

AEROFOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO COM DRONES

TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE DADOS DE IMAGENS AÉREAS

Fonte: Giovanini, Adenilson. Topografia com Drones (Portuguese Edition) (p. 91). Edição do Kindle.

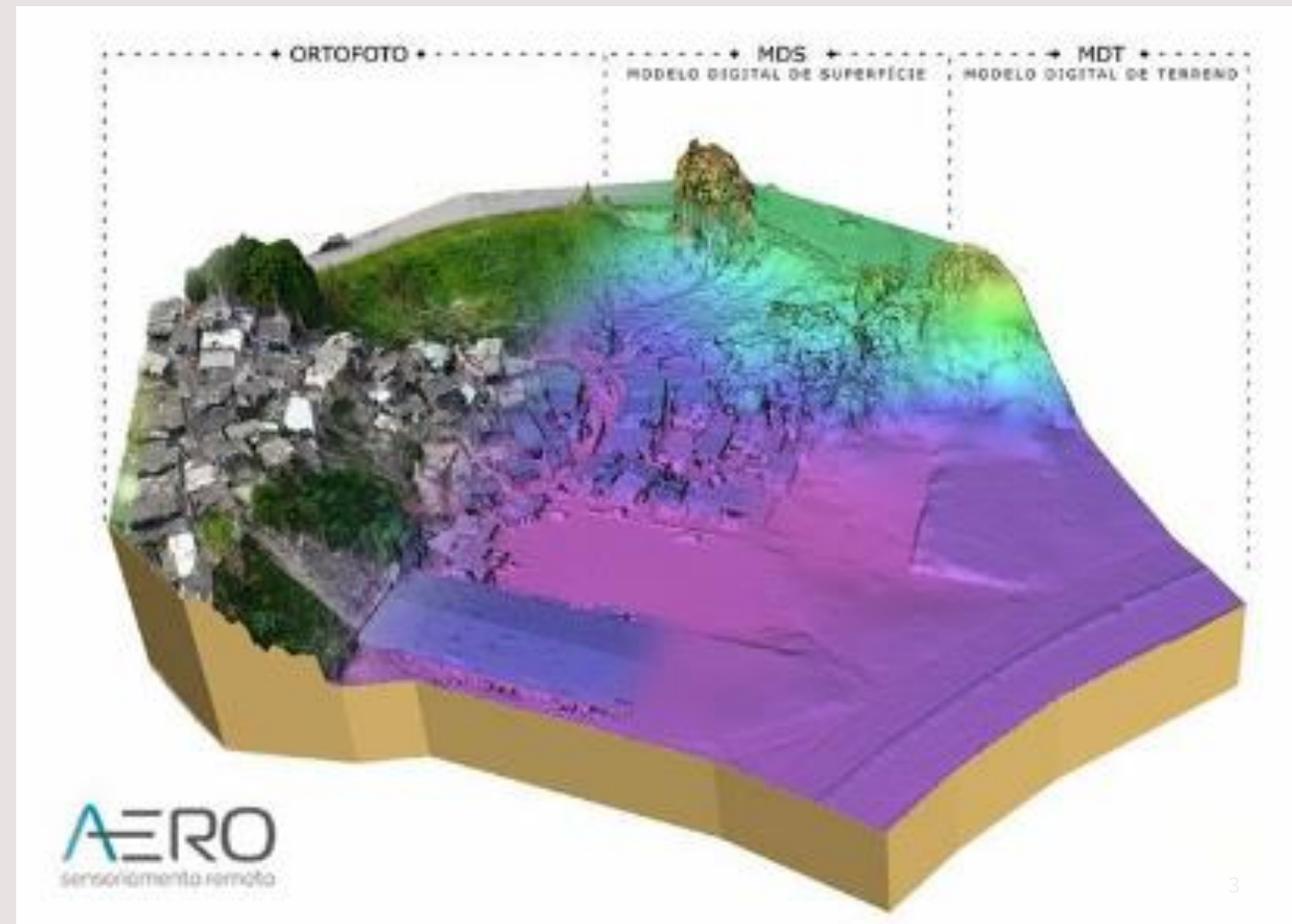
VANTAGENS

O levantamento topográfico com drones possui grandes vantagens:

- mapeamento de até centenas de hectares em poucos minutos;
- obtenção de um nível de detalhamento do terreno até melhor do que com a topografia clássica e com posicionamento com GNSS;
- possibilidade de mapeamento de áreas de difícil acesso.

Entretanto, existe uma grande desvantagem:

- os drones não conseguem obter dados ao nível do solo de locais nos quais existam estruturas naturais ou artificiais;
- dificuldade de geração de modelos digitais de terreno.



CARACTERÍSTICAS QUE UM DRONE PRECISA TER PARA SER CONSIDERADO UM DRONE PARA MAPEAMENTO

- Capacidade de realizar voos automáticos usando GPS;
- Autonomia de voo;
- Qualidade da câmera (precisa ter pelo menos 12 megapixels);
- Capacidade de aplicar uma Geotag nas fotos;
- O drone precisa ter gimbal.

CÂMERAS PARA DRONES

- Câmera RGB;
- Câmera multiespectral;
- Câmera RGB modificada.

- Câmera RGB

São utilizadas para a obtenção de dados quantitativos do terreno, sendo que as mesmas possibilitam a produção de uma série de produtos fotogramétricos.

- Nuvem densa de pontos;
- Ortomosaico;
- Modelo digital de superfície (MDS);
- Modelo Digital do Terreno (MDT) e;
- Curvas de nível.



Fonte: Topografia com Drones – Adenilson Giovanini (2020)

A partir do ortomosaico é possível determinar-se a topografia do terreno, fazendo-se medições e determinando-se: Ângulos; Áreas; Coordenadas; Distâncias e Perímetros.

- Câmera multispectral

Este tipo de câmera possui um obturador único para cada banda espectral, o que resulta em imagens distintas para cada disparo do equipamento.



Fonte: Topografia com Drones – Adenilson
Giovanini (2020)

- Câmera RGB modificada

Uma das bandas é modificada, rastreando outro comprimento de onda do espectro eletromagnético.

ETAPAS DO MAPEAMENTO COM DRONES

Planejamento do voo

Primeira etapa:

- 1 – Análise das características planialtimétricas da área de estudo;
- 2 – Análise de como o clima estará no momento do voo;
- 3 – Delimitação do perímetro da área que será mapeada (usa-se normalmente arquivo kml).

Criação do Plano de Voo

Planejar fazer voo no modo automático, usando aplicativo de plano de voo, pois além do plano de voo, o mesmo fará o controle do voo em si.

Ao elaborar o plano de voo, é necessário informar todos os parâmetros para o software:

- A taxa de sobreposição;
- A altitude do voo;
- O local que será mapeado.

Distribuição de pontos de controle e levantamento dos mesmos com um receptor GNSS

- Obter pontos de controle com uma grande acurácia, fazendo o rastreamento dos mesmos preferencialmente através da utilização do método RTK;

Como os pontos de controle devem ser distribuídos na área a ser mapeada?





Fonte: Topografia com Drones – Adenilson
Giovanini (2020)

Localização de pontos de controle em locais de topografia acidentada

A altimetria costuma interferir mais do que a planimetria na acurácia dos dados.



Fonte: Topografia com Drones – Adenilson Giovanini (2020)

Definir pontos de checagem



Fonte: <https://blog.droneng.com.br/pontos-de-controle-quando-utilizar/>

Precisam ser elementos naturais ou artificiais existentes na área que será levantada.

- Árvores;
- Postes;
- Afloramentos rochosos;
- Esquinas;
- Mourões;
- Cantos de muro.

Acompanhamento do Voo

É essencial acompanhar o voo, pois pode acontecer, por exemplo, do vento estar com uma velocidade alta, e ser necessário parar o voo.

Ou ainda, de alguma coisa sair errada e o software não fazer o voo corretamente.

Importação e tratamento das imagens em um software de processamento de imagens de Drone

O tratamento das imagens pode ser dividido em 6 etapas:

1 - Adicionar as fotos;

2 - Converter o sistema de coordenadas para SIRGAS 2000;

3 – Fazer o alinhamento das fotos (o software vai ler a Geotags e criar a nuvem de pontos espaçada);

4 - Importar os pontos de controle e fazer o registro, informando a posição do ponto de controle em cada imagem;

5 - Gerar a nuvem de pontos densa e o mapa de profundidade;

6 – Criar o modelo 3D.

Geração dos produtos fotogramétricos

1 - Modelo Digital de Superfície (MDS);

2 - Modelo Digital de Elevação (MDE);

3 – Ortomosaico;

4 – Curvas de nível.

As 12 etapas do mapeamento por drone no Agisoft metashape

- Adicionar as fotos;
- Converter o sistema de coordenadas para SIRGAS 2000;
- Fazer o alinhamento das fotos (o Agisoft metashape vai ler as Geotags e criar a nuvem de pontos espaçada); Importar os pontos de controle e fazer o registro dos mesmos;
- Gerar a nuvem de pontos densa e o mapa de profundidade;
- Criar o modelo 3D;
- Construir a textura para o modelo 3D;
- Geração do modelo digital de superfície (MDS);
- Geração do modelo digital de terreno (MDT);
- Geração do ortomosaico;
- Fazer a verificação, utilizando-se os pontos de verificação (pontos de checagem do georreferenciamento);
- Geração das curvas de nível.

Pós Processamento dos Dados

Nesta etapa, são gerados os diferentes produtos fotogramétricos.

PLANEJAMENTO DE VOO

Primeira etapa anterior ao campo

Que informações a respeito da área a ser mapeada precisam ser levantadas?

- Verificar as características da área a ser mapeada, verificando a topografia da mesma e a existência de elementos naturais e artificiais;
- Identificar o melhor local para o lançamento e pouso do drone;
- Identificar elementos naturais que sirvam de ponto de controle ou, o que é mais indicado, os locais nos quais você localará pontos de controle artificiais;
- Analisar a direção do vento, a altitude, a velocidade de voo e o grau de sobreposição das imagens;
- Definir um GSD adequado, haja vista o objetivo pelo qual o levantamento está sendo realizado.

Utilizar o Google Earth para analisar a área de estudo

- Fazer a vetorização do perímetro da área a ser mapeada, salvando o mesmo no formato kml;
- Uma vez conhecido o tamanho da área a ser mapeada, tem-se a informação se o mapeamento será realizado com um único voo, ou se precisará de 2 ou mais voos;
- Para saber a capacidade de mapeamento do drone, deve-se basear na GSD do mesmo;
- Uma conhecida a área abarcada em cada pixel (por exemplo, 3 cm^2 ou 5 cm^2), consegue-se calcular a área mapeada por cada imagem e, conseqüentemente, calcular o número de imagens e o tempo de voo necessário para o mapeamento da área.

- Caso seja necessário mais de um voo, deve-se levar baterias extras à campo e, utilizando um aplicativo de plano de voo, calcular para que cada voo gaste 80% de uma bateria. Quando a bateria chegar a esta porcentagem, o drone retornará para a base e fará o pouso automaticamente.

Fazer o plano de voo em um aplicativo próprio para isso

Exemplos de softwares de elaboração de plano de voo:

- Drone Deploy:

Aplicativo gratuito para a realização do planejamento e execução do voo, e possui planos pagos com mais funções, como o processamento em nuvem.

É compatível com sistema operacional Android e IOS, possuindo também integração com plataforma online, possibilitando fazer o planejamento de voo em computadores, smartphone e tablets.

- Skydrones:

É um aplicativo brasileiro compatível com dispositivos iOS e Android.

Possui 6 tipos de missão:

Plano de voo único;
Plano de voo duplo;
Plano de voo irregular;
Plano de voo espiral;
Missão circular;
Missão vertical.

- Pix4D Capture:

Aplicativo gratuito que está disponível para os sistemas Android e iOS.

Possui 5 modos de mapeamento, podendo fazer voos de estruturas 3D (prédios, casas, etc), voo livre e mapeamento aéreo.

- DJI Ground Station PRO:

O aplicativo de plano de voo drone da DJI funciona apenas em ipad.

Pode ser baixado gratuitamente, porém possui inúmeras funções pagas.

É compatível somente com os drones da DJI.

- Precision Flight:

É compatível com Android e iOS.

Possui os seguintes tipos de voo:

Grid;

Orbit (ideal para modelagem 3D);

Vídeo (voo manual para filmagem).

Funciona somente com drones da DJI.

Segunda etapa anterior ao campo

- Conferir a previsão do tempo;
- Colocar as baterias do drone e do receptor GNSS carregar;
- Verificar se está tudo ok com os alvos e demais equipamentos.

É importante ter, pelo menos, duas baterias de reserva.

Cuidados no dia do campo

- Fazer checklist dos equipamentos que deve levar para campo.

O QUE SE DEVE LEVAR EM CONSIDERAÇÃO AO ELABORAR UM PLANO DE VOO

- Análise do local a ser mapeado;

Como são as condições gerais da área que será mapeada;

Verificar a existência de obstáculos na área;

Análise da topografia da área que será mapeada.



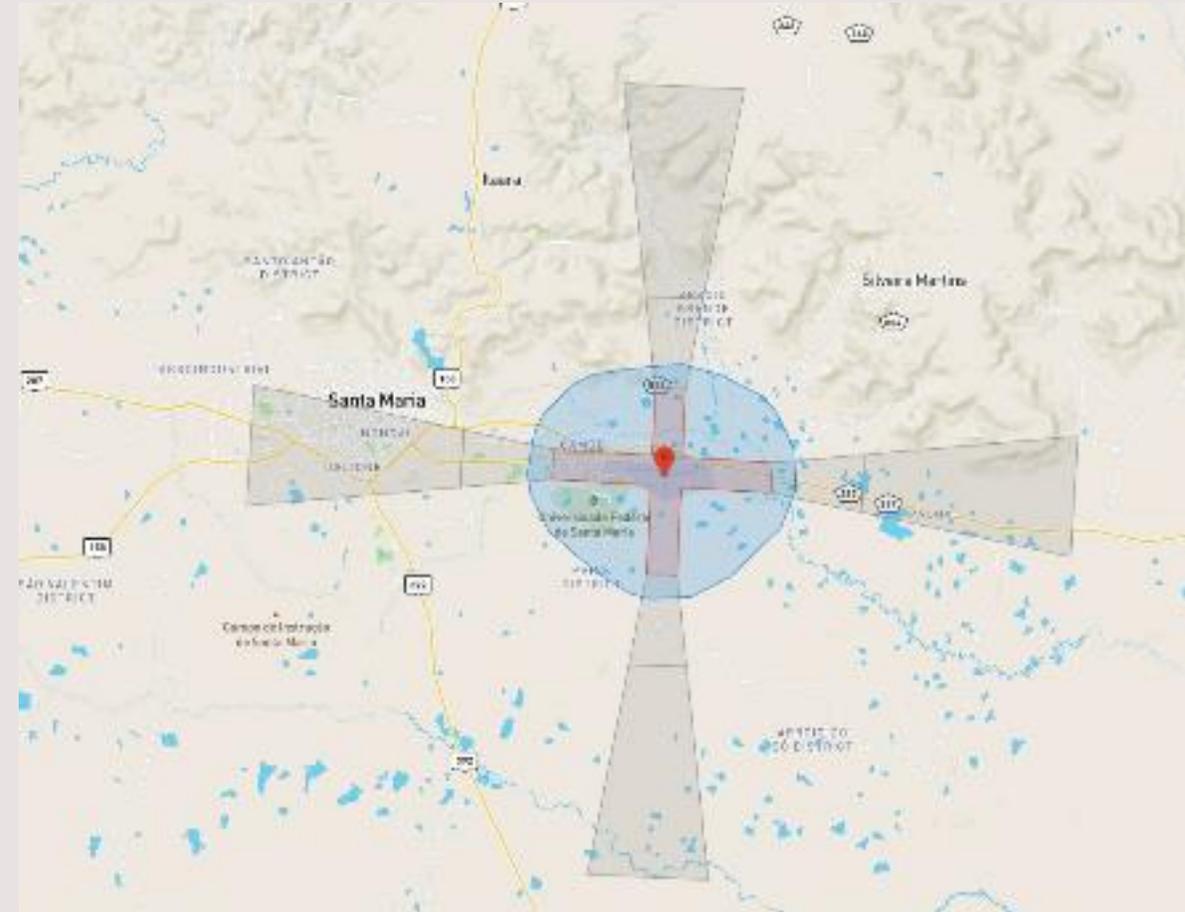
Pontos de controle em uma área plana



Pontos de controle em uma área acidentada

Zonas restritas de voo

- Zonas onde é proibido voar;
- Zonas onde é permitido voo até certa altura;
- Áreas onde se pode voar mediante responsabilização sobre qualquer problema relacionado.



- Análise das condições climáticas;

O ideal é que o mapeamento seja feito entre 10h e 16h, sendo que esta janela (foto período) pode variar em diferentes regiões do Brasil.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a velocidade do vento:

Para drones multirotores, a velocidade máxima aceitável é de 10 m/s;

No caso dos drones asa fixa, a velocidade máxima aceitável é de 15 m/s.

- Configuração do drone para o voo de mapeamento;

Balanço de branco (é necessário informar para o drone se o dia está ensolarado ou nublado, pois o mesmo leva esta informação em consideração ao fazer o mapeamento dos dados);

Altura de voo (os voos devem ser feitos com até 120 metros de altura e em relação à distância, utiliza-se o valor máximo de telemetria do modelo utilizado);

- Sobreposição de fotos (configurar o aplicativo para que a sobreposição de fotos (tanto lateral, como frontal) seja de 70% a 75%).

- Aplicativo de previsão do tempo.

Windy (<https://www.windy.com/>) é uma ferramenta completa que possibilita a verificação da velocidade do vento (com sua intensidade e direção), chuvas e temperatura.

PONTOS DE CONTROLE

A utilização de pontos de controle possibilita o amarramento dos dados levantados em campo com o terreno.

Os pontos de controle ou GCP (Ground Control Points) são pontos coletados em campo que podem ser identificáveis nas imagens aéreas obtidas pelo drone.

Correlacionam o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno.

São pontos de referência no solo utilizados no software de processamento das imagens para aumentar a precisão dos produtos finais gerados nos mapas.

Uma das características essenciais que um drone para levantamento topográfico deve ter é estar apto a rastrear dados GNSS.

Esta é uma característica que implica diretamente na compatibilidade do drone com os aplicativos geradores de plano de voo.

Porém, os dados GNSS rastreados possibilitam uma acurácia que fica no entorno de 5 a 10 metros.

Isso significa que um determinado ponto mapeado durante o voo se encontra em uma posição indeterminada dentro de um raio de 5 a 10 metros.

O problema encontra-se no fato que existem aplicações que exigem uma acurácia centimétrica, de certa maneira que se o drone não tiver a tecnologia PPK ou RTK embarcada para fazer a correção do erro, será necessária a utilização de pontos de controle obtidos em campo.

OS DIFERENTES TIPOS DE ALVOS UTILIZADOS COMO PONTOS DE CONTROLE

Alvos naturais

Calçadas;

Cantos de esquinas;

Faixa de pedestre;

Canto de cerca;

Afloramento rochoso;

Etc.

Alvos artificiais

Marcações com tintas ou cal;
Chapas de plástico, madeira ou metálicas;
Etc.

Enquanto se distribui os pontos na área a ser mapeada, deve-se realizar a coleta das coordenadas, posicionando o receptor GNSS sempre no centro do alvo.



PONTOS DE CHECAGEM

Após gerar o ortomosaico georreferenciado, faz-se a checagem do georreferenciamento, através da utilização de pontos de checagem da área mapeada.

Pontos de checagem são pontos extras rastreados em campo com um receptor GNSS, através da utilização do método RTK ou pós processado.

Como exemplos de alvos que podem servir para a obtenção de pontos de checagem temos:

- Prédios;

- Boeiros;

- Postes;

- Afloramentos rochosos;

- Outros elementos naturais ou artificiais foto identificáveis.

Posteriormente, após utilizar pontos de controle para melhorar a acurácia do georreferenciamento e fazer a ortorretificação das imagens, você utilizará os pontos de verificação para verificar a acurácia do georreferenciamento.

Lembrando que a acurácia tem que ficar na casa dos centímetros.

PONTOS DE CONTROLE NA FAIXA DE ENCONTRO DE VOOS

Caso seja necessário realizar mais de um voo para cobrir toda a área de interesse, coloca-se pontos de controle nas junções desses voos.

Este procedimento irá facilitar a sobreposição das imagens, facilitando o processamento das mesmas.



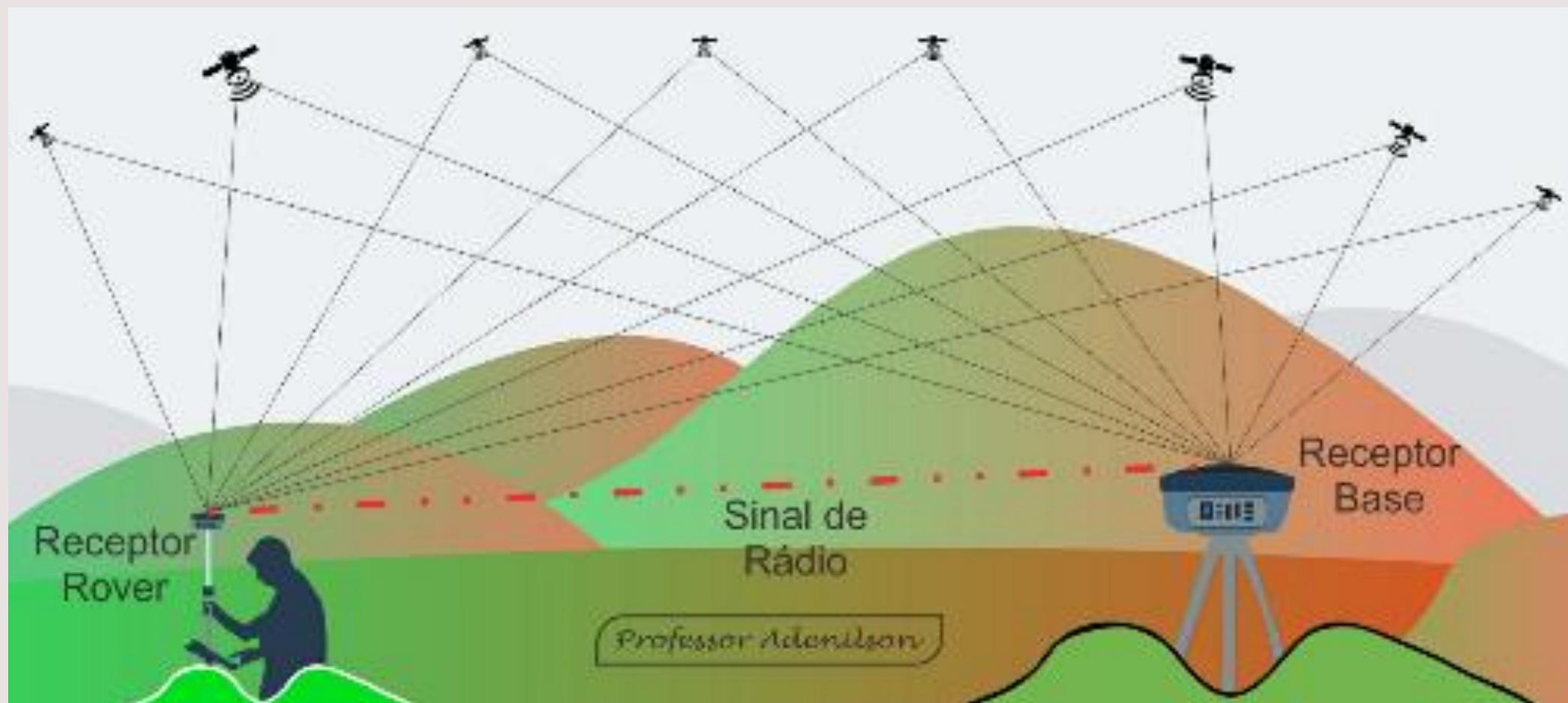
COMO FUNCIONAM AS TECNOLOGIAS RTK E PPK

COMO FUNCIONA A OBTENÇÃO DE DADOS COM A UTILIZAÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE

Ao efetuar o rastreamento utilizando pontos de controle, basicamente o que se faz é distribuir uma série de pontos de controle na área que será mapeada, fazendo o rastreamento das coordenadas dos mesmos.

Para isso, o profissional utiliza 2 receptores GNSS, onde que um funciona como receptor base e o outro como receptor rover.

Como a base está em um ponto de coordenadas conhecidas, o receptor base calculará a diferença entre a coordenada ajustada e a coordenada rastreada e propagará a correção via sinal de rádio para o receptor rover.



COMO FUNCIONA UM DRONE COM RTK

Um marco é locado na área que será mapeada e tem sua posição rastreada por um período de pelo menos 3 horas.

Posteriormente se faz o ajustamento das coordenadas deste marco.

No momento em que o mapeamento é realizado, um receptor GNSS fica rastreando dados de um ponto de coordenadas conhecidas e propaga a diferença entre a coordenada ajustada e a coordenada calculada via sinal de rádio.

O drone recebe a correção e utiliza a mesma para corrigir sua posição, armazenando coordenadas que possuem uma melhor acurácia, utilizando as Geotags para isso.

Com isso, ao importar as imagens para o software de processamento, as mesmas terão em seus metadados informações das coordenadas ajustadas.

O drone também possui uma placa GNSS capaz de rastrear ondas de rádio que possibilitam uma melhor acurácia.



COMO FUNCIONA A TECNOLOGIA PPK

O funcionamento da tecnologia PPK é similar ao funcionamento da tecnologia RTK.

A única diferença é que ao invés da correção ser feita em tempo real, a mesma é feita de maneira pós-processada.

No método PPK, os dados de GPS do drone ficam armazenados no computador de bordo da aeronave e são corrigidos após a missão.

Vantagens da tecnologia PPK

A primeira vantagem da utilização do método PPK quando comparado ao método RTK, encontra-se no fato de que na utilização da correção via RTK, o sinal de telemetria pode sofrer interferências diversas.

Quando isso acontece, os dados gerados pelo RTK são comprometidos por pequenos períodos de tempo.

Com a perda dos dados, perde-se também a possibilidade da correção, afinal, no sistema RTK ela acontece em tempo real.

No sistema PPK os dados são armazenados no computador de bordo do drone, funcionando como uma espécie de backup, que garante a precisão dos dados mesmo que o drone perca a recepção de sinal da base.

A segunda vantagem da tecnologia PPK é que a mesma não precisa da prévia implantação de um marco geodésico e do rastreamento e ajustamento das coordenadas do mesmo.

Pode-se efetuar o rastreamento dos dados ao mesmo tempo que faz o mapeamento da área e posteriormente fazer o PPP dos mesmos.

Um procedimento que pode ser feito é comprar um kit PPK e utilizar o receptor base já disponível.

Com isso, não será preciso a locação de pontos de controle, o que trará um grande ganho de produtividade.

OS DIFERENTES PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS EXISTENTES

As etapas em um software da área normalmente são:

- Adicionar as fotos;
- Converter o sistema de coordenadas para SIRGAS 2000;
- Fazer o alinhamento das fotos (vai ler a Geotags e criar a nuvem de pontos espaçada);
- Importar os pontos de controle e fazer o registro, informando em cada imagem;
- Gerar a nuvem de pontos densa e o mapa de profundidade;

- Gerar o modelo 3D;
- Construir-se a textura para o modelo 3D;
- Gerar o modelo digital de superfície;
- Gerar o modelo digital de terreno;
- Gerar o ortomosaico;
- Gerar as curvas de nível.

Os diferentes produtos fotogramétricos gerados são:

- Nuvem de pontos densa;
- Modelo 3D;
- Modelo digital de superfície (MDS);
- Modelo digital de terreno (MDT);
- Ortomosaico;
- Curvas de nível.

NUVEM DE PONTOS ESPAÇADA E NUVEM DE PONTOS DENSA NO MAPEAMENTO COM DRONES

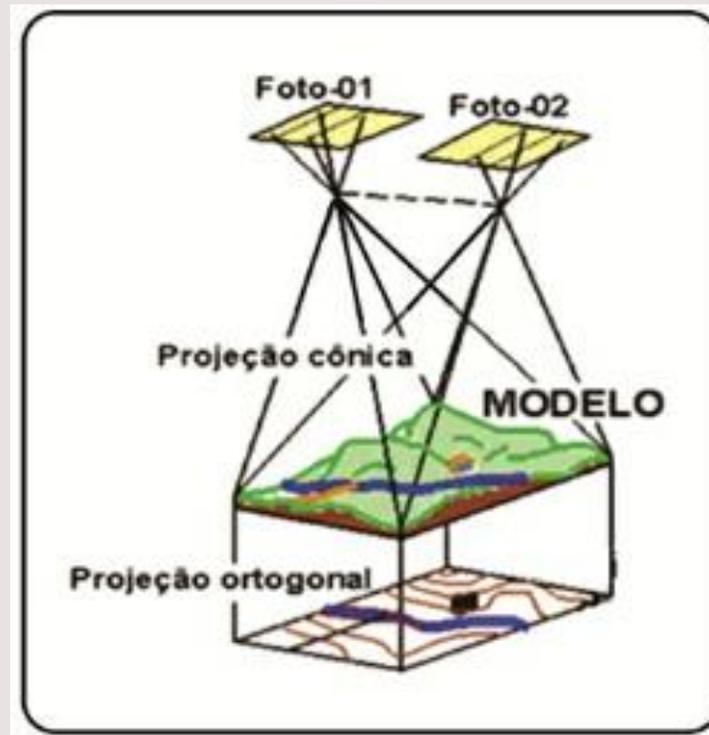
No mapeamento com drones, ao importar-se as imagens para o software, o mesmo lê as Geotags, a partir das quais faz o alinhamento das fotos, criando uma nuvem de pontos espaçada.

A partir da nuvem de pontos espaçada cria-se a nuvem de pontos densa.

Essa nuvem servirá de base para a geração do modelo digital de superfície, a partir do qual será gerado o modelo digital de elevação.

As imagens obtidas com a utilização de drones precisam ser georreferenciadas e ortorretificadas.

Isso é necessário, pois durante a obtenção de dados utiliza-se uma projeção cônica, onde somente o ponto central da imagem está em uma posição ortogonal.



O que é uma nuvem de pontos densa no mapeamento com drones



A nuvem de pontos é um amontoado de pontos capazes de representar áreas e estruturas.

Cada um dos pontos da nuvem possui coordenadas tridimensionais (x, Y e Z), que permitem georreferenciar a foto.

ORTOFOTO, ORTORRETIFICAÇÃO E ORTOMOSIACO

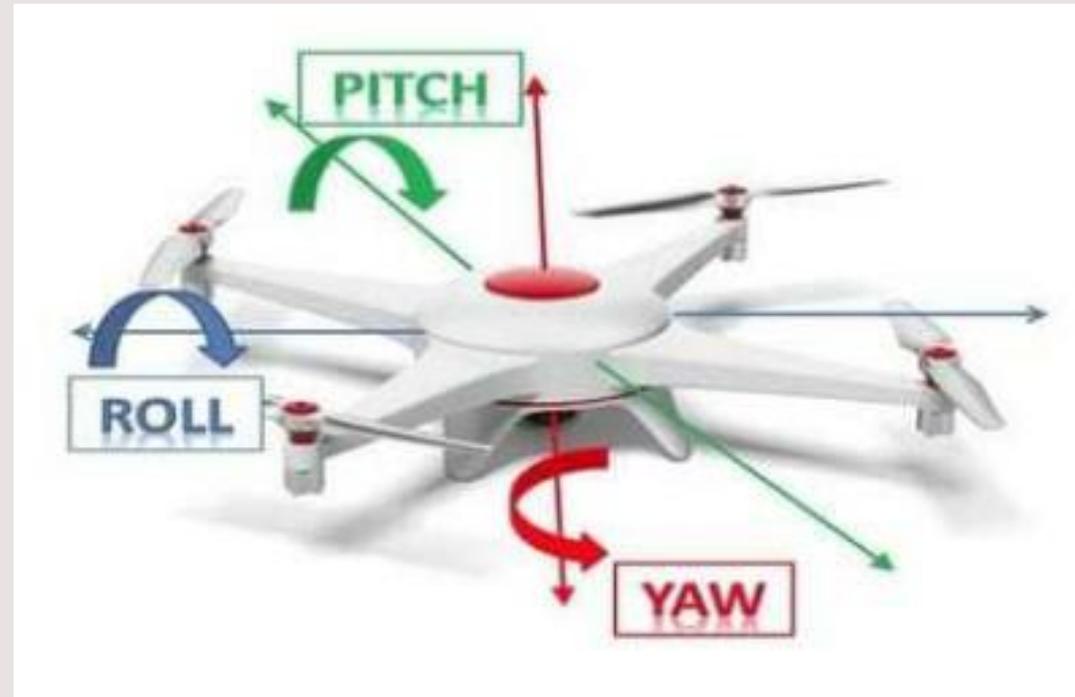
O ortomosaico é o produto obtido através do processo de ortorretificação de imagens obtidas via processo fotogramétrico.

PORQUE SE FAZ NECESSÁRIA A ORTORRETIFICAÇÃO DOS DADOS?

A ortorretificação é o processo de correção pixel a pixel, utilizado para corrigir as diferentes fontes de erros, o que faz com que os objetos ocupem posições relativas as ocupadas no mundo real.

Após a correção, todos os pontos da imagem ocuparão uma posição ortogonal.

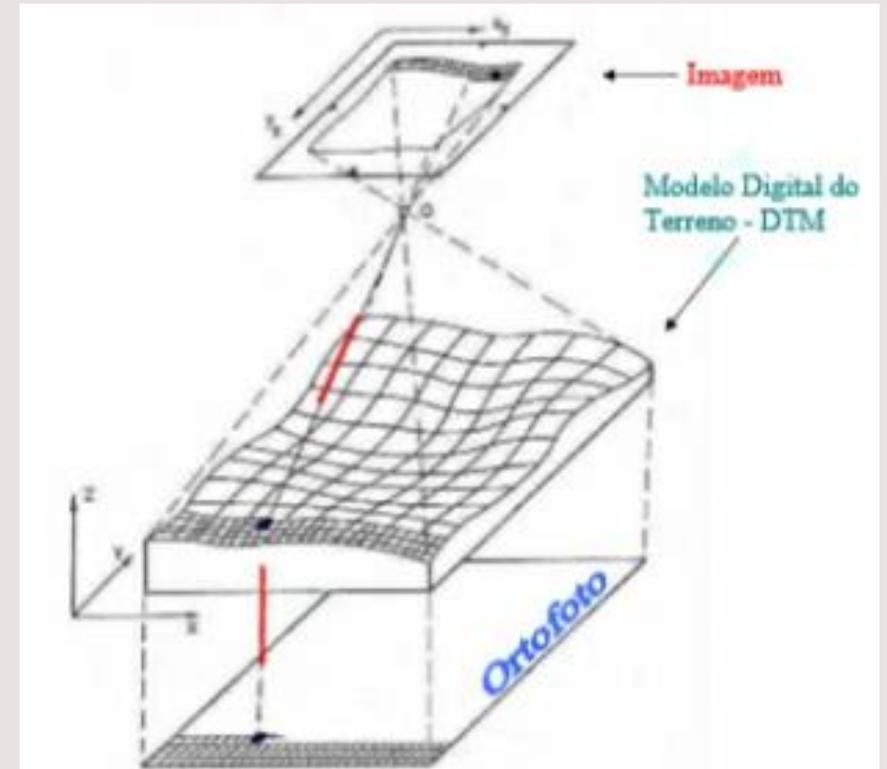
Uma outra fonte de distorções existente encontra-se no fato de que o avião ou o drone dificilmente se encontrará em uma posição perfeitamente ortogonal.



A ortorretificação também é o processo através do qual as diferentes distorções internas (do sistema) e externas (da paisagem) são corrigidas.

QUAIS DADOS QUE SÃO UTILIZADOS NO PROCESSO DE ORTORRETIFICAÇÃO

- As imagens do terreno;
- Parâmetros de orientação da câmera;
- Parâmetros para calibração da lente;
- Modelo digital do terreno.



O que é um ortomosaico?

É o resultado final obtido da união das ortofotos de um mapeamento aéreo.

Para que o software possa unir as ortofotos em um ortomosaico é necessário que as fotografias sejam obtidas com uma sobreposição de 60% e 80% entre as imagens.

O software definirá a posição exata de cada imagem e unirá as mesmas como se fossem um quebra cabeça.

Para isso, o mesmo identificará os elementos existentes em comum, ou pontos homólogos, entre duas ou mais imagens e realizará o alinhamento das mesmas, produzindo uma única imagem por meio de dezenas, centenas ou até mesmo milhares de imagens.

QUAL A DIFERENÇA ENTRE PROCESSAMENTO E PÓS PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE DRONE

Após o mapeamento, as imagens são levadas para um software de processamento de imagens de drone.

No mesmo, as imagens serão ortorretificadas e posteriormente, você irá gerar os diferentes produtos fotogramétricos.

Porém, os dados gerados no software de processamento de imagens de drone precisarão ser tratados em um outro software, onde é feito o pós processamento.

No pós processamento serão produzidos as plantas e os mapas.

Os softwares normalmente utilizados nesta etapa são:

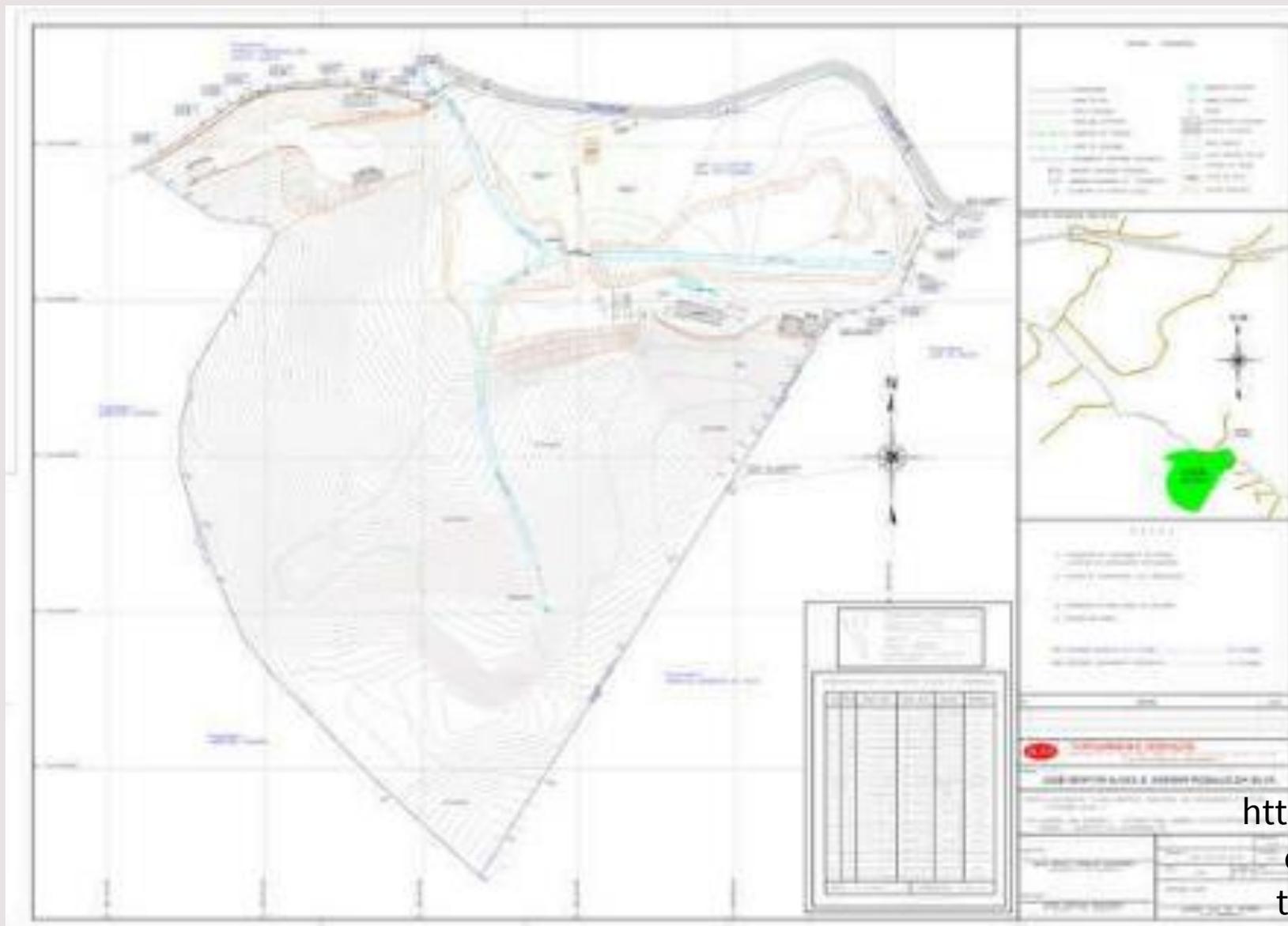
- AutoCAD;

- ArcGIS;

- QGIS.

PRODUTOS CARTOGRÁFICOS GERADOS COM OS DADOS OBTIDOS EM IMAGENS DE DRONE

Planta
planialtimétrica
cadastral

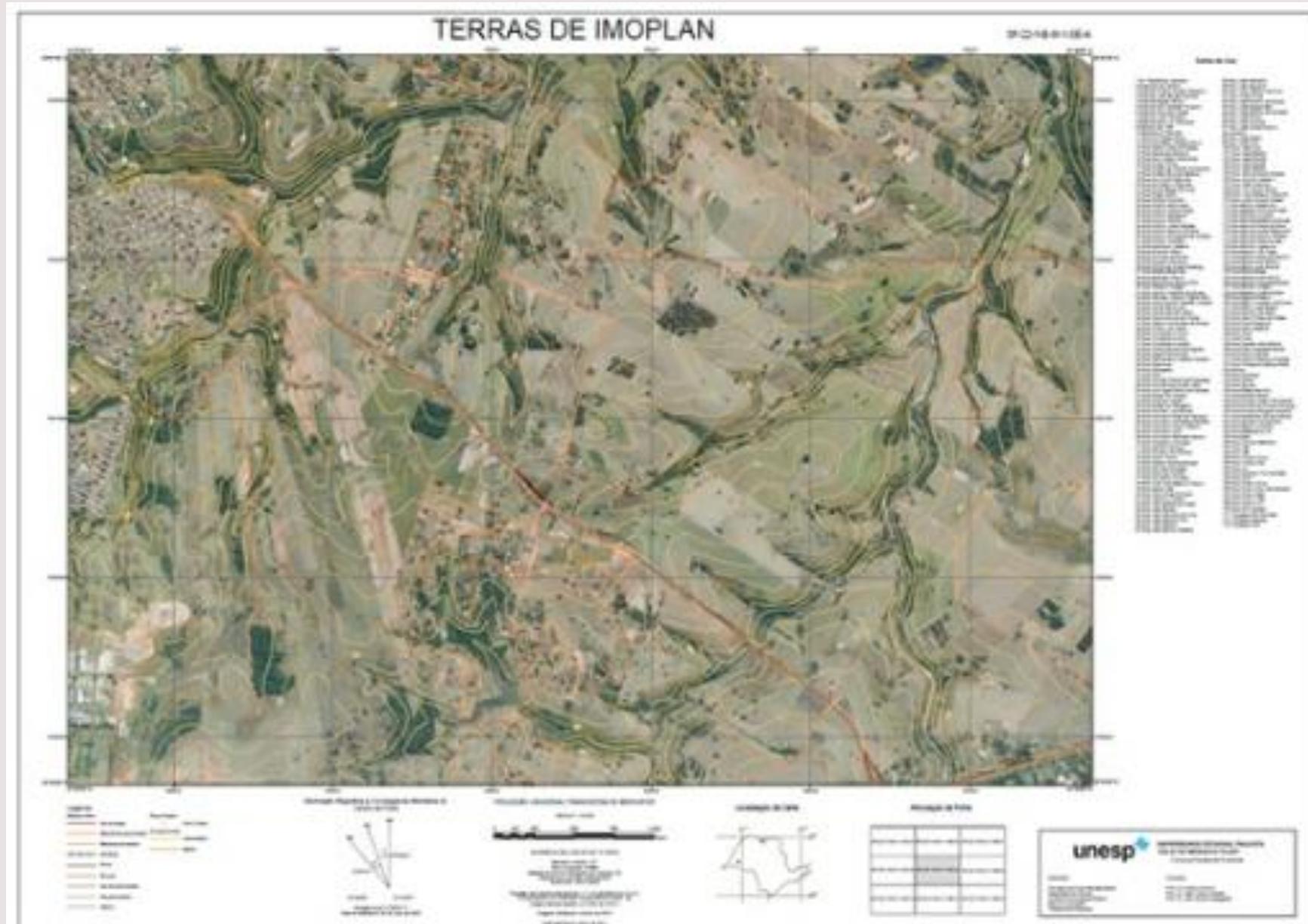


Fonte:
https://fotos.habitissimo.com.br/foto/planta-topografica_1772194

Carta planialtimétrica



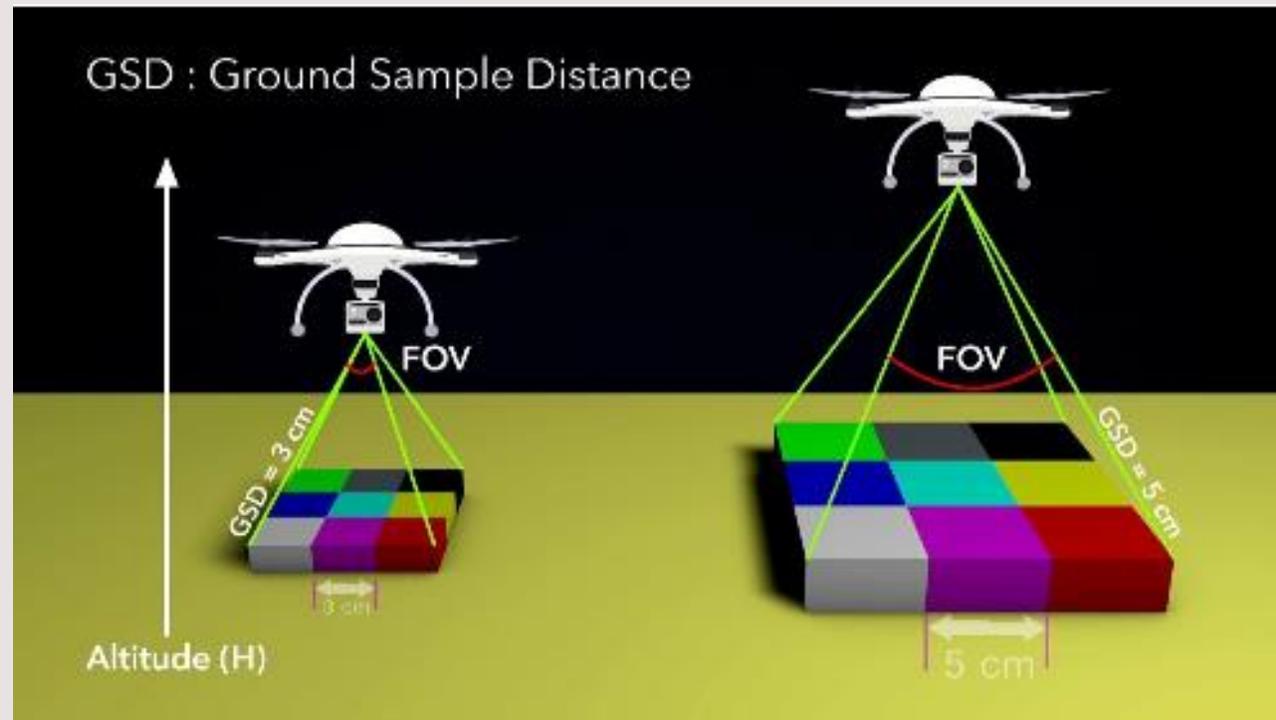
Ortofotocarta



Fonte: <https://blog.droneng.com.br/>

GSD (Ground Sample Distance ou Distância de amostra do solo)

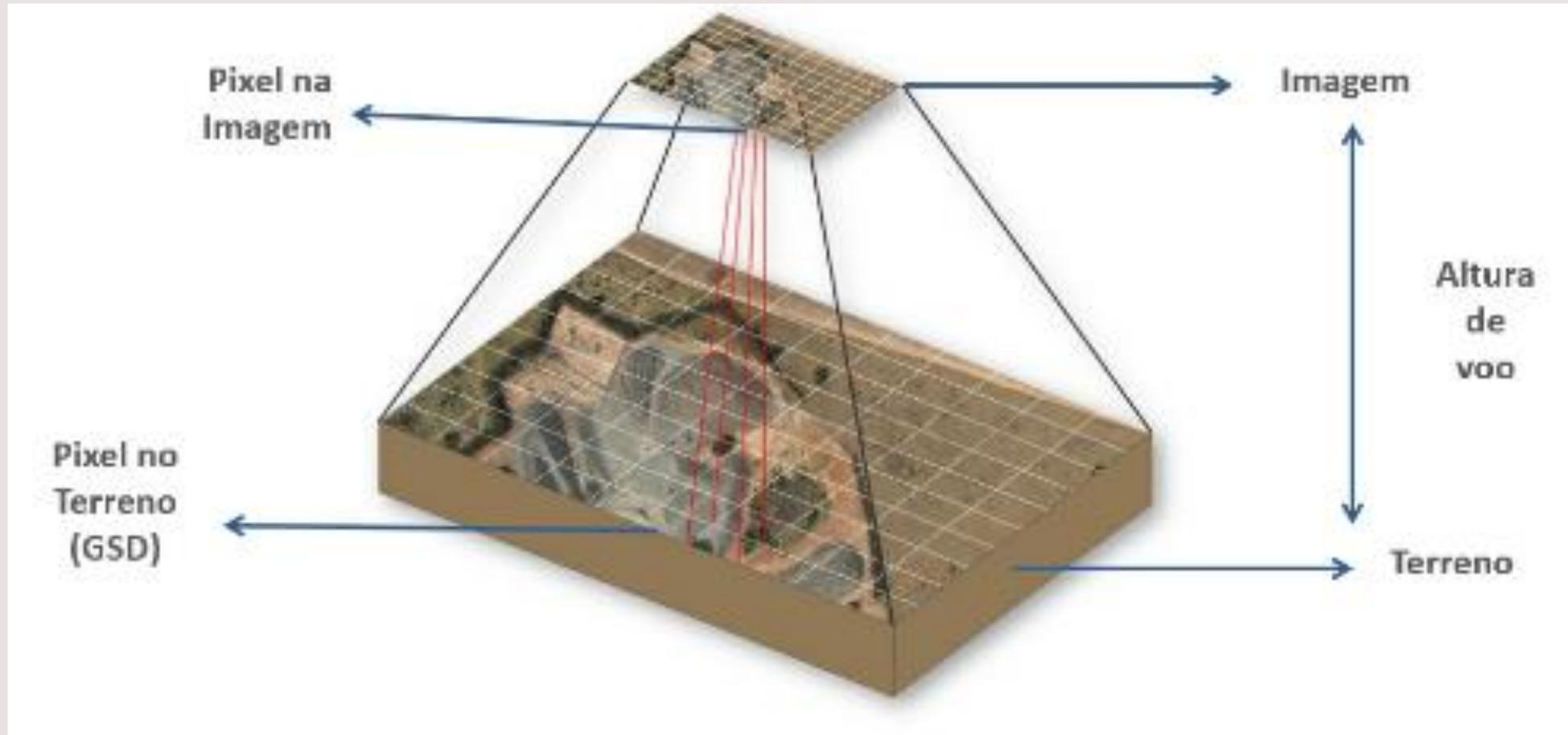
Fator determinante na qualidade dos produtos fotogramétricos que você produz.



A GSD é a porção do solo (tamanho da amostra) abarcada em cada pixel.

Ou seja, é a fração do mundo real cuja reflectância foi armazenada em um pixel.

QUAL A RELAÇÃO ENTRE PIXEL E GSD?



Em um voo com GSD de 5cm/pixel, cada pixel corresponde a 5 centímetros de distância no mundo real.

Quando se fala em drones e seus sensores, são valores normais de GSD:

10 cm²;

5 cm²;

3 cm².

Este valor está diretamente ligado à altura do voo do drone durante o mapeamento, pois quanto mais alto, maior será a área abarcada em um pixel.



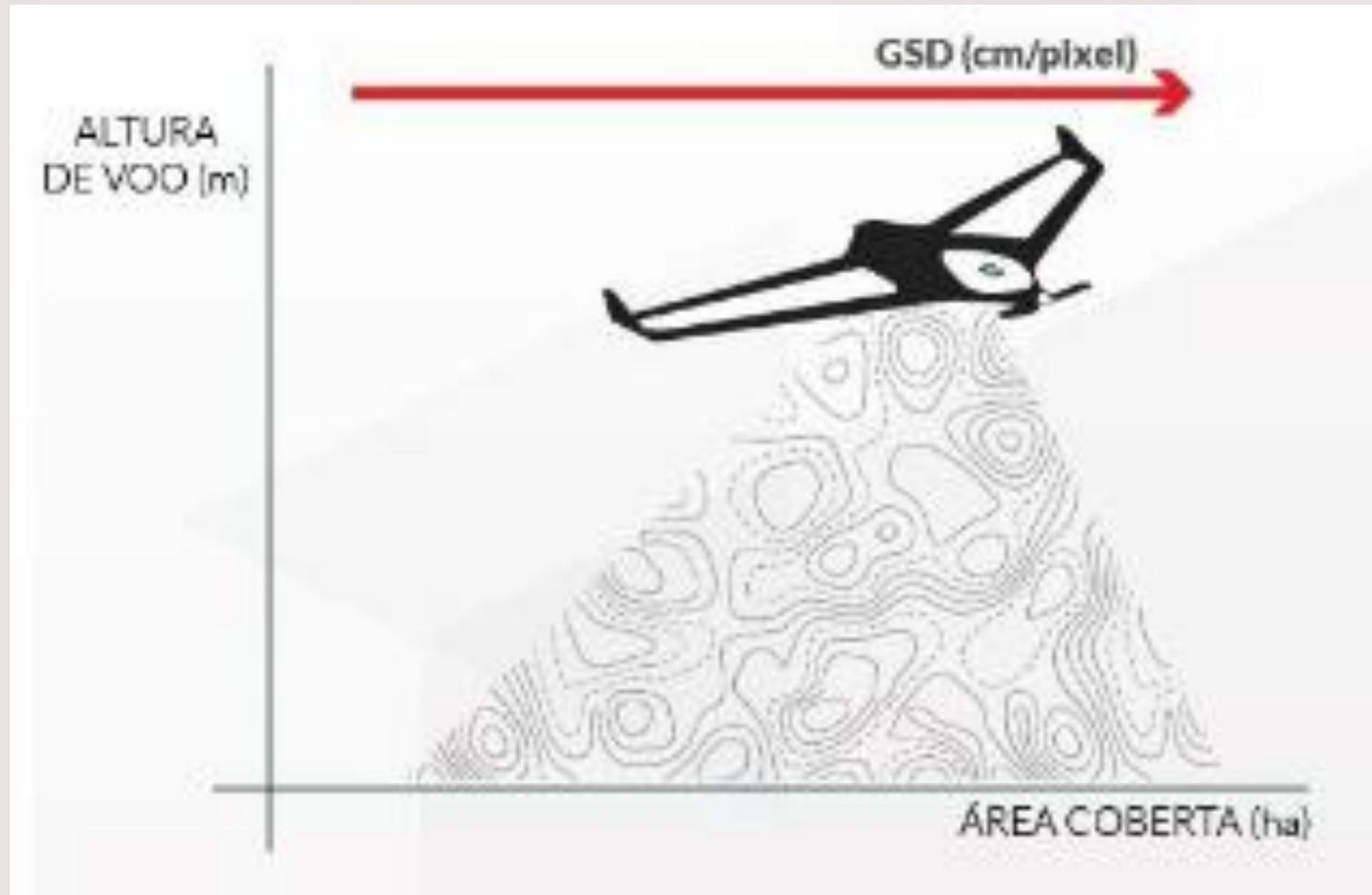
GSD 5 cm/pixel

GSD 10 cm/pixel

GSD 15 cm/pixel



HORUS
ETERNUS



Normalmente não é aconselhável voar a uma altura superior a 120 metros.

IMPACTO DA DISTÂNCIA DE AMOSTRA DO SOLO NO FINAL DE UM PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE DRONES

Exemplo de um local onde existe pelo menos 200 metros de diferença de altitude entre o ponto mais baixo e o ponto mais alto do terreno.

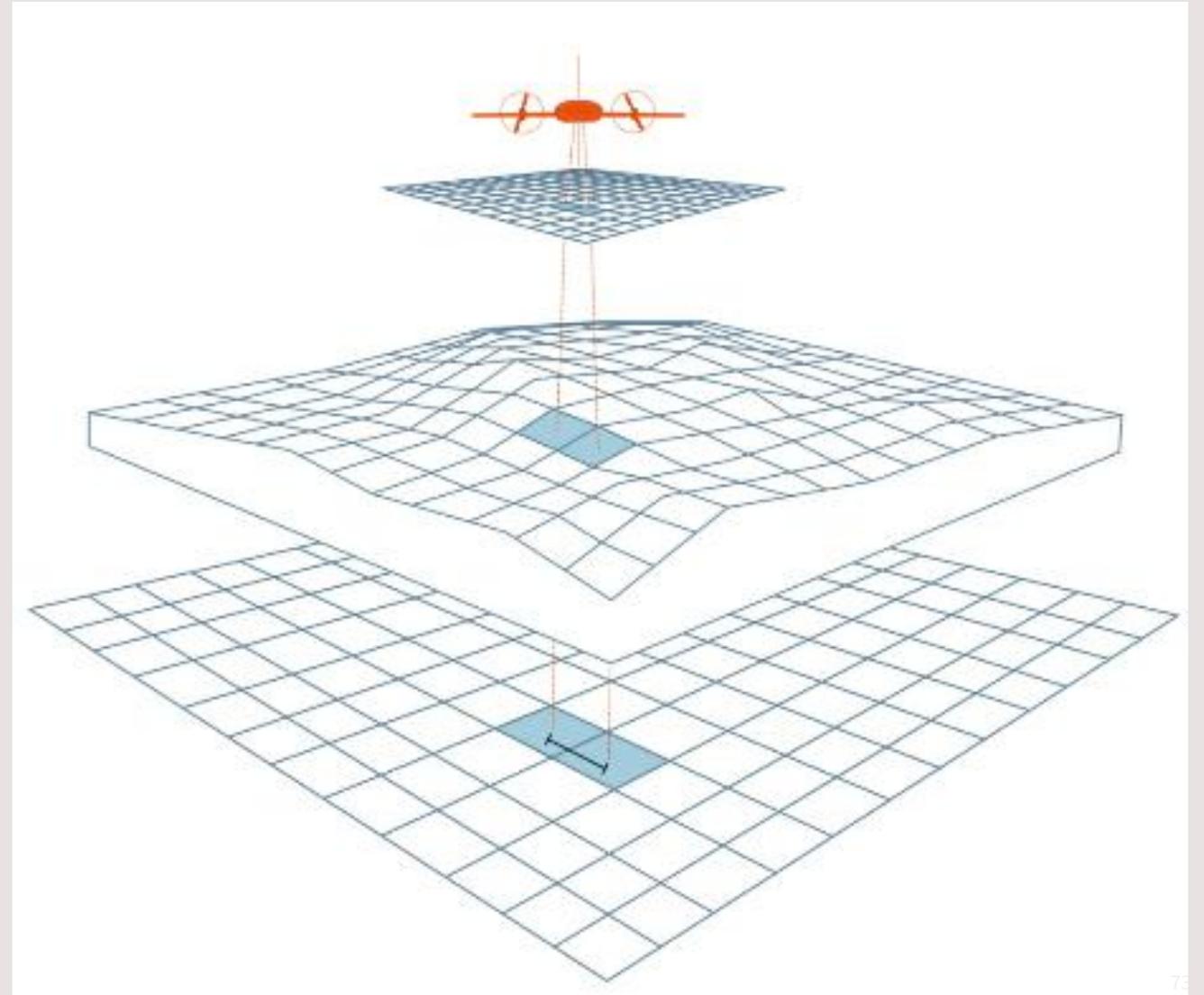
É importante, que se for necessário fazer o mapeamento de um local de topografia acidentada, se estude minuciosamente o mesmo, analisando qual é o melhor sentido de voo e, também se é viável a utilização de drones.



QUAL A GSD IDEAL?

Quanto menor a GSD, mais baixo o drone terá que voar e, conseqüentemente, menor será a área coberta por foto.

Quanto mais baixo o drone voar, melhor será a qualidade das fotos, porém o mesmo precisará tirar mais fotos e voar por mais tempo para fazer o mapeamento da área.



QUAL GSD UTILIZAR?

Utilize uma distância de amostra que sane as necessidades do seu projeto.

Não tem porque você voar mais baixo do que o necessário e acabar perdendo tempo e ficando com um projeto extremamente pesado.

Sendo assim, pode-se utilizar sugestões como a da Horus para definir a GSD mais adequada para cada aplicação.

RESULTADO		GSD
	CÁLCULO DE PPTM NA SILVICULTURA	ATÉ 15CM
	CÁLCULO DE PPTM NA AGRICULTURA	ENTRE 5 A 10 CM
	LOCALIZAÇÃO DE DANIFINAS	5 A 10 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE DANIFINOS	≈ 10 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE PALHAS	≈ 10 CM
	ÍNDICES DE VITALIDADE	15 A 30 CM
	TAXA DE PLANTIO	15 A 30 CM
	VERIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DEBIL	5 A 15 CM
	CONTAGEM DE GALDÃO	10 A 20 CM
	CÁLCULO DE ÁREAS	5 A 10 CM
	CÁLCULO DE VOLUME	5 A 15 CM
	QUALIDADE DE ÁREAS DE REPOSIÇÃO	10 A 15 CM
	CONTAGEM DE GALDÃO	5 A 10 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE DANIFINOS	10 A 20 CM
	POÇOS DE QUEIMADA	10 A 20 CM
	INSPEÇÃO DE TORREDORES E BARRAS DE SELEÇÃO	5 A 10 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE FLORESTAS DE ALTO VALOR	5 CM
	CAR	5 CM
	INCR	5 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE DANIFINOS	10 A 15 CM
	IDENTIFICAÇÃO DE DANIFINOS	5 A 10 CM

Resolução espacial exigida pela legislação

A Norma de Execução nº 2 (Norma de utilização de drone para georreferenciamento) estabelece que a GSD deverá ser compatível com a feição a ser identificada.

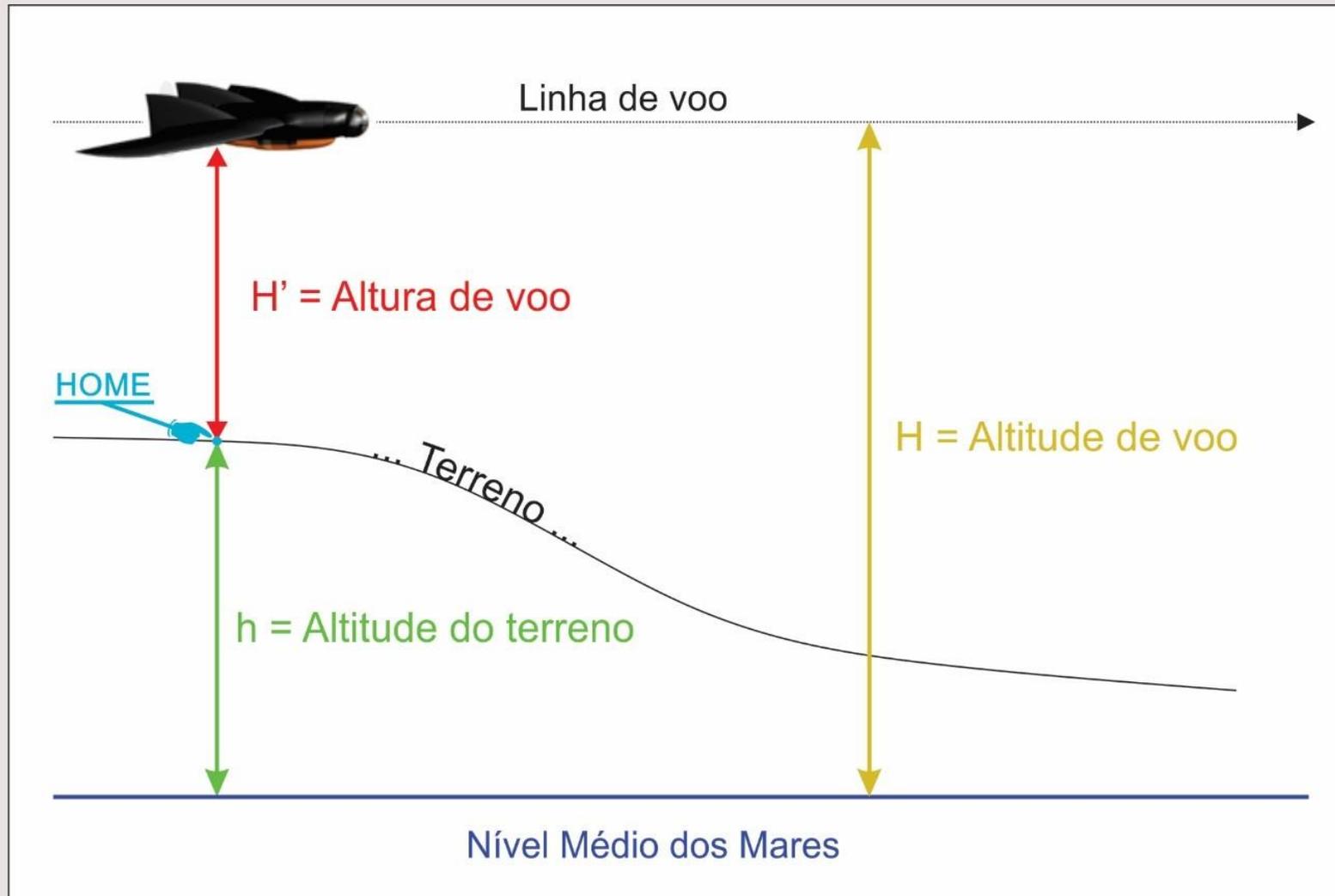
A lei do georreferenciamento define diferentes padrões de precisão de acordo com o tipo de limite:

Limites artificiais – Melhor ou igual a 50 centímetros;

Limites naturais – Melhor ou igual a 3 metros;

Pontos inacessíveis – Melhor ou igual a 7,5 metros.

Cálculo do GSD (<https://blog.droneng.com.br/variacao-de-gsd/>)



A escala de uma foto está ligada diretamente a distância focal (f) e a altura de voo (H'), assim pode-se utilizar a fórmula $1/E = f / H'$ para calcular a escala, sendo a distância focal dada em milímetros e a altura de voo em metros. Considerando como exemplo a câmera Sony a600, cuja distância focal é fixa e tem valor de 16 mm, e supondo uma altura de voo de 100 metros, assim a escala da foto será $1 / E = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m} / 100 \text{ m} = 0,00016$, assim $E = 1/6250$.

O denominador da escala da foto, cujo valor é 6250 passará a se chamar 'den_escala' para que se possa entender o passo seguinte onde faz-se o cálculo do GSD (Ground Sample Distance), que tem relação com o tamanho do pixel (tam_pixel) e a distância focal (f).

Antes de aplicar os valores na fórmula é necessário descobrir o tamanho do pixel, pois afinal o pixel de uma foto tem um tamanho físico em unidade métrica. Esse valor é obtido a partir do tamanho do sensor e da quantidade de pixels da imagem.

O sensor da Sony a600 tem 23,5 x 15,6 mm e a imagem tem 6000 x 4000 pixels. Para calcular o tamanho do pixel temos que relacionar o lado do sensor com o lado da imagem, sendo um tamanho em x e um tamanho em y, da seguinte maneira:

$$\text{Tam_pixel_x} = \text{Comp. sensor} / \text{Comp. imagem} = 23,5 / 6000 = 0,0039166 \text{ mm/pixel}$$

$$\text{Tam_pixel_y} = \text{Altura sensor} / \text{Altura imagem} = 15,6 / 4000 = 0,0039 \text{ mm/pixel}$$

Existe uma diferença mínima entre o tamanho do pixel em x e y, assim podemos considerar que tem o mesmo tamanho, sendo assim um pixel quadrado de valor 0,0039 mm, ou 3,9 micrometros (3,9 μm).

Para calcular o GSD utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{den_escala} = \text{GSD} / \text{tam_pixel}$$

Como já se conhece o denominador da escala e o tamanho do pixel, então é necessário isolar o GSD da fórmula para obter o valor de interesse. A partir de uma operação simples obtemos que $GSD = \text{den_escala} * \text{tam_pixel}$, sendo o tamanho do pixel em milímetros e o denominador da escala sem unidade de medida, assim aplicando os valores obtém-se que: $GSD = 6250 * 0,0039 = 24,375 \text{ mm}$, que pode ser arredondado para 2,44 cm.

Mas porque todos esses cálculos? Utilizou-se Escala (E), denominador da escala (den_escala), distância focal (f), altura de voo (H'), tamanho do pixel (tam_pixel) e GSD, e que alguns deles tem valor fixo, como distância focal (f) e tamanho do pixel (tam_pixel), os demais estão diretamente ligados a altura de voo (H').

$$E = \frac{1}{\text{den_escala}} = \frac{f}{H'}$$

$$\text{den_escala} = \frac{GSD}{\text{tam_pixel}}$$

A partir das duas equações anteriores chega-se a equação a seguinte equação, que relaciona altura de voo, GSD, distância focal e tamanho do pixel, sendo os valores do tamanho do pixel e distância focal fixos, nela podemos observar que a Altura de voo é diretamente proporcional ao GSD, isso significa que se houver uma modificação no valor de H' então o GSD também irá alterar, se H' aumentar o GSD também irá aumentar, da mesma forma o contrário é válido.

$$\frac{H'}{f} = \frac{GSD}{\text{tam_pixel}}$$

Na maioria das vezes o terreno não é plano, e em casos mais específicos existe uma variação muito grande no terreno, variando do ponto mais alto até o ponto mais baixo da área de interesse. Quando se planeja o voo normalmente deve-se fazer o lançamento do ponto mais alto garantindo que o Vant sobrevoará toda a área sem riscos de voar muito baixo em certas regiões, por exemplo se o lançamento for feito em uma área com altitude de 500 m, e o voo é a 100 m de altura.

