

# CÂMARAS AÉREAS DE GRANDE FORMATO



Valther Xavier Aguiar

Zoom e parte do Carpet de Pixels obtido pelo sensor Leica ADS100 – GSD 5cm – 20.000 x 188.648 pixels – 3.773 megapixels – Curitiba

Um dia desses, em conversa com associados da ANEA comentávamos sobre um contratante estar exigindo câmara aérea de grande formato em seu processo licitatório. Um deles afirmou categoricamente que sua empresa possuía o equipamento, pois sua câmara aérea tinha 100 megapixels de resolução. Tive de respeitosamente discordar! Embora um sensor com essa resolução até já tenha sido considerado de grande formato, hoje já existem câmaras com mais de 100 megapixels equipando alguns smartphones e, nesse caso, está muito longe de ser considerada câmara de grande formato. Entretanto, na aerofotogrametria, a distinção entre o médio e o grande formato não é uma tarefa fácil.

A expressão “grande formato” tem sua origem na fotografia convencional, foi incorporada à fotogrametria na época das câmaras analógicas e dizia respeito ao tamanho do quadro – ou do negativo – da imagem. As câmaras aéreas que tinham o quadro de 23 por 23 centímetros eram consideradas de grande formato. Quando surgiram os primeiros sensores aéreos digitais, todos eram considerados de grande formato, embora nenhum deles alcançasse resolução equivalente às melhores câmaras aéreas analógicas em utilização. Alguns anos depois, o mercado foi invadido por câmaras com menor custo, porte e menos recursos tecnológicos – as chamadas câmaras aéreas digitais de médio formato, que em sua maioria operavam em conjunto com sensores LiDAR e para mapeamento de corredores. Segundo o Dr. Michael Cramer\*, professor da Universidade de Stuttgart, nos dias atuais uma câmara aerofotogramétrica que forneça imagens com cerca de 400 megapixels deve ser considerada de grande formato, pois possui resolução comparável a uma imagem obtida com as últimas câmaras aéreas baseadas em filme e posteriormente digitalizada ou escanerizada.

Em 2002, a empresa Z/I Imaging Corporation – uma fusão da alemã Carl Zeiss com a americana Intergraph – lançou no mercado a sua primeira câmara aérea digital de grande formato: a DMC. Era uma câmara aérea digital de frame ou quadro, dotada de 4 sensores CCD multiespectrais com resolução de 6 megapixels, 4 sensores pancromáticos com 28 megapixels e 8 lentes, na qual, após refinado processamento, a imagem final tinha resolução de 104 megapixels. Em 2021, a câmara Leica DMC-III de grande formato, a evolução da DMC da extinta Z/I, agora com 5 sensores CMOS e 5 lentes, entrega imagens multiespectrais com resolução de 375 megapixels.

Embora não esteja exatamente bem definido o limite entre médio e grande formato, segundo o Dr. Cramer, o médio formato tipicamente compreende apenas um sensor apontado para o nadir, sem o acréscimo de outros sensores para aumentar a área imageada (ou footprint) e também sem a presença de sensores ou cabeças adicionais para a informação de cor. Assim, a tomada nadiral apresenta, geralmente, o padrão de Bayer para obtenção da imagem colorida. O filtro, matriz ou padrão de Bayer é o recurso em que somente um sensor, CCD ou CMOS, é utilizado para coletar a imagem RGB, no qual 25% dos pixels coletam a banda vermelha, 50% coletam a banda verde e 25% coletam a banda azul, compondo, assim, a imagem RGB. O prof. Cramer também esclarece que, diferentemente de uma câmara aérea de médio, a de grande formato tem sensores nadirais adicionais, por duas principais razões: a primeira, para aumentar o “footprint” a partir de várias subimagens adjacentes de maneira a compor uma imagem de maior abrangência. Sensores adicionais para a coleta de bandas espectrais distintas é a segunda razão, obtendo, assim, imagens de maior qualidade radiométrica com a tão desejada e real separação de cores.

No mercado brasileiro hoje, três são as principais marcas de câmaras aerofotogramétricas em utilização: Hexagon-Leica, Vexcel e PhaseOne. A suíça Leica Geosystems AG apresenta em seu site o sensor MFC150 como sendo de médio formato e possui 150 megapixels. A austríaca Vexcel Imaging GmbH comercializa diversas câmaras de grande formato, sendo uma delas a UltraCam Eagle Mark-III com 450 megapixels. A dinamarquesa PhaseOne A/S somente considera de grande formato o seu sensor iXM-RS 280F com 280 megapixels. O modelo iXU-RS1900, imediatamente inferior, um pouco mais simples, mas também com dois sensores, duas lentes e com resolução final de 190 megapixels, é considerado como de médio formato.

Como se pode observar, embora seja uma das principais características, não é somente a quantidade de pixels do “footprint” que definirá se uma câmara aérea é ou não de grande formato. Em 2003, a câmara Vexcel UltraCam D, antecessora da UltraCam Eagle, indiscutivelmente de grande formato na época do seu lançamento, fornecia imagens de 86 megapixels. Se pensarmos somente na quantidade de pixels, o grande formato de hoje poderá ser o médio formato de amanhã e o pequeno formato de depois de amanhã.

Outra evidente característica é a diferença de peso e volume a serem embarcados. Um conjunto, sensor e periféricos, de grande formato pode pesar cerca de 10 vezes mais do que um de médio formato. A imagem ao lado ilustra muito bem a diferença de tamanho entre os sensores de grande e médio formatos – o cone SH100 do sensor Leica ADS100 e a câmara RCD30. Um com 48Kg e outro com 4 Kg, ambos do mesmo fabricante e operados pela ESTEIO. Há muito tempo as expressões pequeno, médio e grande formatos\*\* fazem parte do vocabulário de muitos usuários, fotogrametristas e simpatizantes, e possivelmente não deixarão de ser empregadas. Entretanto, para não haver dúvidas de interpretação, ao se especificar ou exigir o “formato” de uma câmara aérea, devem ser acrescentadas minimamente algumas características desejadas.



Parece correto afirmar que, na aerofotogrametria, a definição de grande formato muda com o passar do tempo, e será sempre o “maior footprint” disponível no mercado, o qual vem absorvendo câmaras e sensores digitais de grande formato desde o ano 2000. Vários deles ainda estão em operação e fornecendo imagens de altíssima qualidade geométrica e radiométrica. A performance, a qualidade e a resolução são obtidas não somente pelos milhares de pixels, mas também, e por vezes principalmente, pelos recursos tecnológicos adicionais associados aos sensores CCD ou CMOS.

Dúvida comum por parte de diversos contratantes brasileiros é em que tipo de imageamento poderia ser suficiente o médio formato e onde seria necessário o grande formato. Novamente, não é uma questão fácil a ser respondida. O que se pode dizer é que, via de regra, o imageamento obtido por um sensor de grande formato será sempre melhor que um de médio formato e, este, melhor que um de pequeno formato. Entretanto, vários fatores podem e devem ser ponderados, tais como: prazo de execução, custo em conjunto com as etapas decorrentes, qualidade geométrica e principalmente radiométrica, entre outros. Importante lembrar que é comum, em áreas maiores, o custo de um voo feito com câmara de grande formato ser inferior a um com médio formato e, ainda, que o eventual maior custo pode ainda significar melhor custo.

A ESTEIO, ao longo de seus mais de cinquenta anos de existência, possui e já operou diversos sensores aerofotogramétricos, sendo quatro digitais de médio formato, seis analógicos e três digitais de grande formato. Sua mais recente aquisição foi o sensor Leica ADS100. ADS é um acrônimo para Airborne Digital Sensor, e as versões 100 e 120 fazem parte da quinta geração dessa linha de sensores iniciada no ano de 2001 com o ADS40. O ADS100 é um dos mais modernos sensores disponíveis no mercado, são mais de 120kg embarcados de altíssima tecnologia, pois contém principalmente os seguintes recursos:



- Treze sensores lineares para imageamento contínuo com 20.000 pixels transversais à linha de voo. Três linhas de sensores para a banda vermelha, quatro linhas para a banda verde, três linhas para a banda azul e três linhas para a banda não visível infravermelha próxima;
- Coleta simultânea das distintas bandas espectrais: vermelha, verde, azul e infravermelha ( $R = 619-651\text{nm}$ ,  $G = 525-585\text{nm}$ ,  $B = 435-495\text{nm}$  e  $NIR = 808-882\text{nm}$ ), correlacionadas com a utilização de 3 filtros Tetrachroid e, sem a utilização do recurso pan-sharpening (amostragem RGB sobre pixels pancromáticos), comum nas câmaras digitais de frame;
- Sensores com TDI – Time Delay Integration, a alternativa digital para evitar o arrastamento da imagem, equivalente ao FMC e inédito nos sensores lineares;
- Três visadas R, G, B e NIR, anterior com  $19^\circ$ , nadiral com  $0^\circ$  e posterior com  $26^\circ$ , gerando uma faixa de imagem nadiral e duas oblíquas de forma simultânea;
- Três pares estereoscópicos por faixa;

- Imagem nadiral com perspectiva paralela e visada ortogonal no eixo da faixa;
- Lente única e telecêntrica com compensação térmica e de pressão, exclusivamente projetada e fabricada para utilização fotogramétrica por um dos melhores fabricantes de lentes do mundo – a lente telecêntrica traz ganhos significativos à qualidade da imagem;
- Plataforma giro-estabilizadora de alta performance PAV100-HP, responsável pela correta estabilização do sensor durante o voo e, com possibilidade de uso compartilhado com o cone SH120, sensor laser, sensor batimétrico, sistema oblíquo, ou de médio formato;
- Capacidade de memória de 2,4 Terabytes e intercambiável em voo;
- Capacidade de obtenção de imagens com até 3cm de GSD (pixel no terreno);
- Sistema Inercial de alta precisão, eficiente software de planejamento e operação de voo, entre outros.



Imagens RGB – Visadas Anterior (19°), Nadiral (0°) e Posterior (26°) – Oriundas de uma das primeiras faixas de voo com sensor ADS100 – Curitiba

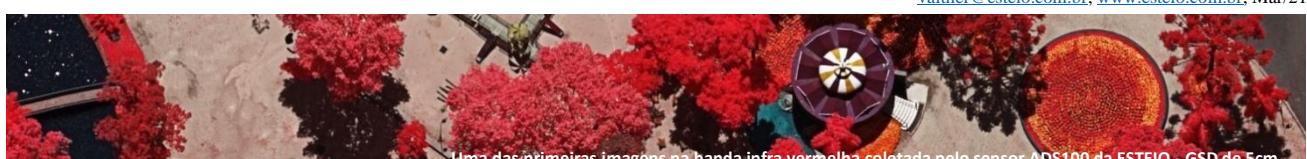
Como o imageamento é contínuo – característica do sensor linear também conhecido como de varredura ou “pushbroom”, o novo sensor Leica ADS100 da ESTEIO pode coletar imagens nadirais com dimensões de 20.000 pixels por um número de pixels limitado somente pelo tempo de voo. Em resposta à frequente pergunta sobre qual é a resolução em megapixels do sensor ADS100, pode-se mencionar o seguinte: embora a resolução em megapixels seja característica exclusiva das câmeras de frame, se imaginarmos uma imagem quadrada, como as oriundas das câmeras analógicas, teremos uma resolução equivalente a 400 megapixels; se imaginarmos uma imagem na proporção 3 por 4, chegaremos em 553 megapixels e, se pensarmos na dimensão real da imagem, faixa ou cena, também chamada de “carpet de pixels” – primeira imagem deste texto, poderemos chegar, dependendo da velocidade da aeronave e do GSD, a milhares de megapixels – ou vários gigapixels.

Portanto, o ADS100 é um ótimo representante dos atuais sensores de grande formato que estão disponíveis nesse restrito e seletivo mercado de sensores aéreos digitais.

\* Dr. Michael Cramer é engenheiro, pesquisador, professor e chefe do grupo de pesquisa de sistemas fotogramétricos do Instituto de Fotogrametria da Universidade de Stuttgart na Alemanha. Em consulta pessoal pelo e-mail: valther@esteio.com.br em 19/02/21.

\*\* As expressões pequeno, médio e grande formatos fazem parte da história da fotografia. Embora as câmeras digitais tenham suplantado as analógicas, estas ainda existem e são utilizadas por um pequeno número de aficionados pela fotografia convencional. As câmeras de grande formato foram as primeiras a surgirem, tinham diversos tamanhos de quadro, sendo o menor deles de 4 x 5 polegadas, este tamanho de filme é comercializado em folhas e existe desde 1830. As câmeras de pequeno formato utilizam filme em rolo e principalmente no padrão 135 – lançado em 1934 pela Kodak, com frame de 24 x 36 mm ou menor. Uma câmera de médio formato, originalmente, usava o conhecido filme 120 – disponível desde 1901, com quadro geralmente de 60 mm por 45 ou 60 mm. Na transição para a era digital, os “backs” de médio formato foram todos projetados com dimensões suficientemente pequenas para utilizar lentes originalmente projetadas para uso com o filme “120”. Naturalmente, hoje em dia, até mesmo as lentes são redesenhas para acomodar as características especiais dos planos focais digitais, mas a nomenclatura persiste. Contribuição recebida de Ron Roth da Hexagon-Leica USA.

Valther Xavier Aguiar é engenheiro cartógrafo, diretor técnico da ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. e presidente da ANEA – Associação Nacional de Empresas de Aerolevantamento.  
[valther@esteio.com.br](mailto:valther@esteio.com.br), [www.esteio.com.br](http://www.esteio.com.br), Mar/21



Uma das primeiras imagens na banda infra vermelha coletada pelo sensor ADS100 da ESTEIO - GSD de 5cm