cobre uma região, obedecendo a critérios constantes de um plano de voo;
- f) Densidade de uma Imagem – Grandeza calculada a partir da transmissividade de uma imagem. A densidade é o logaritmo decimal do inverso da transmissividade;
- g) Deriva – Ângulo formado pelos lados da fotografia, segundo a linha de voo e essa mesma linha de voo;
- h) Diapositivo – Fotograma em película, positivo;
- i) Distância Focal – Distância medida sobre o eixo principal de uma lente, desde o seu centro óptico, ou ponto nodal, até ao plano focal;
- j) Distorção Radial – Ângulo entre a direcção do raio incidente na lente e o seu resultante emergente ou deslocação radial de um ponto na imagem causada por esta mudança de direcção;
- k) Distorção Tangencial – Deslocação de um ponto no fotograma, perpendicular à direcção radial do ponto a partir do centro do fotograma. É causada por deficiências na montagem das lentes que compõem o sistema de lentes da máquina fotográfica;
- l) Fiada de Voo – Conjunto de fotografias aéreas obtidas na mesma linha de voo e num mesmo sentido, com continuidade no terreno fotografado, havendo sobreposição entre fotografias consecutivas;
- m) FMC – Sigla que significa *Forward Motion Compensation*, isto é, compensação do arrastamento longitudinal e que designa um dispositivo mecânico colocado na máquina fotográfica aérea métrica, que permite anular, na imagem, a desfocagem causada pelo deslocamento do avião durante o tempo de exposição;
- n) Fotograma - Fotografia métrica, isto é, obtida por sistema fotográfico cujos parâmetros métricos internos apresentam grande estabilidade e são determináveis rigorosamente;
- o) Gama ou Função Gama – Declive da curva característica de uma

emulsão fotográfica. A curva característica é obtida pela união dos pontos de um gráfico, em que o eixo das abcissas representa o logaritmo decimal da exposição, expressa em metros-candela-segundo (mcs) e o eixo das ordenadas representa os valores da densidade;

- p) GPS – Sigla que significa *Global Positioning System*, isto é, Sistema de Posicionamento Global. É um sistema mundial de navegação e posicionamento, baseado numa constelação de satélites, operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América;
- q) *Magasin* – Palavra francesa, utilizada em diversas línguas, que define o invólucro do filme, a colocar dentro da máquina fotográfica;
- r) Marcas Fiduciais – Marcas de referência que são impressas nos fotogramas, em número de 4 a 8, na altura de exposição, colocadas nos cantos e nos lados, e que definem o sistema de coordenadas fotográfico de cada fotograma. Só se utilizam em câmaras fotográficas métricas;
- s) Negativo – Fotograma negativo em película;
- t) Plano de Voo – Gráfico em escala conhecida, habitualmente desenhado sobre carta topográfica, com as indicações de localização e outras necessárias à execução da cobertura aerofotográfica;
- u) Resolução Geométrica – Dimensão mínima visível numa imagem em película, correspondente a um objecto ou à distância de separação entre dois objectos, usando meios de observação o mais eficazes possível, medindo-se normalmente em pares de linha por milímetro. Na imagem digital corresponde, normalmente, à dimensão do lado do elemento de imagem;
- v) Resolução Radiométrica – Quantidade de níveis cromáticos perceptíveis numa imagem;
- w) Rumo de Fiada – Ângulo que a linha da fiada faz com o Norte cartográfico, contado no sentido retrógrado, sentido dos ponteiros de um relógio e tendo em conta o sentido de voo, isto é, os rumos dos dois sentidos de uma mesma direcção diferem entre si de um ângulo raso;

- x) Sobreposição Fotográfica – Área fotográfica expressa em percentagem das dimensões lineares das fotografias, comum a mais que uma fotografia. Se a sobreposição é de fotografias da mesma fiada designa-se por longitudinal ou frontal; se é entre fotografias de fiadas adjacentes, designa-se de lateral.
- y) Transmissividade - quociente entre a intensidade da luz que atravessa ou é transmitida pela imagem e a intensidade da luz incidente.

PARTE A
FOTOGRAFIA AÉREA EM FILME

Secção I
REQUISITOS OPERACIONAIS GERAIS

Subsecção I
Localização e fiadas de voo

Artigo 3º

Área a fotografar

- 1 - A localização, dimensões e limites da área a fotografar são definidos e fixados nas condições específicas de cada projecto.
- 2 - A definição é feita sobre carta ou mosaico fotográfico em escala adequada e, sempre que possível, por coordenadas.

Artigo 4º

Fiadas de voo

- 1 - As fiadas são voadas norte-sul ou este-oeste, com a tolerância de 5 graus em relação à direcção cardinal respectiva, salvo especificação em contrário nas condições específicas do projecto.
- 2 - Os rumos médios das fiadas adjacentes são paralelos dentro de 5 graus, devendo os eixos das fiadas manter-se rectilíneos e paralelos.
- 3 - Em caso de impossibilidade de cumprimento do disposto no número anterior, só se admitem os desvios de paralelismo entre fiadas adjacentes que não invalidem o cumprimento das especificações em matéria de sobreposição lateral estabelecidas no artigo 8º.
- 4 - As fiadas contíguas são voadas sequencialmente em fiadas únicas e não podem sofrer quaisquer interrupções na área da cobertura.

5 - Excepcionalmente, atentas razões de ordem meteorológica ou resultantes da necessidade de introduzir variações de altura de voo para satisfação de requisitos de escala fotográfica ou de sobreposição lateral, admite-se descontinuidade das fiadas.

6 - Ocorrendo a descontinuidade prevista no número anterior, os dois troços da fiada devem sobrepor-se longitudinalmente em, pelo menos, duas fotografias.

Artigo 5º

Cobertura fotográfica

1 - A cobertura fotográfica deve exceder em pelo menos 15% da largura da fiada os limites da zona a cobrir, paralelos à direcção de voo.

2 - O primeiro e o último negativos de cada fiada que abranja os limites da área a fotografar devem cobrir zonas situadas fora dessa área.

Artigo 6º

Plano de voo

1 - O plano de voo é executado em suporte cartográfico com escala adequada e indicação dos eixos das fiadas.

2 - O plano de voo pode também indicar a localização das fotografias em relação ao terreno, caso em que a precisão para localização dos centros das fotografias é a mesma que a estabelecida para os eixos das fiadas, sempre que não haja indicação em contrário nas condições específicas do projecto.

3 - Por cada projecto é obrigatoriamente fornecido um plano de voo à entidade executora da cobertura, salvo tratando-se de cobertura fotográfica sistemática de parâmetros já conhecidos.

Subsecção II

Sobreposições

Artigo 7º

Sobreposição longitudinal

1 - Na sobreposição longitudinal exige-se cobertura estereoscópica completa situada entre 55% e 65%, sendo rejeitadas as fotografias que se situem fora desse intervalo.

2 - Apenas se admitem desvios aos valores estabelecidos no número anterior quando a acentuada variação dos desníveis altimétricos de determinada zona ou a topografia do

terreno não permitam o seu cumprimento, exigindo-se nesse caso cobertura estereoscópica completa e adequada, isto é, sem zonas mortas.

3 - Nos troços em que as fiadas cruzem a linha da costa obliquamente ou em ângulo recto a sobreposição longitudinal tem de ser aumentada para valores entre 80% e 90%.

Artigo 8º

Sobreposição lateral

1 - A sobreposição lateral tem de situar-se entre 15% e 35%, salvo especificação em contrário nas condições técnicas do projecto, sendo rejeitadas as fotografias que se situem fora desse intervalo.

2 - As fotografias devem estar alinhadas nas fiadas adjacentes por forma a que os seus pontos principais, quando unidos, definam uma linha recta perpendicular à linha de voo, salvo se as condições específicas definirem com rigor a localização dos fotogramas.

3 - As fiadas que se desenvolvam paralelamente à linha da costa são executadas por forma a reduzir-se a proporção de água coberta, assegurando que nenhum pormenor da parte sólida fique a menos de 10% da largura da fotografia, em relação ao lado limite mais próximo.

4 - Quando pelas características do terreno montanhoso não seja possível manter a sobreposição nos valores estabelecidos no nº 1, em fiadas rectilíneas e paralelas, as lacunas daí resultantes devem ser cobertas por fiadas curtas, voadas entre as fiadas principais e paralelas a estas.

Subsecção III

Parâmetros de voo

Artigo 9º

Altura de voo

1 - A altura de voo acima da cota média do terreno, H, é calculada pela fórmula:

$$H = f \times s.$$

em que:

f = distância focal calibrada da câmara aérea

s = denominador da fracção representativa da escala fotográfica média pretendida.

2 - Para voos até 4000 metros acima da cota média do terreno a variação da altura não pode exceder os limites inferior e superior de 2% e 5%, respectivamente.

3 - As tolerâncias para voos acima dos 4000 metros são de 2% e 200 metros, limites inferior e superior, respectivamente.

4 - Em situações em que a execução de troços de fiada, para cumprir o exigido em 2 e 3, leve a um número exagerado de troços com poucas fotografias, prevalece a tolerância imposta para o limite superior, em prejuízo da imposta para o limite inferior.

5 - Nos voos sobre zonas com topografia muito acidentada, designadamente como a das Regiões Autónomas, admitem-se valores de excepção.

Artigo 10º

Época de fotografia

1 - A época adequada para execução de fotografia aérea destinada à aquisição de dados topográficos medeia entre princípios de Fevereiro e meados de Novembro (incluindo nas Regiões Autónomas).

2 - Em zonas densamente arborizadas por espécies de folhagem caduca que se destinem a fins cartográficos, as coberturas fotográficas devem ser executadas até fins de Abril.

Artigo 11º

Requisitos para execução de fotografia

1 - A fotografia aérea é executada quando as condições meteorológicas e de luz permitam a obtenção de negativos de qualidade.

2 - Os requisitos específicos relativos à estação, folhagem, altura das marés, inundações ou outros condicionamentos restritivos são definidos no programa de trabalhos de cada projecto.

3 - A fotografia não pode ser executada quando o terreno está obscurecido por neblina, fumos ou pó, ou se prevê a possibilidade de aparecimento de nuvens ou sombras opacas de nuvens em mais de 5% da imagem, valor inaceitável se incidir sobre zonas com pormenor planimétrico relevante ou sobre os pontos principais (e seus homólogos) dos fotogramas.

4 – A fotografia só pode ser executada com o céu forrado de nuvens altas em caso de aplicações especiais.

Artigo 12º

Altura solar

A altura do sol tem de situar-se a pelo menos 30 graus, salvo o caso de aplicações especiais que requeiram outros limites estabelecidos pontualmente em cada projecto, mormente para que o ponto de reflexão directa do sol caia fora das fotografias.

Artigo 13º

Deriva

Durante o voo fotográfico a câmara aérea é orientada por forma a que os lados da fotografia segundo a linha de voo sejam paralelos ao eixo da fiada dentro de 5 graus (desvio máximo), não podendo comprometer as tolerâncias estabelecidas para a sobreposição lateral.

Artigo 14º

Inclinações

1 - Os desvios do eixo óptico da câmara em relação à vertical não podem exceder 4 graus e a média por cada projecto, não pode exceder 1 grau.

2 - As inclinações relativas entre duas exposições consecutivas não podem exceder 6 graus.

Artigo 15º

Correcções de rumo

As correcções do rumo do avião entre duas fotografias sucessivas de uma mesma fiada não podem exceder 3 graus.

Artigo 16º

Arrastamento

1 - O arrastamento de imagens provocado pela deslocação da aeronave durante o tempo de exposições, é calculado pela seguinte expressão:

$$a = \frac{V \times 1000 \times t}{3,6 \times S}$$

em que:

a = arrastamento em milímetros.

V = velocidade do avião em km/h.

S = denominador da escala fotográfica a executar.

t = tempo de exposição em fracção de segundo.

2 - O arrastamento não pode exceder 0,015 mm, sem dispositivo de compensação automática de arrastamento, comumente designado pela sigla FMC.

3 - Com recurso a FMC o arrastamento referido no número anterior não pode exceder os 0,005 mm.

Subsecção IV

Avião

Artigo 17º

Escolha do avião

A escolha do avião deve basear-se em critérios que respeitem as disposições legais em vigor e as restrições específicas da área a voar.

Artigo 18º

Características gerais do avião

1 - O avião deve ser de tipo que, quando a câmara estiver montada na sua posição com todos os componentes acima da estrutura exterior, permita um campo de visão totalmente desobstruído, mesmo para a inclinação máxima permitida para a câmara aérea.

2 - O campo de visão deve ser protegido dos gases de escape, óleo e a turbulência do fluxo de ar provocado pelas hélices, caso a aeronave seja deste tipo.

3 - O tecto operacional do avião, com toda a carga operacional (tripulação, câmara, equipamento GPS [Sistema Global de Posicionamento], sistema inercial, filme aéreo, oxigénio, paraquedas, etc.) não deve ser inferior à maior altitude de voo requerida pelo projecto.

Artigo 19º

Vidro de protecção da câmara

1 - O vidro deve ter características de transmissão espectral que sejam compatíveis com as características geométricas e de sensibilidade espectral da combinação sistema

óptico da câmara/filme aéreo a utilizar no projecto e ser isento de quaisquer estrias, veios ou outros defeitos que afectem a resolução e a distorção das imagens.

2 - As superfícies do vidro óptico de protecção da câmara dos aviões pressurizados devem ser plano-paralelas dentro da tolerância de 10 segundos de arco.

3 - A escolha da espessura do vidro de protecção da câmara e a sua montagem no avião devem ser feitas de modo a permitir a satisfação dos requisitos estabelecidos no número anterior quando operando no meio ambiente necessário à execução da cobertura.

4 - O vidro de protecção deve ser mantido limpo e isento de riscos ou quaisquer outros defeitos.

Artigo 20º

Controlo da altitude de voo

1 - O avião tem de estar equipado com um altímetro, um termómetro interior e um exterior, devidamente calibrados, para determinação da altitude do voo indicada à cobertura.

2 - Durante as missões tem de ser introduzido o acerto do altímetro (QNH) obtido na estação mais próxima da área do projecto.

3 - A estação terrestre utilizada para calibração do altímetro tem de ser mencionada.

Artigo 21º

Registos da altitude de voo

1 - Por cada fiada é feito pelo menos um registo da leitura do altímetro e da temperatura do ar exterior.

2 - São ainda registadas as variações térmicas superiores a 2º graus C ou de pressão superiores a 0,3 mm de mercúrio que ocorram em cada fiada.

Artigo 22º

Controlo da temperatura

1 - O compartimento da câmara é mantido a uma temperatura média de 15º C, com variação máxima de 10º C.

2 - Nos aviões pressurizados não pode haver variações térmicas superiores a 4 graus C em qualquer ponto da câmara, *magasin* ou filme.

Artigo 23º

Controlo de humidade

1 - A humidade relativa no compartimento da câmara é mantida em 58 %, com variação máxima de 2 % de humidade relativa.

2 - O filme é conservado à humidade relativa definida no número anterior desde que é retirado do seu contentor selado até à exposição.

3 - Sempre que o controlo de humidade seja impossível inicia-se a operação da câmara aérea com a antecedência suficiente sobre o começo de cada fiada por forma a expor antes do seu início, pelo menos, o número de fotografias que constam da tabela seguinte:

Tempo decorrido a partir do fim da última fiada ou da carga do magasin	Número de exposições extra antes da fiada
menos de 30 minutos	4
de 30 minutos a 2 horas	7
de 2 a 8 horas	10
de 8 a 24 horas	13
de 24 horas a 4 dias	16
4 dias ou mais	19

4 - As exposições preparatórias devem ser todas feitas ou, pelo menos as quatro últimas, com o intervalo de tempo usual.

Artigo 24º

Suporte e suspensão da câmara

1 - A câmara deve ser isolada das vibrações do avião através de suporte adequado que igualmente permita nivelamento em voo e orientação para correcção da deriva.

2 - O suporte/suspensão da câmara deve fornecer isolamento suficiente contra as vibrações, por forma a que estas nunca constituam factor limitativo na escolha da velocidade do obturador.

3 - A velocidade angular máxima da câmara causada por vibrações deve ser inferior ao valor que resulta da seguinte expressão:

$$A = \frac{D}{F \times T}$$

em que :

A = velocidade angular em radianos/segundo.

D = distância de resolução média em mm para o conjunto lentes/filme.

F = distância focal da câmara em milímetros.

T = tempo de exposição em segundos (valor máximo do projecto).

Subsecção V

Apoio GPS aerotransportado para determinação dos centros de projecção

Artigo 25º

Apoio GPS ao voo

O voo pode ser feito com apoio de receptores GPS aerotransportados para determinação rigorosa dos centros de projecção.

Artigo 26º

Receptores aerotransportados

1 - Os receptores GPS aerotransportados são de fase e dupla frequência, com capacidade de captação do código C/A e, eventualmente, do código P(Y) e registo com intervalos de 1 s.

2 - A localização do centro de fase da antena, relativamente ao centro de projecção da câmara, tem de ser conhecida com rigor centimétrico.

3 - O suporte lógico deve integrar a tecnologia “On The Fly”, ou equivalente, para optimização da resolução das ambiguidades.

Artigo 27º

Receptores fixos no terreno

1 - A coordenação por GPS dos centros de projecção fotográficos impõe a utilização de pelo menos um receptor GPS colocado num ponto fixo no terreno, de coordenadas bem conhecidas.

2 - O equipamento GPS é de fase e dupla frequência, com capacidade de captação dos códigos C/A e, eventualmente, do código P(Y) e registo com intervalos de 1 s.

Artigo 28º

Distância entre receptores

Os receptores fixos são colocados a distâncias adequadas em relação aos aerotransportados, considerando que a degradação da precisão da posição a obter é proporcional à distância entre os receptores fixo e móvel.

Secção II

CÂMARAS E LENTES

Subsecção I

Características das câmaras

Artigo 29º

Construção

1 - As câmaras aéreas são do tipo de precisão, calibradas com uma estrutura mecânica rígida que mantenha em posição o sistema óptico, marcas fiduciais e todas as partes que definem o plano focal.

2 - A estrutura mecânica que fixa as componentes referidas no número anterior deve ser articulada por forma a que durante a sua operação lhe não sejam transmitidos esforços a partir do corpo de suporte ou da montagem.

Artigo 30º

Distância focal e formato

1 - A distância focal é, dependendo do especificado para cada projecto, expressa em mm, de acordo com o seguinte quadro:

	Distância focal calibrada em mm
grande angular	153±3
super grande angular	86±4
ângulo normal	211±4
ângulo pequeno	305±5

2 - O formato é de 23 cm x 23 cm.

Artigo 31º

Plano focal

1 - O filme é mantido no plano focal por uma placa de sucção anterior.

2 - A placa contra a qual o filme é pressionado no momento de exposição não pode desviar-se de um plano verdadeiro mais de 0,013 mm.

3 - O diferencial de vácuo no *magasin* para câmaras de planificação anterior por vácuo não pode ser inferior a 25 mm de mercúrio.

Artigo 32º

Marcas fiduciais

1 - As marcas fiduciais produzem registos precisos e definidos em cada negativo e não podem ser afectadas por acidentes ou outras causas.

2 - As marcas fiduciais fornecem por registo em cada negativo, duas ou mais distâncias perpendiculares entre si.

3 - As linhas que unem as marcas fiduciais opostas intersectam-se a 90 graus, dentro de ± 1 minuto de arco.

4 - O ponto principal de autocolimação, o ponto de simetria e o ponto principal indicado estão dentro de um círculo de 0,035 mm de diâmetro.

5 - As marcas fiduciais têm de ser de tipo que possibilite uma localização precisa da marca de leitura em estéreo ou mono.

6 - As marcas fiduciais situadas nos cantos do formato não entram mais de 2 cm, medidos desde o canto, para dentro da área de 23x23 cm².

7 - As marcas fiduciais nos lados do formato, não entram mais de 1 cm na área de 23x23 cm².

Artigo 33º

Obturador

1 - O obturador da câmara é do tipo de velocidade variável, entre lentes, de modo a que a luz seja transmitida simultaneamente a todos os pontos da imagem quando esteja aberto.

2 - A eficiência do obturador tem de ser de pelo menos 70% à máxima abertura.

Subsecção II

Filtros

Artigo 34º

Características gerais dos filtros

1 - A escolha do filtro é feita com ponderação dos seguintes factores:

- a) Condições de iluminação e atenuação atmosféricas previstas para o projecto;
- b) Transmissão espectral do sistema óptico da câmara;
- c) Transmissão espectral do filtro;
- d) Recomendações do fabricante do filme a utilizar.

2 - Só podem ser utilizados filtros que permitam o controlo das características espectrais da luz envolvida no processamento das imagens e da iluminação relativa do centro para os cantos do formato do plano focal.

3 - Os filtros têm revestimento superficial neutral de densidade de graduação crescente (anti-vignetting) na direcção do centro da objectiva para controlo da iluminação relativa.

4 - Os filtros são montados em frente da lente e considerados como parte integrante do sistema óptico da câmara.

5 - Cada filtro é utilizado com a objectiva para a qual foi construído (mesmo número).

Artigo 35º

Qualidade óptica dos filtros

1 - Os filtros são de vidro óptico, sem bolhas, estrias ou riscos.

2 - As superfícies dos filtros têm de ser paralelas dentro de 10 segundos de arco.

3 - A qualidade óptica dos filtros deve ser tal que a sua adição e uso não cause redução da resolução na imagem e não altere as características ópticas das lentes da câmara.

Artigo 36°

Orientação dos filtros

- 1 - O cone assegura que o filtro seja instalado e mantido sempre na mesma e única posição.
- 2 - A orientação é estabelecida para o filtro no seu aro e para o aro na câmara.
- 3 - A orientação única e constante é assegurada por dispositivos mecânicos, por marcas de referência claras e bem definidas ou pela combinação dos dois métodos.

Subsecção III

Características das lentes

Artigo 37°

Iluminação do plano focal

- 1 - A iluminação no centro do plano da imagem não pode ser inferior a 90% do valor máximo encontrado.
- 2 - Em fotografia pancromática e infravermelha, a menor intensidade de iluminação do plano do filme não pode ser inferior a 30% da maior intensidade de iluminação do mesmo plano.
- 3 - Em filmes infravermelhos a cor e de cores naturais o valor mínimo fixado no número anterior não pode ser inferior a 50% do valor máximo.

Artigo 38°

Distorção radial

- 1 - A média da distorção radial, medida nas quatro meias diagonais a partir do eixo óptico do sistema de lentes para os extremos do campo, no plano focal, com base na distância focal calibrada, não excede $\pm 0,005$ mm.
- 2 - A assimetria da distorção radial medida nas quatro meias diagonais, a partir do eixo óptico para os cantos, deve ser tal que a maior diferença absoluta entre a distorção radial medida e a distorção radial média não exceda $\pm 0,005$ mm.

Artigo 39°

Distorção tangencial

A distorção tangencial máxima, medida no plano focal, não excede 0,005 mm.

Artigo 40º

Outras aberrações

As lentes não podem apresentar aberrações que inviabilizem o estabelecido no Artigo 41º.

Artigo 41º

Resoluções

1 - Na construção das lentes deve considerar-se que o poder da resolução média não pode ser inferior a 85% do seu valor nominal, qualquer que seja o tipo de câmara utilizada.

2 - O poder de resolução das lentes deve permitir que a imagem formada no plano focal tenha, no mínimo, 40 pares de linhas por milímetro, desde o centro até ao ângulo de 40º.

3 - A resolução média ponderada na área referida (AWAR) é, no mínimo, de 65 pares de linhas por milímetro.

Subsecção IV

Calibração e testes

Artigo 42º

Calibração das câmaras

1 - As câmaras a utilizar são calibradas, se aplicável, com os filtros e os sistemas GPS e Inerciais montados, e testadas.

2 - Devem ser feitas calibrações independentes, com cada um dos filtros em posição, caso seja utilizado mais do que um filtro por câmara.

3 - As câmaras a utilizar sem filtro são calibradas sem filtro.

4 - A calibração é válida por um período de três anos, dela sendo emitido certificado.

Artigo 43º

Relatório dos testes

Os testes e medições efectuados após a montagem final de todos os componentes da câmara, incluindo os filtros e os sistema GPS e Inerciais, têm de constar de relatório.

Artigo 44º

Conteúdo do relatório

1 - Os relatórios são elaborados com a seguinte informação:

a) Relatório de calibração:

- 1 . Distância focal calibrada das lentes montadas na câmara, com um erro padrão máximo de 0,005 mm;
- 2 . Distorção radial, referida à distância focal calibrada, ao longo de cada diagonal do plano de imagem, a partir do eixo óptico para a extremidade do campo, a intervalos de 5° ou de 7,5°, com um erro padrão máximo de 0,005 mm;
- 3 . Distorção radial média, referida à distância focal calibrada, a partir do eixo óptico para o extremo da imagem, com o intervalo de 5o ou 7,5o;
- 4 . Medição da distorção tangencial máxima no plano da imagem;
- 5 . Medição das distâncias entre marcas fiduciais com um erro padrão não excedendo 0,010 mm;
- 6 . Localização do ponto principal de autocolimação e do ponto de simetria em relação ao ponto principal indicado com um erro padrão não excedendo 0,005 mm;
- 7 . Ângulo entre as linhas que unem as marcas fiduciais opostas com um erro padrão não excedendo 10 segundos de arco.

b) Relatório do teste:

1. Poder de resolução radial e tangencial das lentes montadas no cone, ao longo de cada diagonal, do eixo da lente para a extremidade do campo, a intervalos de 5° ou de 7,5°;
2. Eficiência e tempo efectivo de exposição do obturador montado na câmara, para tempos de exposição correspondentes aos valores marcados para velocidades de disparo máxima, mínima e média;
3. Medições de iluminação no plano do filme ao longo de ambas as diagonais do formato;

2 - Do relatório deve ainda constar menção relativa à não desmontagem do cone ou das lentes após a calibração.

Artigo 45º

Apresentação dos relatórios

Os certificados e os relatórios de calibração devem ser apresentados à entidade adquirente da fotografia para efeitos de verificação da conformidade do equipamento a que respeitam com as especificações técnicas gerais e as especiais exigidas pelo projecto a executar.

Artigo 46º

Negativo-prova

1 - Sempre que a especificidade de certo trabalho determine a apresentação de um negativo fotográfico, este deve ser exposto com *flash*, por contacto no plano focal da câmara, mostrando claramente todas as marcas fiduciais.

2 - O negativo é marcado com a data do teste, números da câmara, cone e lentes e o número ou outra identificação apropriada de cada marca fiducial, em harmonia com a designação adoptada no teste e calibração.

3 - O negativo-prova acompanha o certificado de calibração e o relatório.

Artigo 47º

Testes operacionais

1 - Optando-se pela realização de um teste de serviço fotográfico, para efeitos de apreciação prévia, este deve consistir numa série de pelo menos seis negativos aéreos com sobreposição normal, obtidos com a câmara ou câmaras a utilizar.

2 - Os negativos devem ser obtidos de uma altura de voo aproximadamente igual à prevista para a cobertura e produzidos respeitando as demais especificações.

3 - A área teste a fotografar deve situar-se numa região costeira plana, com pântanos ou equivalente, de extensão suficiente para cobrir totalmente a área comum a dois negativos, abrangendo pequenos corpos de água ou outros pormenores da mesma cota em número bastante para determinar rigorosamente um plano

horizontal ou uma área com pelo menos 30 pontos de apoio vertical rápida e rigorosamente identificáveis, bem distribuídos pelo modelo estereoscópico a observar.

4 - Do teste deve ser fornecida uma prova de contacto, em papel, na qual se identifiquem todos os pontos referidos no número anterior, cuja localização deve ser previamente escolhida.

5 - O filme exposto no teste operacional deve ser identificado quanto aos números das exposições, executante, altitude da fotografia, tipos e números de série das lentes, do corpo da câmara, do cone, do *magasin*, nome do projecto, tipo e matrícula do avião e nome do piloto e fotógrafo/navegador.

6 - Os negativos do teste devem ser utilizados para avaliar da capacidade do executante em realizar a cobertura aerofotográfica de acordo com as especificações técnicas e condicionamentos impostos pelo projecto.

Secção III

FILME AÉREO

Subsecção I

Seleccção do filme

Artigo 48º

Bobines dos filmes

As bobines dos filmes têm um eixo com diâmetro não inferior a 50 mm e diâmetro exterior igual ou superior ao do rolo de filme, dimensões que devem manter-se durante o manuseamento do filme, antes e depois do processamento.

Artigo 49º

Características do filme

1 - O filme a utilizar tem a base de estabilidade dimensional adequada a que o comprimento e largura entre marcas fiduciais, medidos em qualquer negativo, não variem mais de 0,3% relativamente às mesmas medições feitas na câmara e os desvios entre estas medições não excedam 0,04%.

2 - O filme tem largura mínima de 24,1 cm., e a base de suporte do filme, excluindo a emulsão, espessura superior a 0,10 mm.

3 - O filme aéreo adequado a cada utilização é mencionada nas condições especiais, de acordo com a seguinte classificação:

a) Filme pancromático

Filme a preto e branco com sensibilidade na banda espectral de aproximadamente 400 a 750 nanómetros (nm).

b) Filme infra-vermelho (preto e branco)

Filme a preto e branco com sensibilidade na banda espectral para além da do filme pancromático e até à região espectral dos infra-vermelhos próximos.

c) Filme colorido reversível

Emulsão de filme a cores de 3 camadas, sensíveis ao azul, verde e vermelho, a qual, quando processada, produz uma transparência positiva colorida.

d) Filme colorido negativo

Emulsão de filme a cores com três camadas sensíveis ao azul, verde e vermelho que, quando processada, produz um colorido negativo.

e) Filme infra-vermelho colorido (falsa cor)

Filme a cores diferindo da emulsão normal a cores no facto de as três camadas serem sensíveis ao verde, vermelho e à radiação infra-vermelha.

4 - A escolha do filme é feita com ponderação dos seguintes factores:

- a) Finalidade da fotografia;
- b) Reflectância do terreno a fotografar;
- c) Condições atmosféricas previstas para a zona;
- d) Características de iluminação na época da cobertura;
- e) Características da câmara aérea e do avião.

5 - As amostras dos testes operacionais previstos no artigo 47º são executadas com o tipo do filme escolhido para a cobertura.

Subsecção II

Exposição e processamento

Artigo 50º

Exposição

- 1 - A exposição deve permitir um negativo (ou transparência positiva) que resulte, na maior parte das densidades da imagem, em valores situados na parte aproximadamente rectilínea da curva característica do material fotográfico.
- 2 - A densidade mínima da imagem não pode ser inferior a 0,3 acima da densidade do suporte da emulsão.
- 3 - Na escolha da exposição considera-se a velocidade efectiva do filme e o valor da função gama necessário ao grau de luminosidade do terreno a fotografar.
- 4 - A exposição é feita com os valores do diafragma e da velocidade do obturador que permitam a máxima resolução.
- 5 - Quando devido à velocidade do avião o arrastamento seja limitativo da resolução, as exposições são feitas com o valor máximo consentido de velocidade do obturador.

Artigo 51º

Registo de informação auxiliar

- 1 - A informação auxiliar a registar fotograficamente é identificada especificamente para cada projecto, devendo os registos ser de leitura fácil.
- 2 - O registo da imagem de um altímetro tem de estar em concordância com os valores do altímetro calibrado do avião.
- 3 - O registo da hora é feito em tempo local.
- 4 - Durante a missão deve confirmar-se o funcionamento das luzes dos instrumentos e a regulação da exposição, de que depende a boa legibilidade das cópias.

Artigo 52º

Processamento laboratorial

- 1 - Os métodos de processamento obedecem genericamente às recomendações do fabricante do filme utilizado.
- 2 - Para negativos a preto e branco, o grau de revelação é determinado em função do índice de reflectância do terreno fotografado.

- 3 - Os valores de gama não podem ser inferiores a 0,6 nem superiores a 1,2.
- 4 - Em casos de excepção, designadamente de fotografia realizada sobre terreno de baixo índice de luminosidade, o processamento do filme pode ser elevado a 1,5.
- 5 - Os valores mais baixos de gama são aplicáveis a áreas de elevado grau de luminosidade, designadamente em áreas montanhosas com sombras profundas e reflexões de neve.
- 6 - O processamento tem de ser uniforme e assegurar que em qualquer exposição sensitométrica isolada, o valor de gama não varie mais de 10% do pretendido ou do valor médio do projecto.
- 7 - Deve imprimir-se uma escala sensitométrica de cinzentos (step-wedge) pelo menos uma vez por rolo de filme processado.
- 8 - No sistema de *processamento de vai e vem* deve evitar-se a impressão nos extremos do rolo.
- 9 - O filme processado é acompanhado de informação completa sobre as características da escala sensitométrica, a distribuição espectral da fonte iluminante e o tempo de exposição.
- 10 - São interditos processos de revelação que tenham efeitos nocivos nas características de estabilidade dimensional da imagem.
- 11 - Durante o processamento total, os filmes não podem ser sujeitos a tensões ou variações térmicas que provoquem deformações irreversíveis da estabilidade do filme.
- 11 - É recomendável conservar a tensão inferior a 180 gramas por cm da largura e a temperatura de secagem abaixo de 38° C para boa conservação da estabilidade do filme.

Artigo 53°

Qualidade da imagem

- 1 - A imagem fotográfica tem de ser clara e nítida no pormenor, com densidade uniforme e contraste que evidencie todos os pormenores em zonas de sombras e de muita reflexão.
- 2 - Sem prejuízo do disposto no número seguinte, é rejeitada a fotografia que apresente:
 - a) Contraste excessivo ou baixo;

b) Nuvens, sombras de nuvens, fumos, neblina, neve excessiva, poeiras, riscos e manchas de luz; marcas de revelação, marcas de electricidade estática, sombras, manchas químicas, marcas de água;

c) Quaisquer outros defeitos que prejudiquem o fim a que se destina.

3 – Podem excepcionalmente ser admitidas fotografias que apresentem superfícies de água, sombras profundas ou campos de neve, se o executante demonstrar ter cumprido os procedimentos devidos para assegurar os requisitos de densidade e contraste.

Artigo 54º

Emendas a filmes

1 - Não são admitidos filmes com cortes ou emendas a menos de 50 cm duma exposição útil.

2 - Os negativos não podem ser cortados, nem individualmente nem por fiadas.

Artigo 55º

Provas de contacto

1 – Dos filmes processados são feitas provas de contacto das exposições consideradas úteis para avaliação.

2 - As provas de contacto são feitas em papel semi-mate de base estável que assegure que, quando secas, permanecem planas ainda que ocorram variações acentuadas de humidade relativa.

3 - As provas de contacto incluem uma imagem legível dos registos dos instrumentos auxiliares.

4 - As provas devem apresentar densidade e tom uniformes e o grau de contraste deve ser tal que todos os pormenores em sombras e luzes sejam perfeitamente evidenciados.

5 - As provas de contacto devem apresentar-se limpas e isentas de manchas, defeitos, pontos irregulares, marcas de bolhas de ar, véu de luz, riscos de revelação e impressões digitais e devem ser muito bem lavadas para as eliminar de resíduos de produtos químicos que atentem contra a sua conservação e permanência.

Subsecção III

Anotação e relatório do filme

Artigo 56º

Anotação do filme

- 1 – De cada exposição é feita anotação clara no filme, antes da impressão.
- 2 - Cada fotograma é identificado pelos seguintes elementos:
 - a) Número de imagem (fotografado em cada prova);
 - b) Tipo de câmara: V (vertical), P (oblíquo à esquerda) ou S (oblíquo à direita);
 - c) Nome da entidade executante: BA1 FAP (Base Aérea nº Um, Força Aérea * Portuguesa), EC (entidade civil, oficial ou privada);
 - d) Número da missão, Grupo data/hora (se o relógio da câmara os não indicar claramente);
 - e) Distância focal da câmara (fotografada em cada imagem);
 - f) Altitude de voo;
 - g) Nome do projecto ou da zona;
 - h) Classificação de segurança: Reservado (RES).

Assim, admitindo que o número da prova, da distância focal e da hora aparecem indicados na imagem, teremos, a título de exemplo, a seguinte anotação:

V.BA1.FAP, 02, 24/MAR/81, 4500FT, C. BEIRA-RES

ou

V.EC., 18, 14/JUL/81, 8000FT, ALGARVE-RES

Artigo 57º

Relatório de filme

Por rolo de filme processado é elaborado um relatório, com a seguinte informação:

- a) Número de filme;
- b) Número de missão;

- c) Matrícula do avião;
- d) Nomes do piloto e fotógrafo/navegador;
- e) Tipo de câmara;
- f) Número da câmara;
- g) Número do cone;
- h) Número e tipo do filtro;
- i) Número do *magasin*;
- j) Tipo do filme;
- l) Número da emulsão e data em que expira a validade;
- m) Abertura do diafragma;
- n) Velocidade do obturador;
- o) Número e designação das fiadas;
- p) Direcção de voo de cada fiada;
- q) Data de exposição de cada fiada;
- r) Localização das fiadas (de-para);
- s) Hora local do começo e fim de cada fiada (devendo ser referidos todos os negativos expostos, mesmo os inúteis);
- t) Altitude de voo planeada e indicada para cada fiada;
- u) Leitura do altímetro e temperatura do ar exterior para cada fiada;
- v) Data de processamento do filme;
- w) Revelador utilizado;
- x) Temperatura do revelador;
- y) Tempo de revelação;
- z) Comprimento do filme processado;
- aa) Informação sensitométrica (“step-wedge” impressa com um sensitómetro calibrado);
- bb) Comentários sobre qualidade dos negativos e relativos a condições meteorológicas;
- cc) Data e elementos de calibração da câmara.

Secção IV

ELEMENTOS A ENTREGAR

Artigo 58º

Esquema de cobertura

- 1 - É obrigatória a execução de um esquema de cobertura, em papel ou digital, projectado e desenhado sobre as folhas da carta topográfica em escala adequada, em que figurem os pontos principais de todos os fotogramas, e a numeração das fiadas e dos respectivos filmes aéreos.
- 2 - As fotografias são numeradas, pelo menos, de 5 em 5.
- 3 - O sentido de voo das fiadas é assinalado por setas.
- 4 - Os números da primeira e última exposições e o número do filme são indicados, em rectângulos, nos extremos de cada fiada.
- 5 - Os limites exteriores da área coberta estereoscopicamente são representados no esquema de cobertura.

Artigo 59º

Entrega de materiais

Cada cobertura fotográfica, salvo disposição em contrário das condições específicas do projecto, é entregue com os seguintes elementos:

- a) Todo o filme aéreo processado, aprovado e/ou rejeitado;
- b) Uma prova de contacto de cada negativo útil em material estável de superfície semi-mate;
- c) Relatórios dos filmes;
- d) Relatórios da calibração e testes da câmara, se ainda não entregues;
- e) Um negativo de contacto do plano focal, quando solicitado.

Artigo 60º

Condições específicas

O conteúdo dos elementos a entregar e a execução do projecto pode ser estabelecido nas condições específicas, relativamente às seguintes matérias:

- a) Requisitos gerais e finalidade da fotografia;

b) Requisitos operacionais detalhados respeitantes a:

1. Área a fotografar.
2. Plano de voo.
3. Altura de voo, escala fotográfica.
4. Sobreposições longitudinal e lateral.
5. Época da cobertura.
6. Restrições da altura solar.

c) Requisitos fotográficos respeitantes a:

1. Tipo de câmara e distância focal.
 2. Marcas fiduciais.
 3. Filtros.
 4. Teste operacional.
 5. Filme.
 6. “Gama” (densidade).
7. Registo de informação auxiliar.

PARTE B

FOTOGRAFIA AÉREA DIGITAL

Artigo 61º

Especificações gerais

Às coberturas aerofotográficas digitais aplicam-se os requisitos e especificações técnicas gerais constantes da PARTE A do presente regulamento e as especiais desta PARTE B.

As especificações constantes da PARTE A são de cumprimento obrigatório excepto quando, pelas próprias características da tecnologia, o cumprimento se evidencie impossível.

Artigo 62º

Resolução geométrica

As câmaras digitais a utilizar na execução da fotografia digital têm sensores formados por células com dimensão máxima de 0,012 mm, salvo se o projecto exigir uma resolução melhor.

Artigo 63º

Resolução radiométrica

Os sensores das câmaras digitais devem registar pelo menos 256 níveis radiométricos, salvo resolução melhor exigida pelo projecto.

Artigo 64º

Resolução no terreno

1 – A altura de voo deve, considerando a escala de representação que se pretende para o levantamento topográfico a produzir com base nestas imagens, assegurar uma resolução geométrica média no terreno por imagem, de valor igual ou menor ao constante da tabela a seguir indicada, salvo indicação em contrário do projecto:

Escala do levantamento	Resolução média no terreno em metros
1:1 000	0,07
1:2 000	0,12
1:5 000	0,24
1:10 000	0,34
1:25 000	0,50

A altura de voo (H) é calculada por:

$$H = R \times f / r$$

onde:

f = Distância focal calibrada

R = Resolução média no terreno

r = Resolução geométrica do sensor

2 - Para escalas de levantamento intermédias, a resolução é calculada proporcionalmente aos dois valores, imediatamente superior e inferior, estabelecidos no número anterior.

Artigo 65º

Parâmetros geométricos

1 - Não existem marcas fiduciais como entendido nas câmaras fotográficas analógicas. A sua função é desempenhada pelas células (pixel) dos cantos da imagem.

2 - As distâncias entre os extremos da imagem são definidas, para efeitos de calibração, pelo número de células do sensor.

3 - As posições do ponto principal de auto-colimação e do ponto de simetria e os valores de distorção da lente são corrigidos no processo de pós processamento das imagens.

4 - O processamento das imagens originais tem de obedecer às recomendações do fabricante do sistema fotográfico com vista à obtenção das imagens finais, a ser disponibilizadas para o processo fotogramétrico. Como estabelecido no ponto anterior, neste processamento há lugar à correcção de parâmetros geométricos pelo que a mesma não é feita nas operações fotogramétricas subsequentes.