



Fotogrametria e RPA

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biossistemas – ESALQ/USP



Definição:

Sensoriamento Remoto

“ É a ciência ou a arte de se **obterem informações** sobre **um objeto**, área ou fenômeno, através de dados coletados por aparelhos denominados **sensores**, que não **entram em contato direto** com os alvos em estudo (Crepani, 1983)”

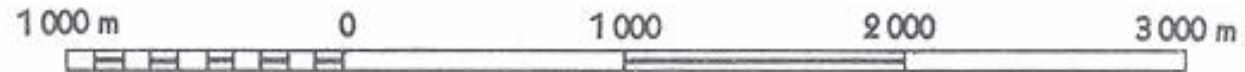
ARTICULAÇÃO DA FÔLHA

DOIS CÓRREGOS	BROTAS	ITIRAPINA
BARRA BONITA	SANTA MARIA DA SERRA	SÃO PEDRO
BOTUCATU	ANHEMBI	IBITURUNA

LOCALIZAÇÃO DA FÔLHA NO ESTADO



ESCALA 1:50 000



Eqüidistância das curvas de nível 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Levantamento estereofotogramétrico topográfico regular.
Aerofotografias de 1965. Reambulação, restituição e triangulação
espacial executados pela VASP AEROFOTOGRAFETRIA S.A. em 1969

Esta fôlha foi preparada e impressa em decorrência do
Convênio entre a FUNDAÇÃO IBGE e a VASP AEROFOTOGRAFETRIA S.A.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA

PRIMEIRA EDIÇÃO - 1970

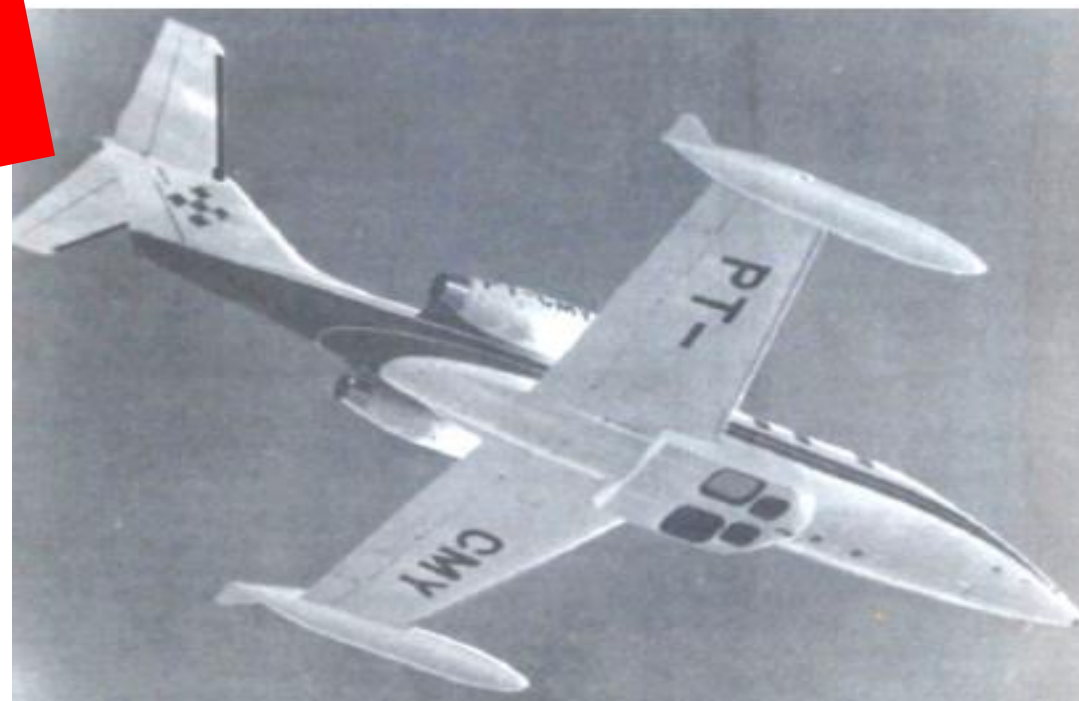
DIREITO DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Impressa no Serviço Gráfico da FUNDAÇÃO IBGE.

O INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA agradece a gentileza da
comunicação de falhas ou omissões verificadas nesta fôlha.



**Obtenção de Fotografias com câmera manual
1ª Guerra Mundial (1914 – 1918)**



Obtenção de Fotografias 1980

Aerofotogrametria

Histórico:

- 1558 Italiano Giovanni Baptista Della Porta, que criou a câmera escura;
- 1839 Francês Louis Jacques Daguerre apresentou o que se considera uma das primeiras máquinas fotográfica a Daguerreótipo;



Louis-Jacques Mandé Daguerre – inventor da primeira câmera fotográfica



- 1855 Na França Gaspar-Félix Tournachon patenteou a ideia de utilizar fotografias aéreas para fins cartográficos;

Aerofotogrametria

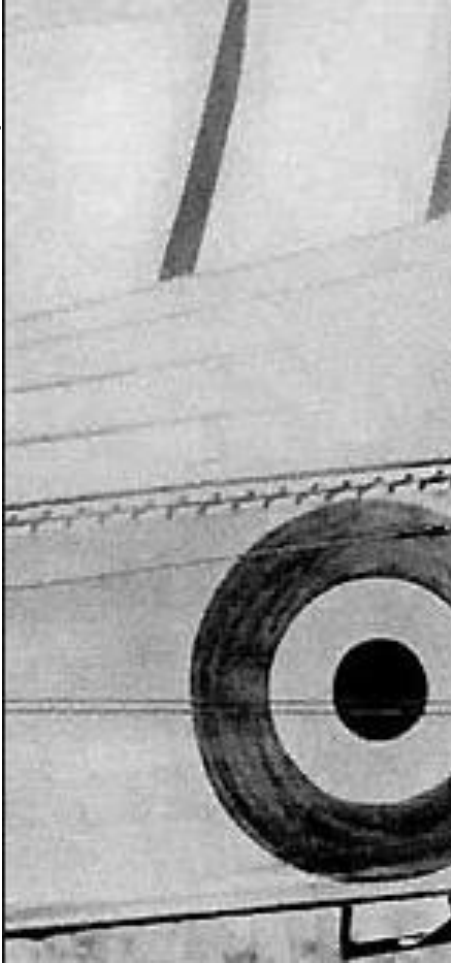
Histórico:

- 1858 Na França Gaspar-Félix Tournachon primeira fotografia de um Balão (80 metros acima da vila francesa de Petit-Becetre);

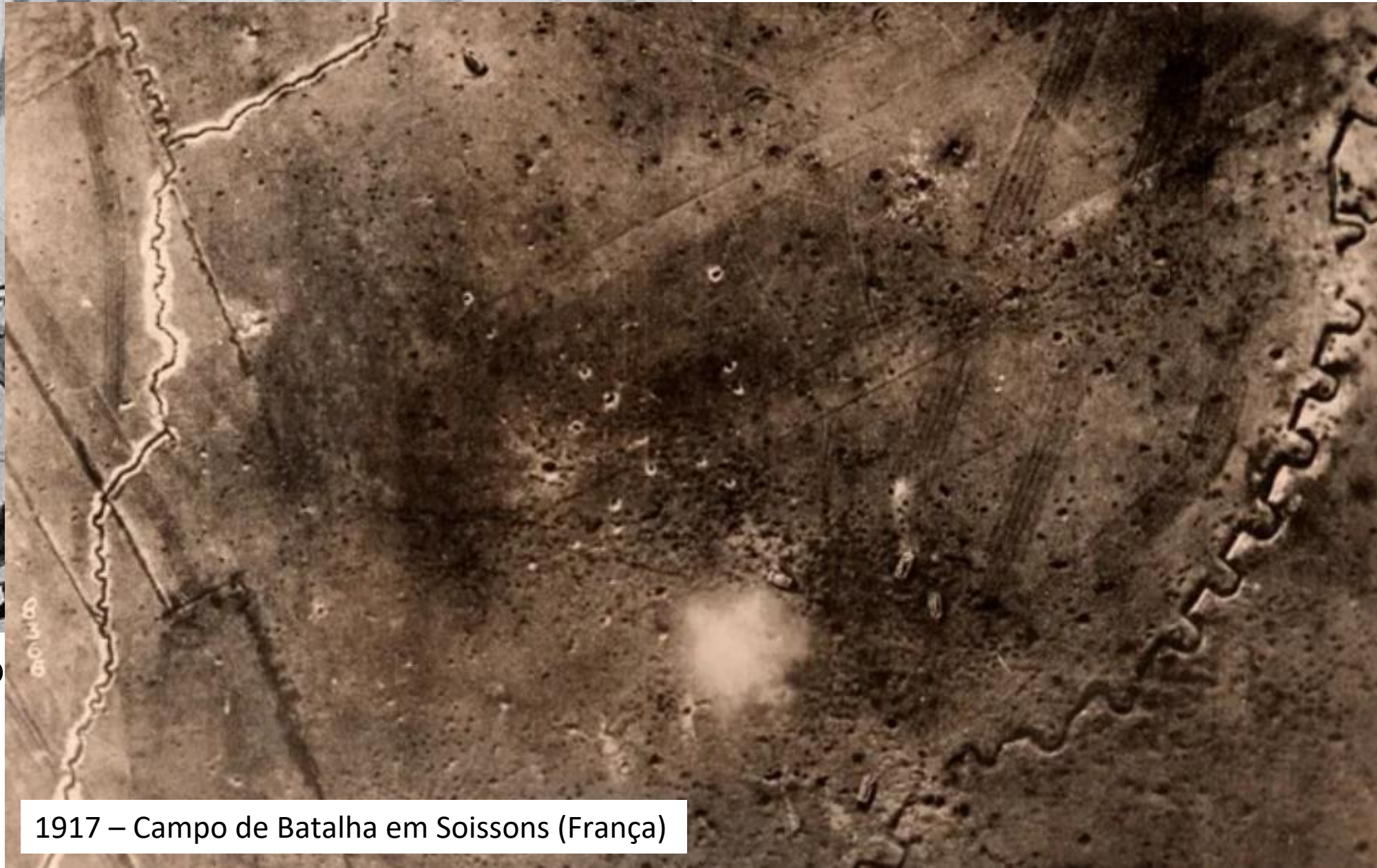


Félix Nadar - Primeira fotografia aérea, 1858

Aerofotogrametria



- 1909 Advento



1917 – Campo de Batalha em Soissons (França)

Aerofotogrametria

Histórico:

- 1912 Inglês Frederick C. V. Laws, RAF, usando dirigíveis, 60% de recobrimento (Estereoscopia)
- 1915 Inglês Capitão John Moore-Brabazon (Fly 1), primeira câmara de reconhecimento aéreo. Pioneiro na incorporação de técnicas de estereoscopia (Altura de objetos)



1909 - Primeiro Britânico a voar em um veículo mais pesado que o ar

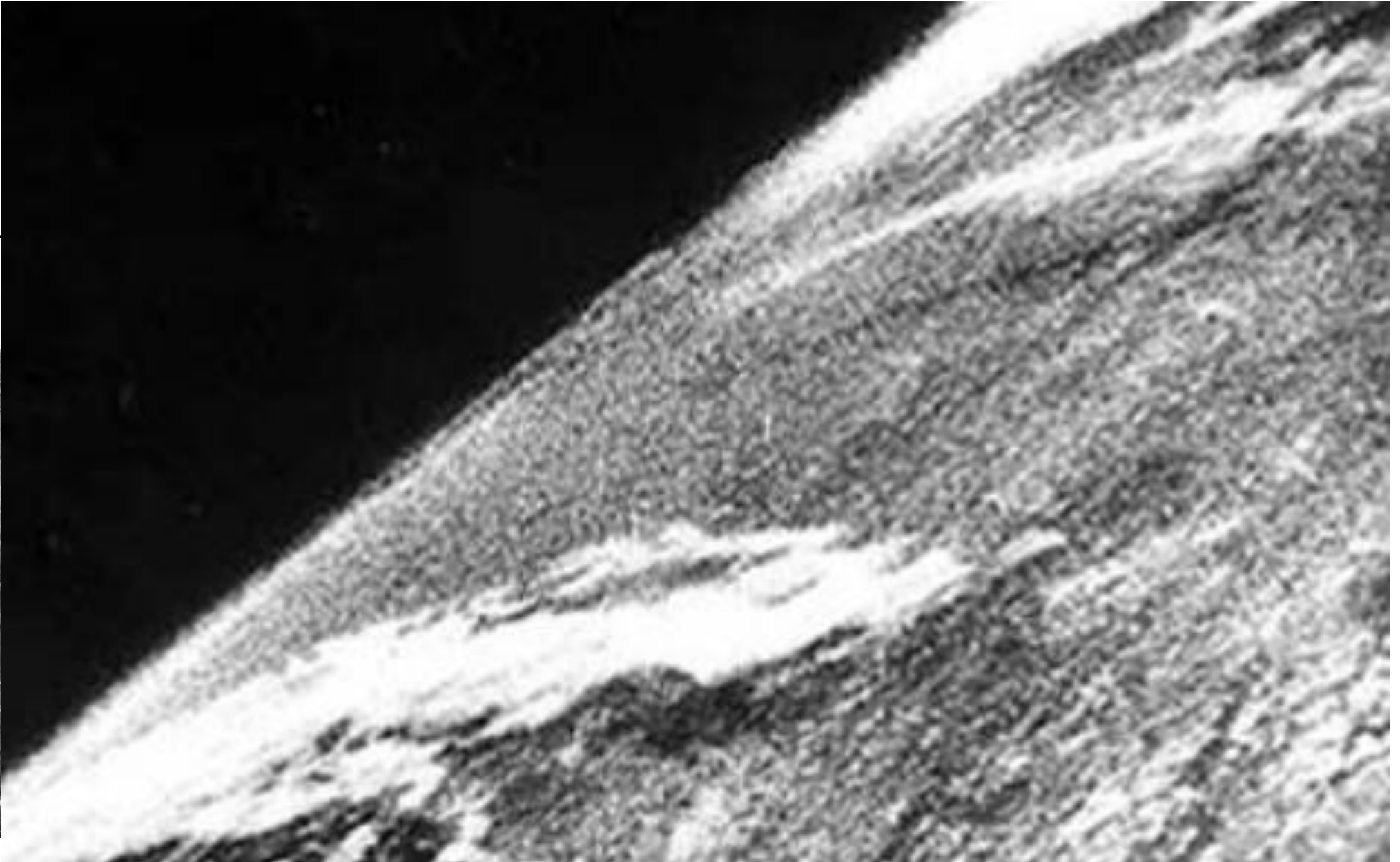
- 1918 Inglês General Edmund H. H. Allenby – (Usou 5 pilotos para recobrir 1620 Km² na Palestina)

Primeiro registro de fotografias aéreas para fins Cartográficos!!

Aerofotogrametria

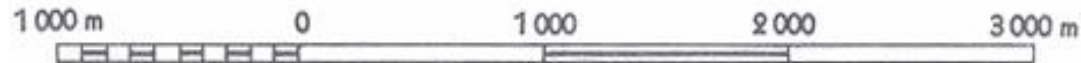
Histórico:

- 1928 A RAF
- 1930 Primei
sensíveis ao
- II Grande Gu



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ESCALA 1:50 000



Eqüidistância das curvas de nível 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Levantamento estereofotogramétrico topográfico regular.
Aerofotografias de 1965. Reambulação, restituição e triangulação
espacial executados pela VASP AEROFOTOGRAFIA S.A. em 1969

Esta folha foi preparada e impressa em decorrência do
Convênio entre a FUNDAÇÃO IBGE e a VASP AEROFOTOGRAFIA S.A.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA

PRIMEIRA EDIÇÃO - 1970

DIREITO DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Impressa no Serviço Gráfico da FUNDAÇÃO IBGE.

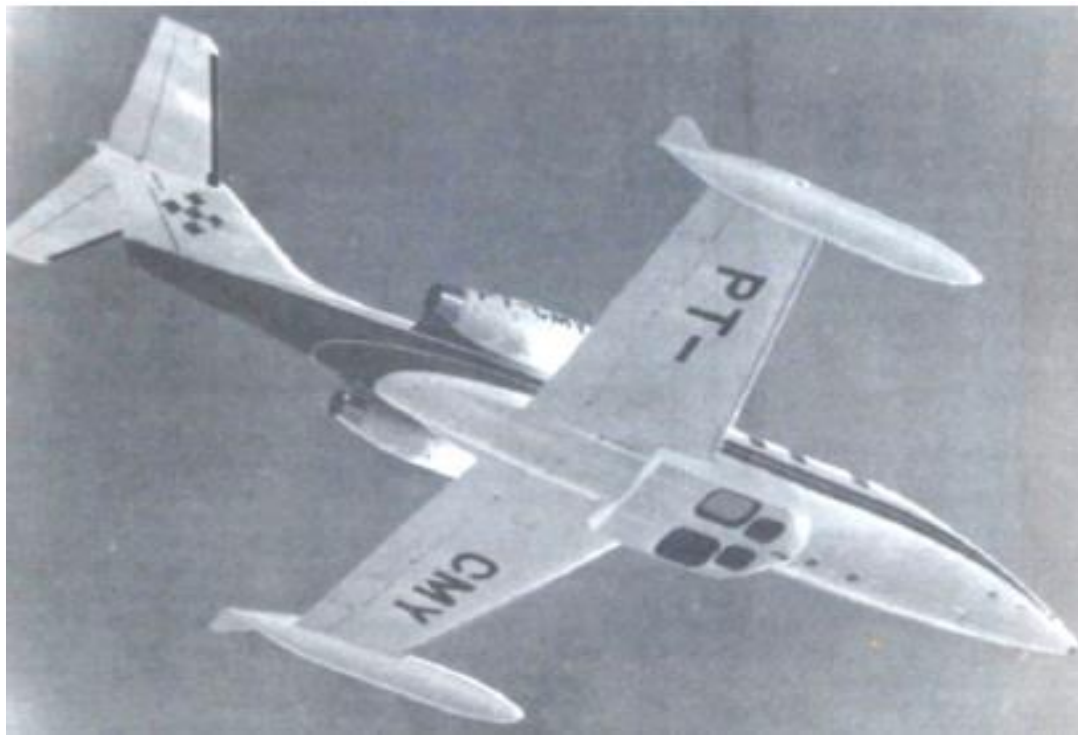
O INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA agradece a gentileza da
comunicação de falhas ou omissões verificadas nesta folha.

Aerofotogrametria

Problema!!!

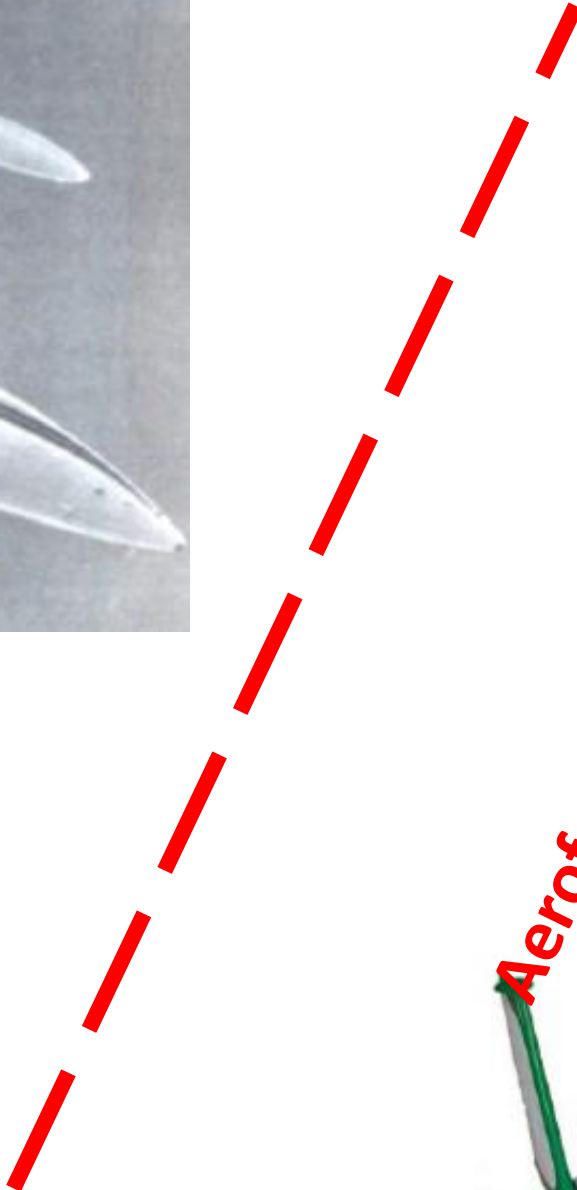


Como vêm sendo usado?



Obtenção de Fotografias 1980

↑ \$



Aerofotogrametria



\$ ↓



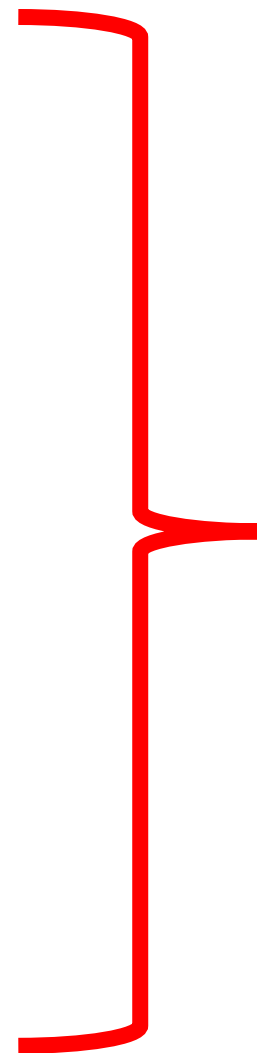
DRONE?

VANT?

AEROMODELO?

UAV?

RPA?



Histórico

Histórico



The Kettering "Bug" (image: The United States Air Force)

1918 surge a primeira aeronave não tripulada a partir de um projeto secreto supervisionado por Orville Wright e Charles F. Kettering.

(www.smithsonianmag.com)

1951 O Q-2 foi a primeira aeronave não tripulada a jato, fabricada pela Ryan Aeronautical Company o Q-2 possuía autonomia de até duas horas de voo e poderia atingir uma altura máxima de 60.000 pés (abeckstead11.blogspot.com)



Q-2A Firebee (Parsch)





DRONE?

VANT?

AEROMODELO?

UAV?

RPA?

Qual a diferença entre VANT, DRONE e RPAS?

- VANT, Veículo Aéreo Não Tripulado (tradução do termo UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*), é o termo utilizado para se referir a todo e qualquer equipamento que acesse o espaço aéreo em que não há a presença de um ser humano a bordo. O termo VANT é considerado **obsoleto** pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) como podemos observar na documentação Doc 10019, Manual On RPAS, da OACI.
- RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) é o termo técnico e padronizado internacionalmente pela OACI para se referir aos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas utilizadas com propósitos não recreativos.
- Drone é o termo utilizado de forma coloquial e popular para se referir aos equipamentos remotamente pilotados. Drone, cuja tradução significa “zangão”, foi oriundo do tipo de barulho que esses equipamentos costumam produzir que lembra o som emitido por um zangão em voo.

Qual a diferença entre RPA e Aeromodelo?

- Propósito de uso.

- **Aeromodelos** são aeronaves remotamente pilotadas utilizadas, unicamente, para a **recreação**
- **RPA's** são aeronaves remotamente pilotadas utilizadas para fins **comerciais, atividades especializadas ou corporativas**

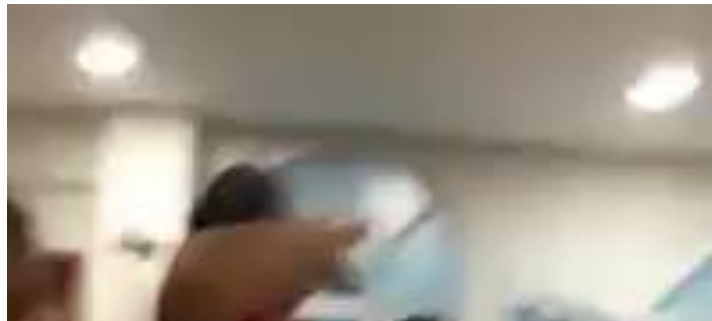


O propósito!!!! Gera também problemas!!!





ASDET MANUKYAN



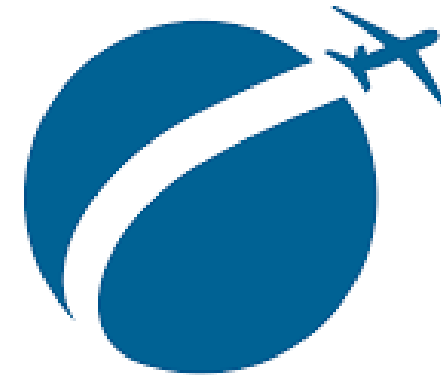
Enrique Iglesias sofre acidente com drone durante show e passa por ciru...
por RecordTV





ANATEL

*Agência Nacional
de Telecomunicações*



ANAC

AGÊNCIA NACIONAL
DE AVIAÇÃO CIVIL



**Departamento
de Controle do Espaço Aéreo**
Comando da Aeronáutica

Normas de operação

Legislação Vigente: órgãos envolvidos

1

- **ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações):** agência responsável pelo controle de equipamentos que emitem rádio frequência no Brasil. O rádio controle do RPA deve ser homologado pela agência obrigatoriamente

2

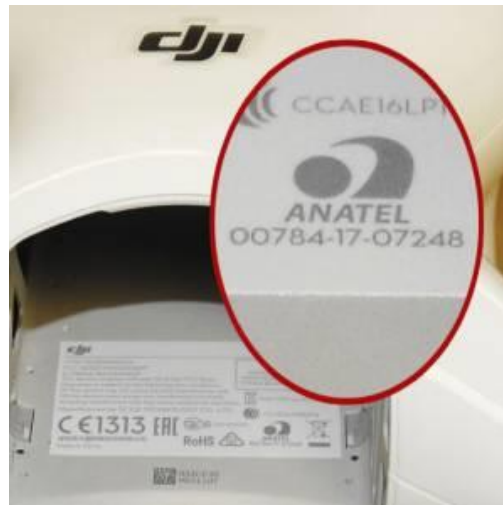
- **ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil):** agência que controla o cadastro das aeronaves e credencia os pilotos. Responsável por definir as regras de utilização, normas e padrões

3

- **DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo):** órgão do Ministério da Defesa, controla o espaço aéreo nacional. É responsável por analisar as solicitações de utilização do espaço aéreo, liberá-lo e informar sobre os eventos aéreos



- 1 - Certificar-se que o RPA
está homologado no sistema
da Anatel



<https://sistemas.anatel.gov.br/sgch>

SGCH - Sistema de Gestão
de Certificação e Homologação



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
ANATEL

Declaração de Homologação
(para emissão)
Nº 00784-17-07248
Assunto: Declaração
Assunto: Declaração

Objeto: Declaração de Homologação de Equipamento de Telecomunicações, conforme o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

Este documento declara, sob a responsabilidade do fabricante, que o equipamento de telecomunicações, descrito no item 1, está em conformidade com as normas técnicas e requisitos estabelecidos no Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

Ass: _____
Assunto: Declaração de Homologação de Equipamento de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

Ass: _____
Assunto: Declaração de Homologação de Equipamento de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

Modelo	Marca	Descrição	Classificação	Homologação	Validade
CCAE16LP	ANATEL	00784-17-07248			

Ass: _____
Assunto: Declaração de Homologação de Equipamento de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

Ass: _____
Assunto: Declaração de Homologação de Equipamento de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014, e o Regulamento de Homologação de Equipamentos de Telecomunicações, aprovado pelo Conselho Nacional de Telecomunicações (CNET) em 17/07/2014.

<https://sistemas.anatel.gov.br/mosaico>

Legislação Vigente

As **RPA** estão divididas em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada.

Classe 1 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 150 kg

Classe 2 – RPA: Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg

Classe 3 – RPA: Peso máximo de decolagem de até 25 kg

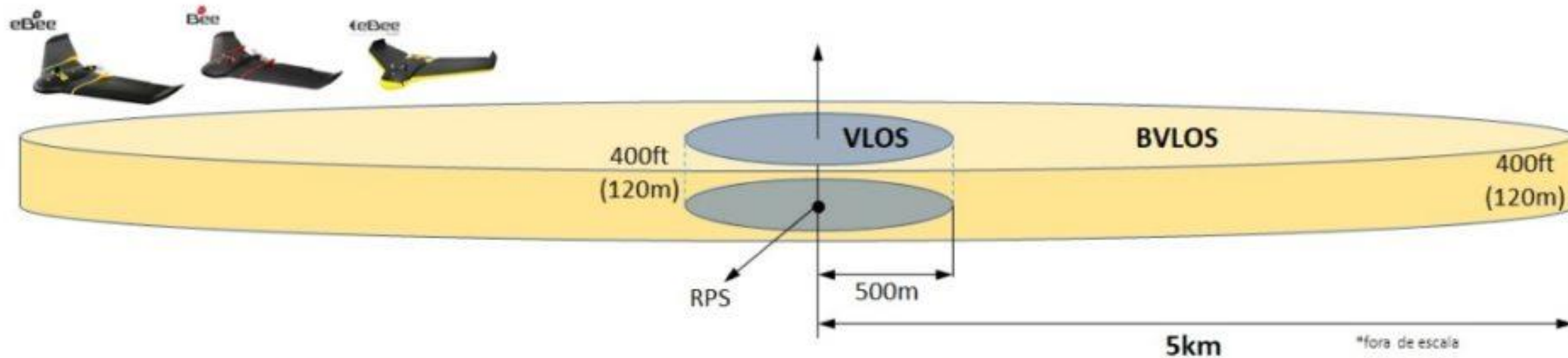
Legislação Vigente

	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de Idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			



¹ Todos os aeromodelos acima de 250 gramas e RPA entre 250 gramas e 25 kg que se destinem a operações na linha de visada visual (VLOS) até 400 pés acima do nível do solo, devem ser cadastrados por meio de ferramenta online disponível no endereço sistemas.anac.gov.br/slsant.

² Para todos os sistemas de RPA Classe 2 e os de RPA Classe 3 que se destinam a operações além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés, o fabricante pode optar pelo processo de certificação de tipo estabelecido no RBAC nº 21 ou pela autorização de projeto na Subparte E do RBAC-E nº 94.



VLOS = **V**isual **L**ine **O**f **S**ight (limite máximo de voo visual permitido)

BVLOS = **B**eyond **V**isual **L**ine **O**f **S**ight (voo além da linha de visada visual que foi autorizado)

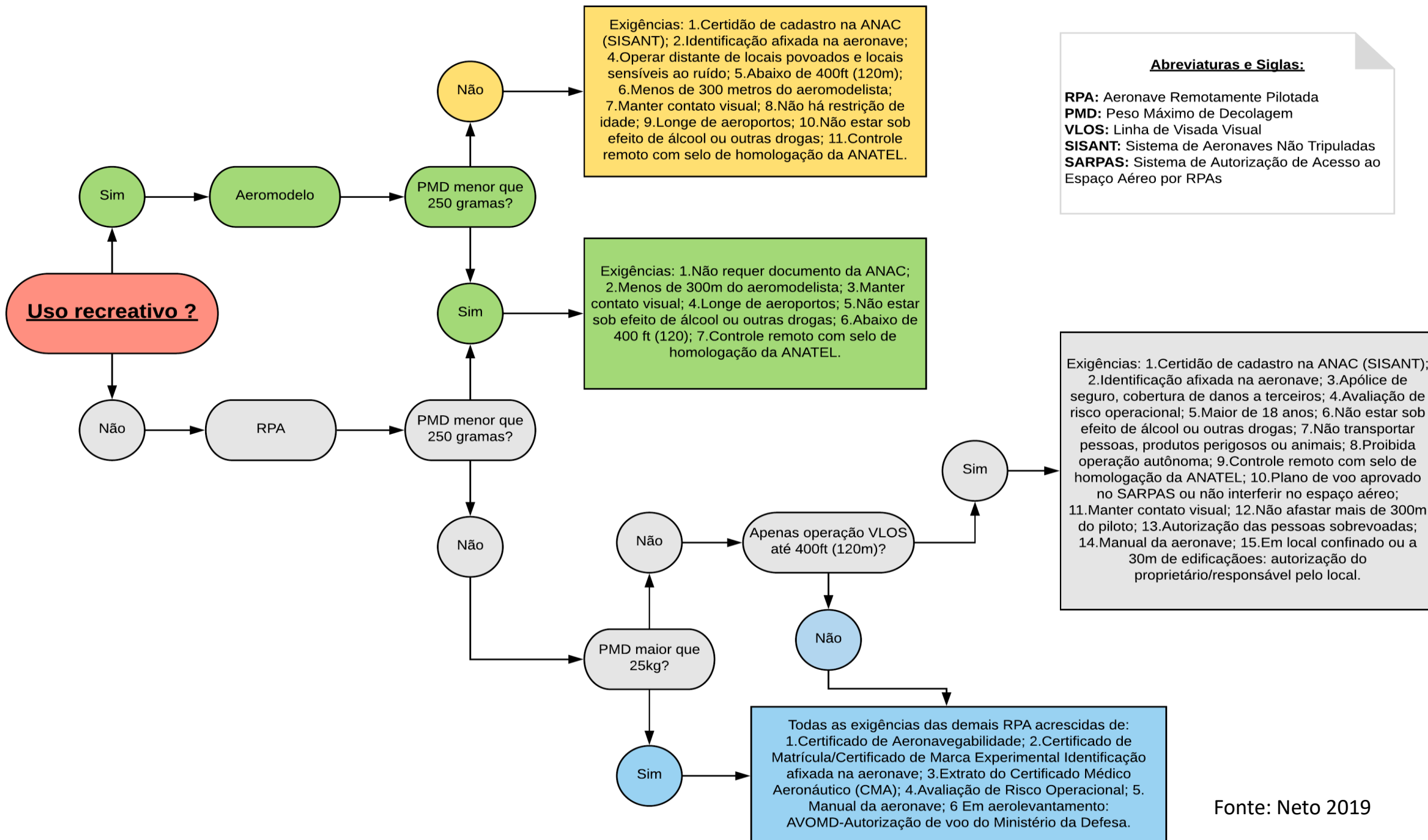
	REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL	
	AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY	

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO RECREATIVO UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE – RECREATIONAL	
Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até 19/02/2021, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira. <i>This Inscription Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 02/19/2021, unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i> Operador (Operator): Peterson XXXX CPF (document): XXXX O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.	Nº do cadastro (Inscription Number): PR-XXXX Uso (Purpose): recreativo (recreational) Fabricante (Maker): DJI Modelo (Model): Phantom 4 Nº de série (Serial Number): XXXX Peso máximo de decolagem (MTOW): 2,00 kg Foto (Picture):  Informações adicionais (additional information): O detentor desta certidão de cadastro (o operador), ou aquele com quem for compartilhada sua aeronave, é considerado apto pela ANAC a realizar voos recreativos no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes. <i>The holder of this inscription certificate (the operator), or the person with whom this aircraft is shared, is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform recreational flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.</i> A validade desta certidão pode ser verificada pelo link https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave Local e data da emissão (Place and date of issue): Brasília, 7 de junho de 2019 <i>Brasília, June 7th, 2019</i>

	REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL	
	AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY	

CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO UNMANNED AIRCRAFT REGISTER CERTIFICATE – NON-RECREATIONAL	
Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até 31/12/2020, salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira. <i>This Register Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 31/12/2020 unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i> Operador (Operator): CPF (document): O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.	Nº do cadastro (Register Number): AA - 00000000 Uso (Purpose): não recreativo (non-recreational) Ramo de atividade (Business): Aerolevantamento - Aerofotogrametria Fabricante (Maker): HORUS AERONAVES Modelo (Model): MODELO MAPTOR Nº de série (Serial Number): Peso máximo de decolagem (MTOW): 1,70 kg Foto (Picture):  Informações adicionais (additional information): O detentor desta certidão de cadastro (o operador) é considerado apto pela ANAC a realizar voos recreativos e não recreativos no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes. <i>The holder of this register certificate (the operator) is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform recreational and non-recreational flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.</i> A validade desta certidão pode ser verificada pelo link https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/Aeronave/ConsultarAeronave Local e data da emissão (Place and date of issue): Brasília, 3 de maio de 2017 <i>Brasília, May 3rd, 2017</i> <i>Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas com mais de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em condições de voo visuais (BVLOS) ou a mais de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL). This register certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).</i>

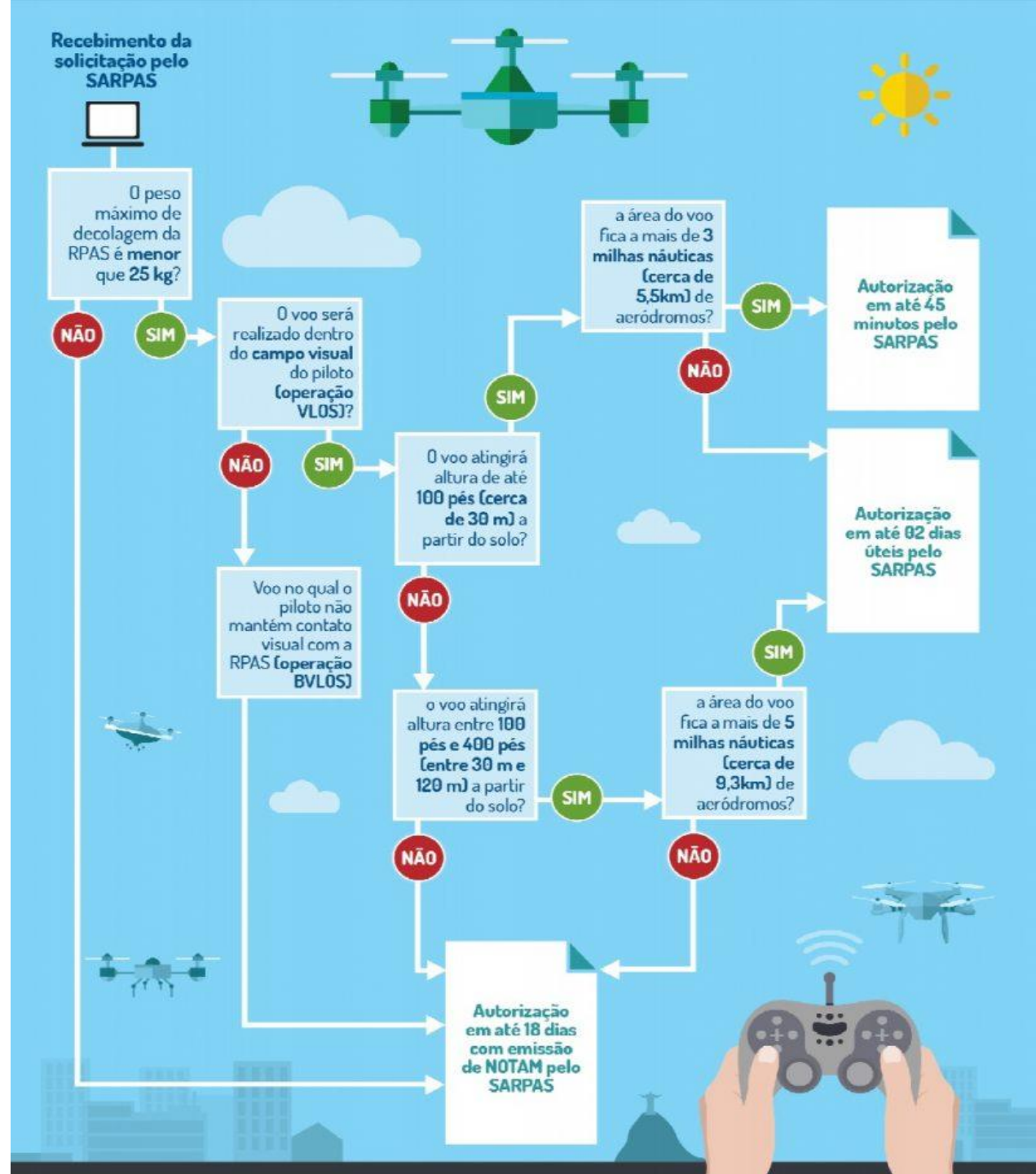
<https://sistemas.anac.gov.br/SISANT/>



Abreviaturas e Siglas:

RPA: Aeronave Remotamente Pilotada
PMD: Peso Máximo de Decolagem
VLOS: Linha de Visada Visual
SISANT: Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
SARPAS: Sistema de Autorização de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAs

<https://servicos.decea.gov.br/sarpas/?i=AppSec>



Legislação Vigente: ICA 100-40 (DECEA)

SOLICITAÇÃO DE VOO #D5724C

Fazenda Areão (3,0 Km): APROVADO
9 dias úteis / 13 dias corridos

Operação

- Solicitante: Vitor Augusto Graner Fessel
- Perfil: 1 (Padrão / ICA 100-40)
- Tipo/Regra: VLOS/V

Localização

- Decolagem
Lat:-22.69797395574255
Lng: -47.644983421231075
- Destino
Lat:-22.69797395574255
Lng: -47.644983421231075
- Área: 300m
- Altura: 388ft

Equipamento

- Nº SISANT: PP-195715457

[Ver Certificado SISANT](#)

Piloto

- Nome: Vitor Augusto Graner Fessel
- Código: AUEx
- CPF: 110.***.***-77

Janela de Operação

Data	Início	Fim
11.07.2018	13:00 UTC	17:00 UTC

Comunicações

- Código de Chamada: RPA-AUEx-57
- ATS: NÃO SE APLICA
- Piloto: NÃO SE APLICA

RPS (1)

RPS	Lat/Lng	Telefone
Vitor Augusto Graner Fessel	-22.69797395574255, -47.644983421231075	(19) 98101-5405

120 m

SOLICITAÇÃO DE VOO #44E780

Engenharia (1,4 Km): APROVADO
2 dias úteis / corridos

Operação

- Solicitante: Vitor Augusto Graner Fessel
- Perfil: 1 (Padrão / ICA 100-40)
- Tipo/Regra: VLOS/V

Localização

- Decolagem
Lat:-22.713167
Lng: -47.632592
- Destino
Lat:-22.713167
Lng: -47.632592
- Área: 80m
- Altura: 100ft

Equipamento

- Nº SISANT: PP-195715457

[Ver Certificado SISANT](#)

Piloto

- Nome: Vitor Augusto Graner Fessel
- Código: AUEx
- CPF: 110.***.***-77

Janela de Operação

Data	Início	Fim
25.08.2018	13:00 UTC	17:00 UTC

Comunicações

- Código de Chamada: RPA-AUEx-57
- ATS: NÃO SE APLICA
- Piloto: NÃO SE APLICA

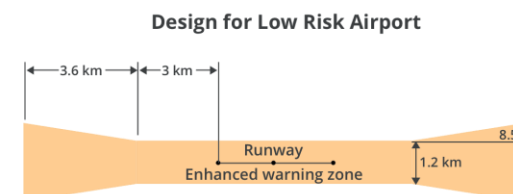
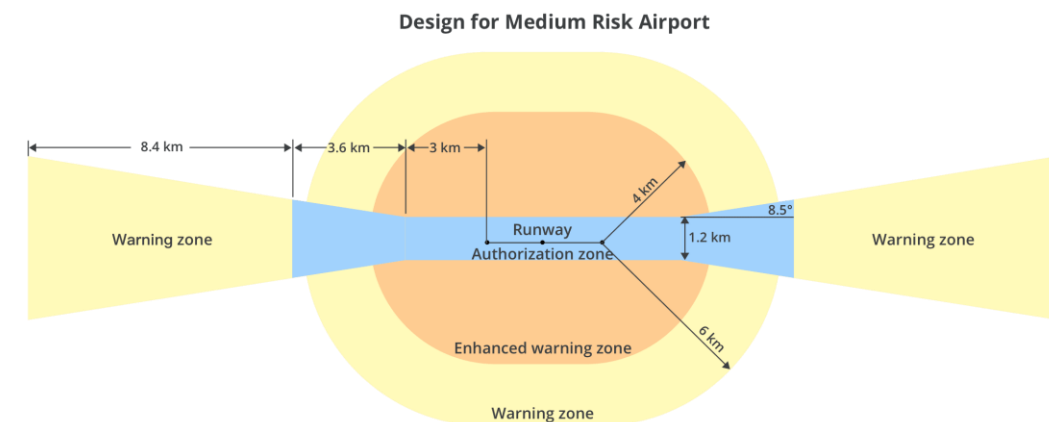
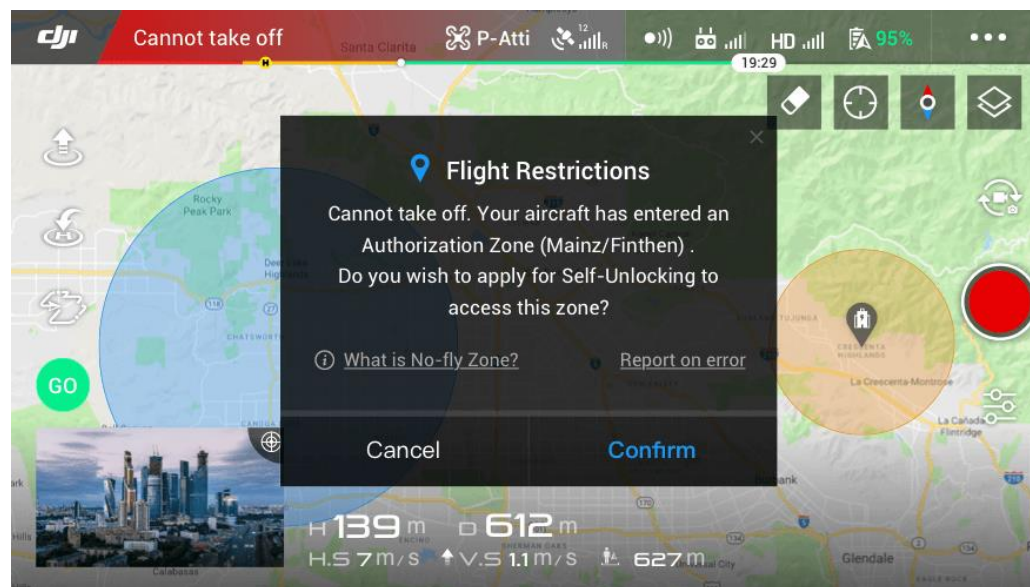
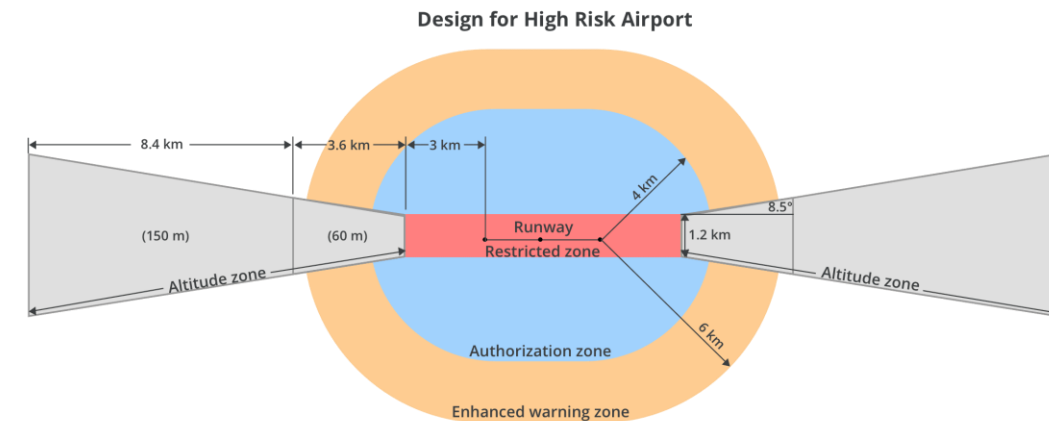
RPS (1)

RPS	Lat/Lng	Telefone
Vitor Augusto Graner Fessel	-22.713167, -47.632592	(19) 98101-5405

30 m

Legislação Vigente: ICA 100-40 (DECEA)

Áreas de Segurança Aérea:



Fonte: <https://www.dji.com/flysafe/introduction>

Fotogrametria: Fundamentos e Processos.

Sensoriamento Remoto

Sensoriamento Remoto – Nível Aéreo

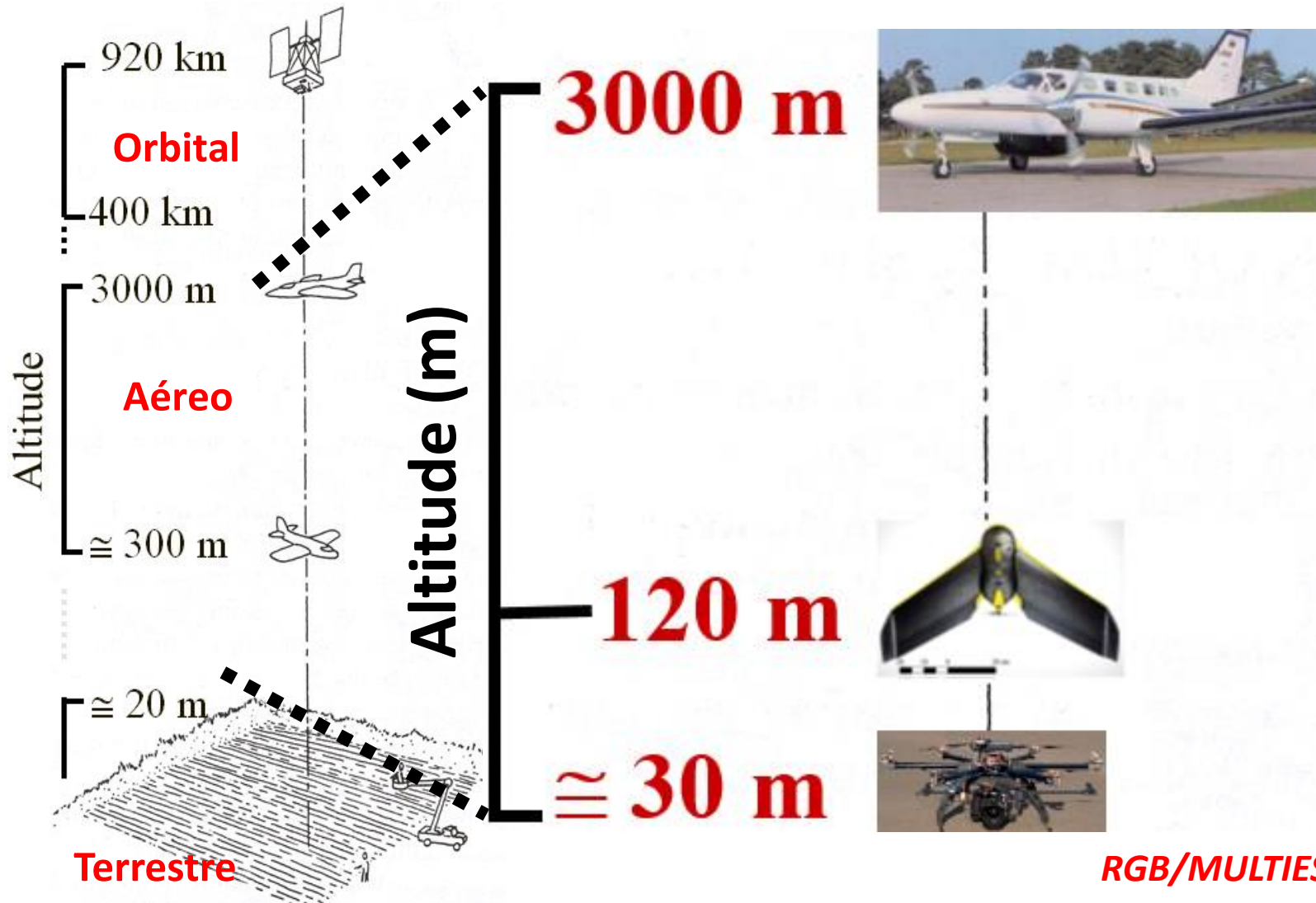
PLATAFORMAS AÉREAS

Alta altitude

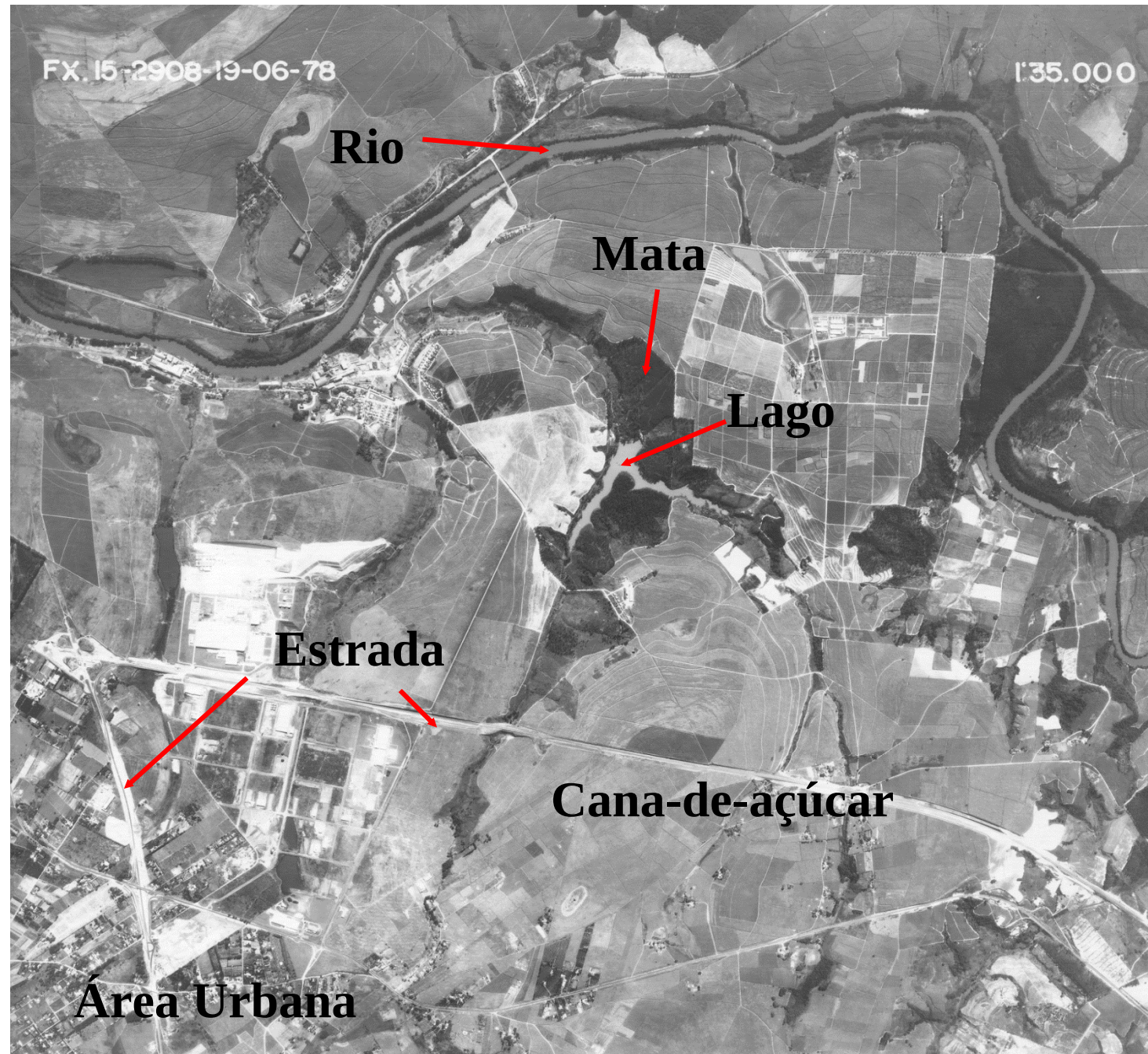
Principais Levantamentos:

- Aerofotogrametria
- Uso e ocupação do Solo
- Biomassa (Variabilidade)

Baixa altitude



FOTOGRAFIAS AÉREAS

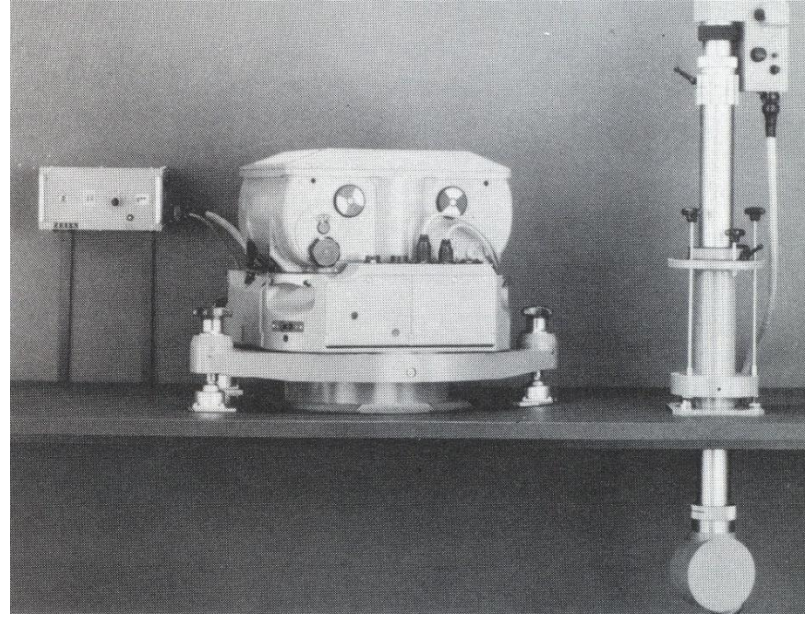
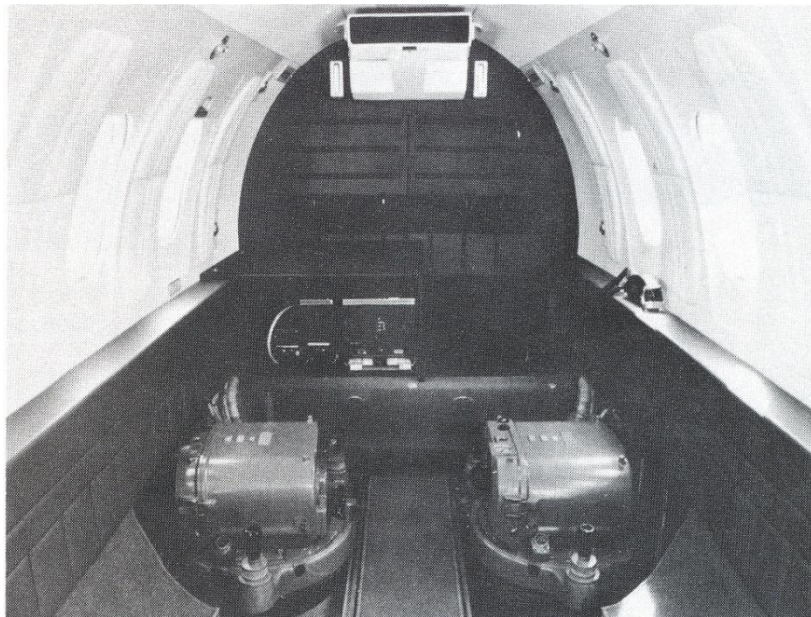


FOTOGRAFIAS AÉREAS



Acervo de Fotografias: Base Aerofotogrametria

FOTOGRAFIAS AÉREAS - SENSOR



➡ Suporte da máquina fotográfica:

- sistema evita choques e vibrações, realiza o ajustamento para compensar a deriva e o desvio do avião enquanto percorre a linha de voo;
- mantém a câmara sempre paralela ao terreno.

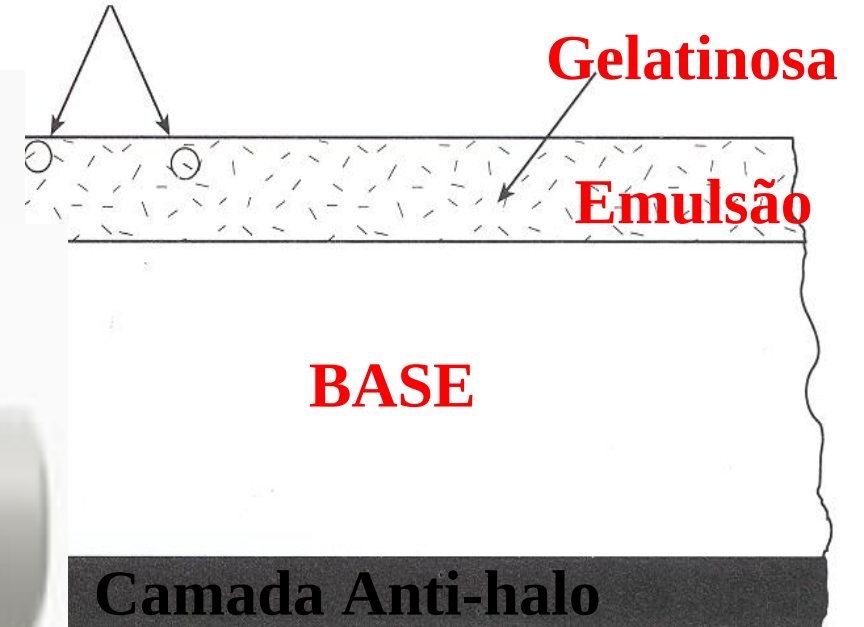
FOTOGRAFIAS AÉREAS - SENSOR



Pixel – GSD
“Ground Sample Distance”

FILME PANCROMÁTICO

Haletos de prata (AgCl , AgBr , AgI)



Detalhes na Foto

- ↑ Tamanho dos grânulos
- ↓ Tempo de exposição
- ↓ Menor detalhamento

- Câmera Métricas (Aerofotogrametria)

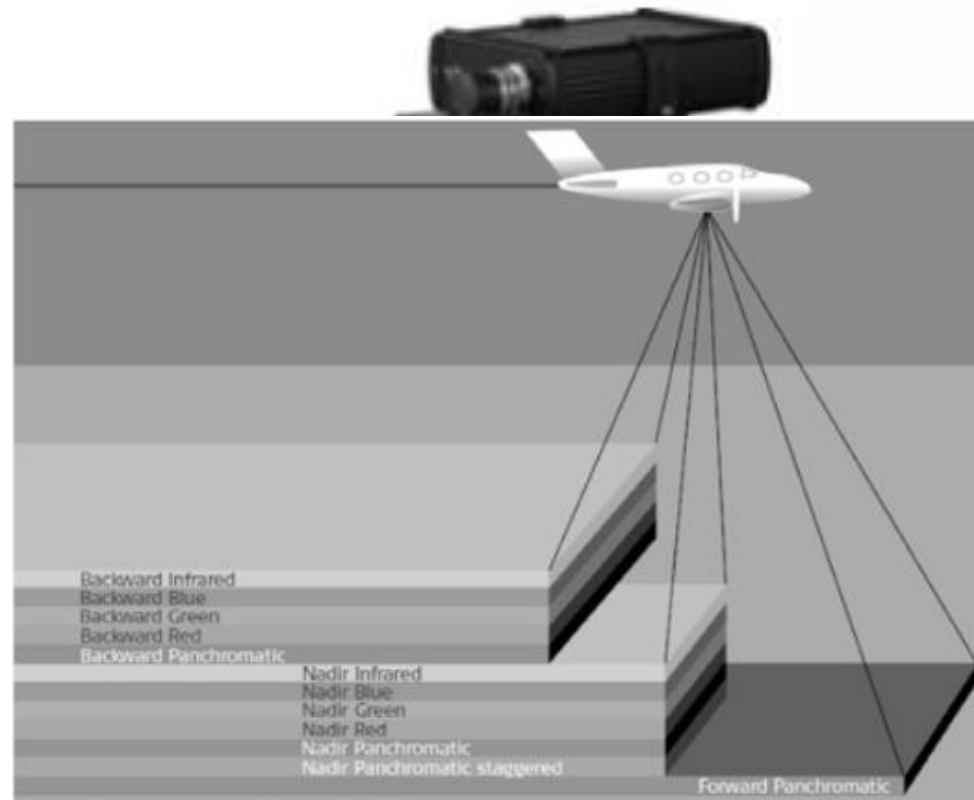


Fig. 8 - Dados obtidos com o ADS40. Fonte: Leica

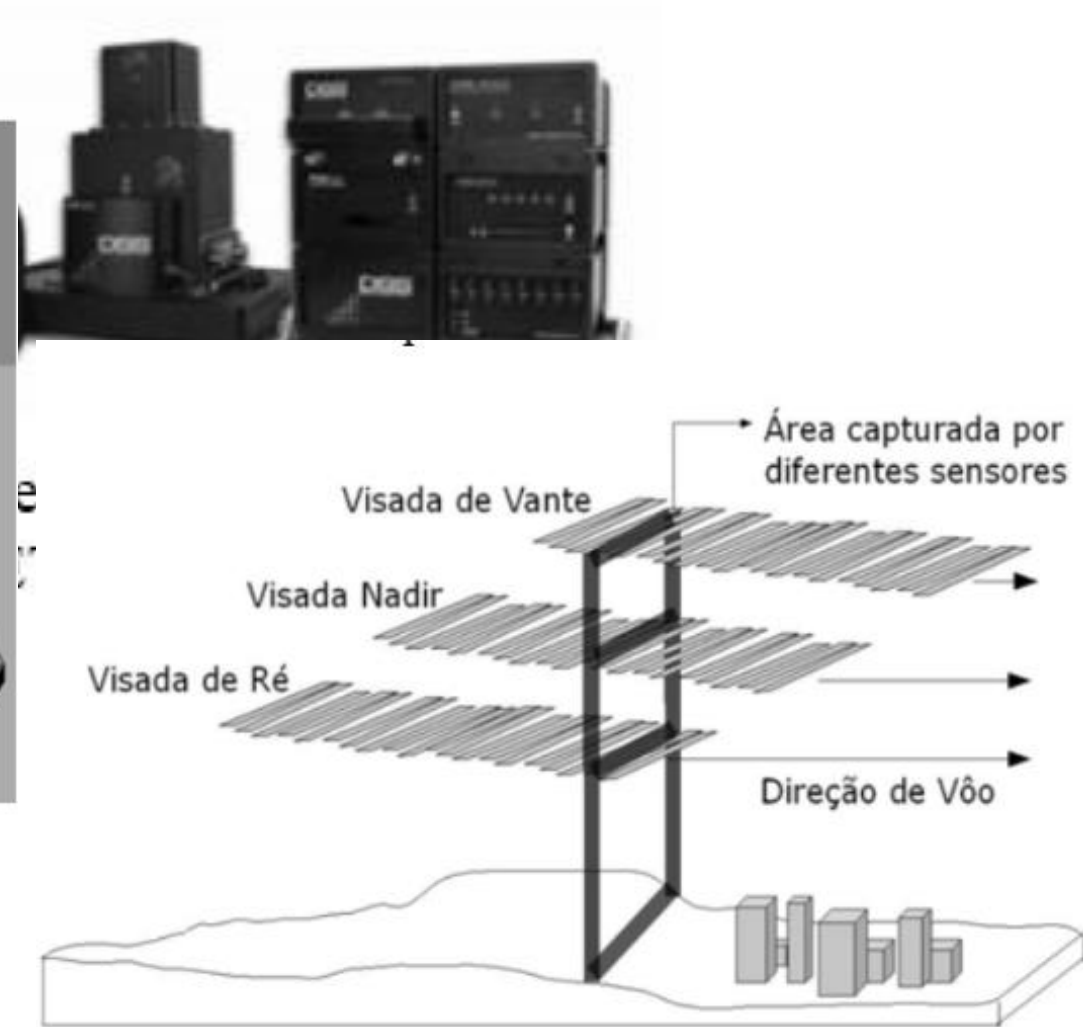
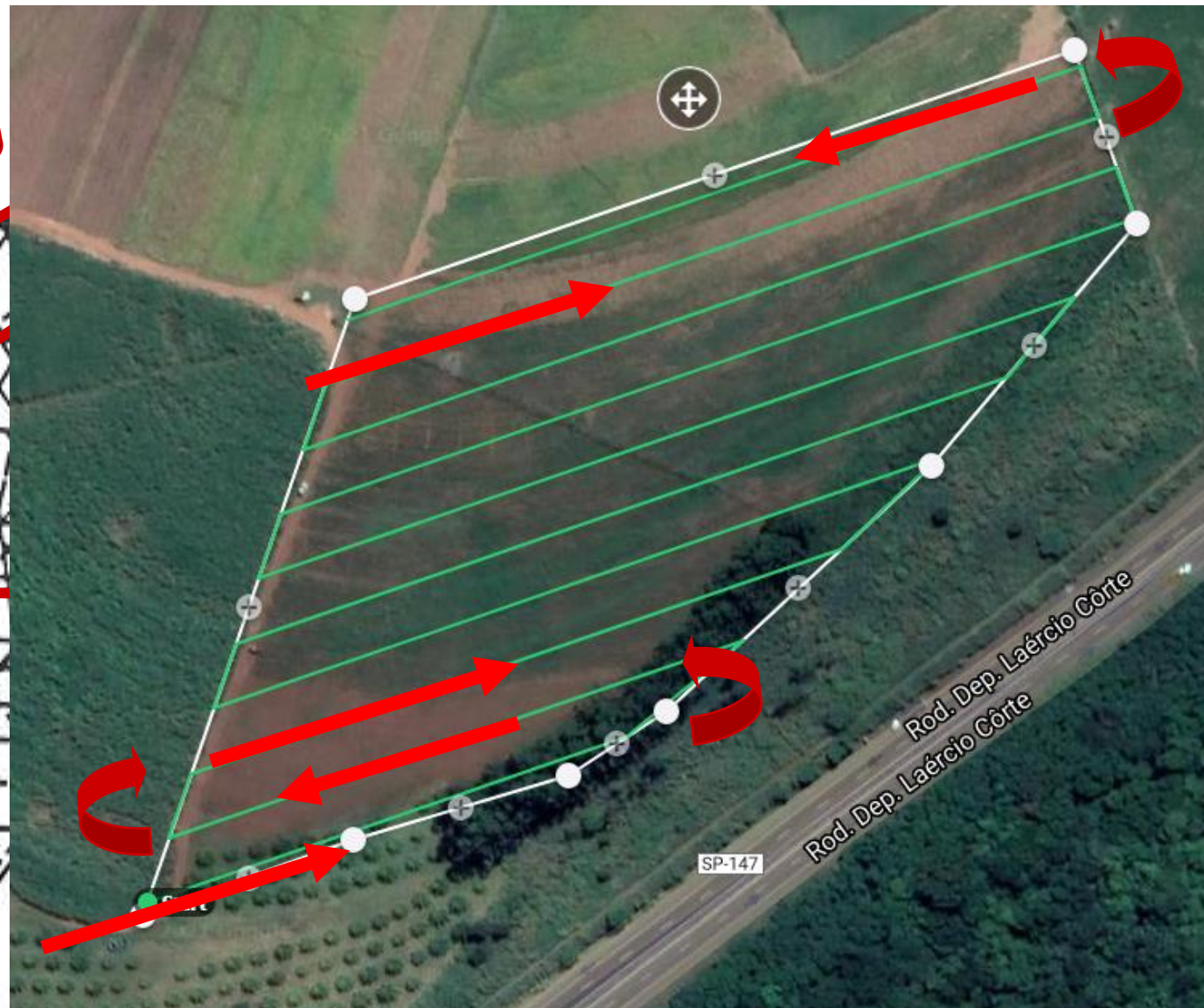
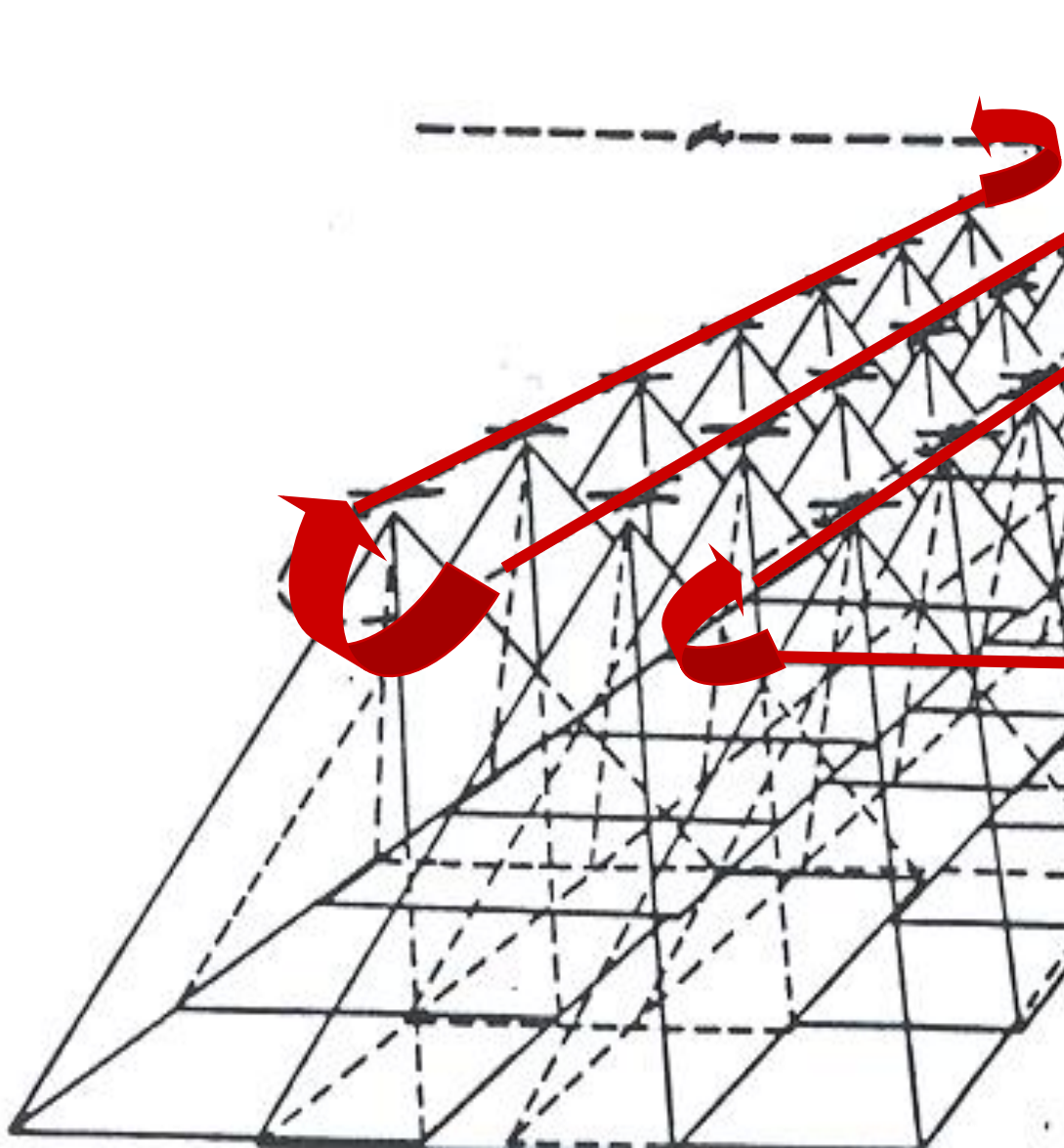
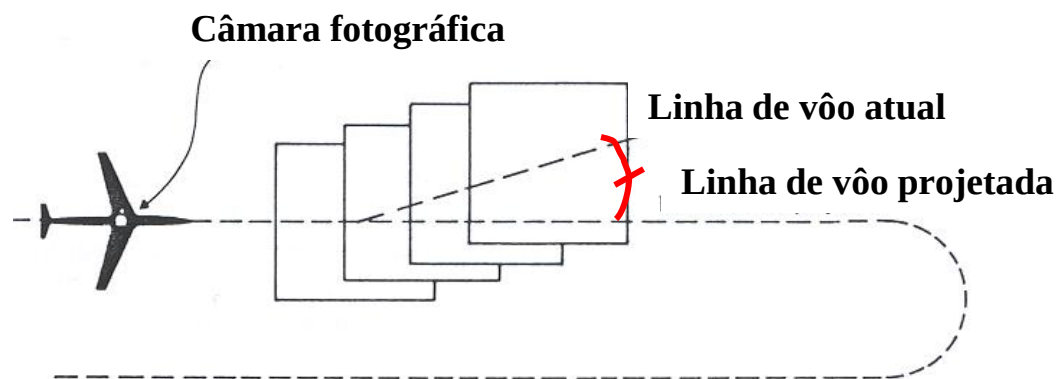


Fig. 9 - Tomada de dados de um sensor linear.
Fonte: Adaptado de SANDAU, 2005

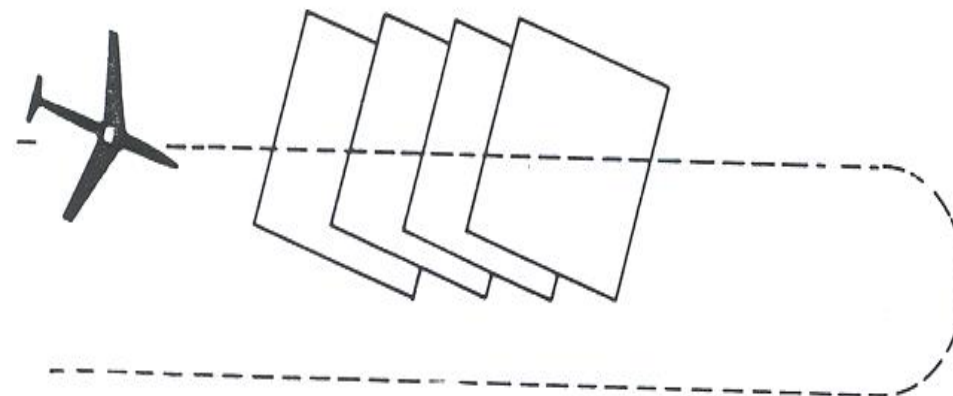
FOTOGRAFIAS AÉREAS – LINHA DE VÔO



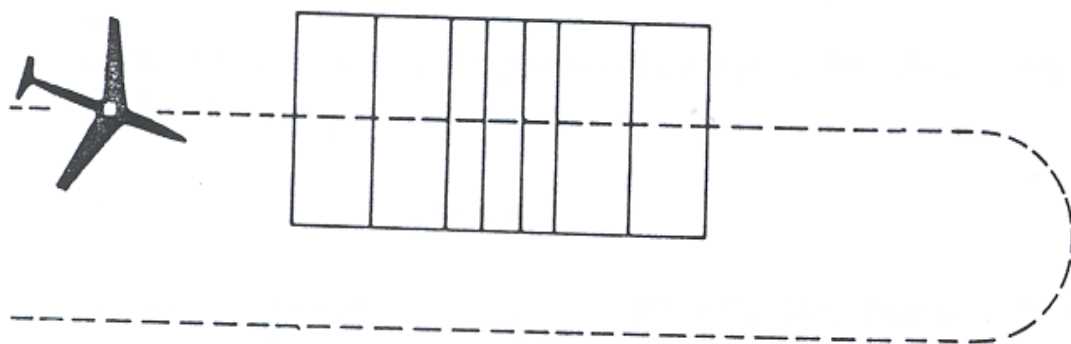
FOTOGRAFIAS AÉREAS – DERIVA, DESVIO E INCLINAÇÃO



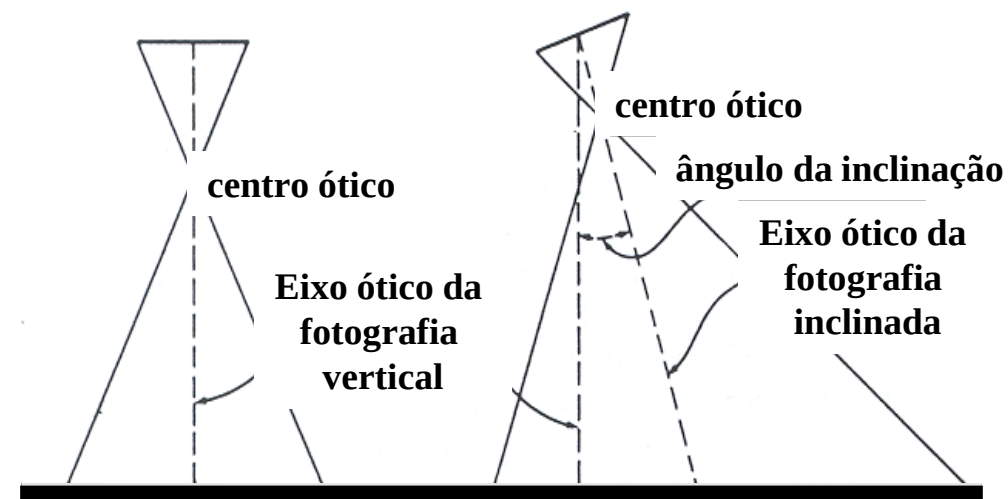
➡ **Deriva (Drift):** é o ângulo que o lado da foto faz com a linha de vôo correta



➡ **Desvio (Crab):** é o efeito da deriva. Observado na montagem das fotos.

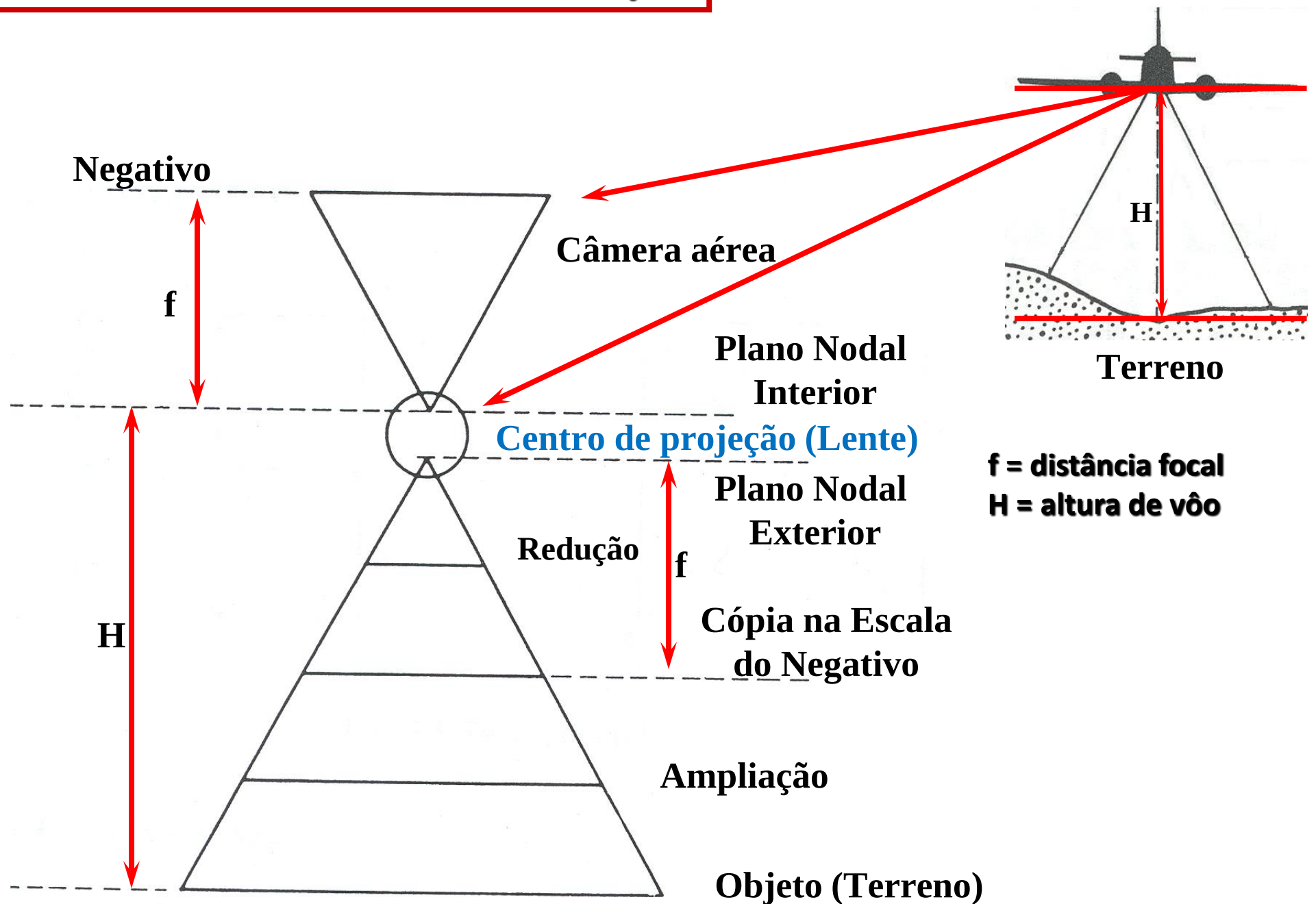


➡ **Correção da orientação da câmara**

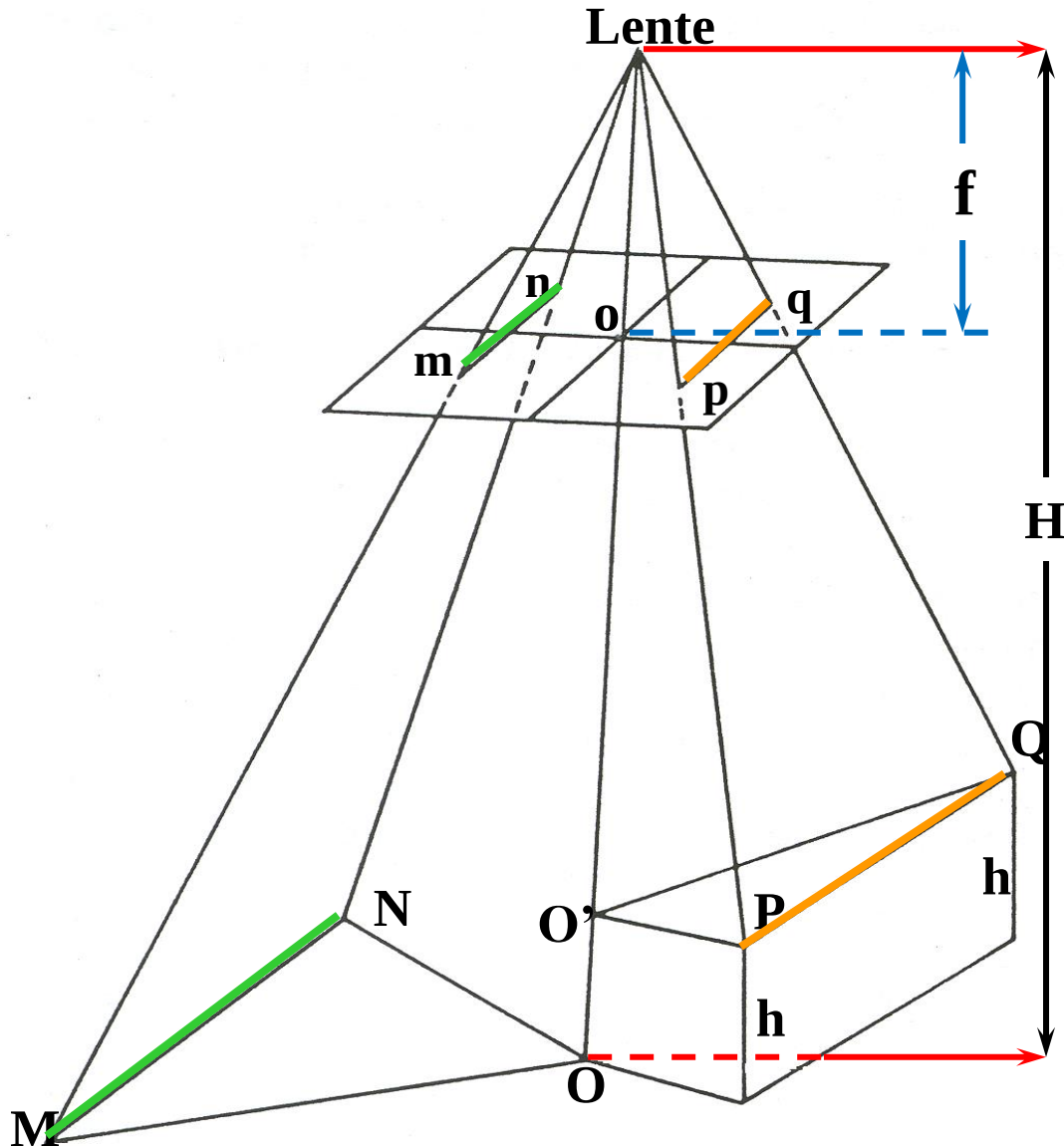


➡ **Inclinação (Tilt):** é a inclinação da câmara no momento da exposição

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL – GEOMETRIA DE AQUISIÇÃO



FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESCALA



Escala Foto - Terreno

$$S = \frac{\text{Dist. Foto}}{\text{Dist. Terreno}}$$

**Escala do Plano de Referência
(Nível médio do mar)**

$$\frac{mn}{MN} = \frac{f}{H}$$

$$\therefore S = f/H$$

**Escala Média
(média das elevações)**

$$\therefore S_m = f/H-hm$$

1- Qual é a escala de mapeamento?

Hm= 3.060m

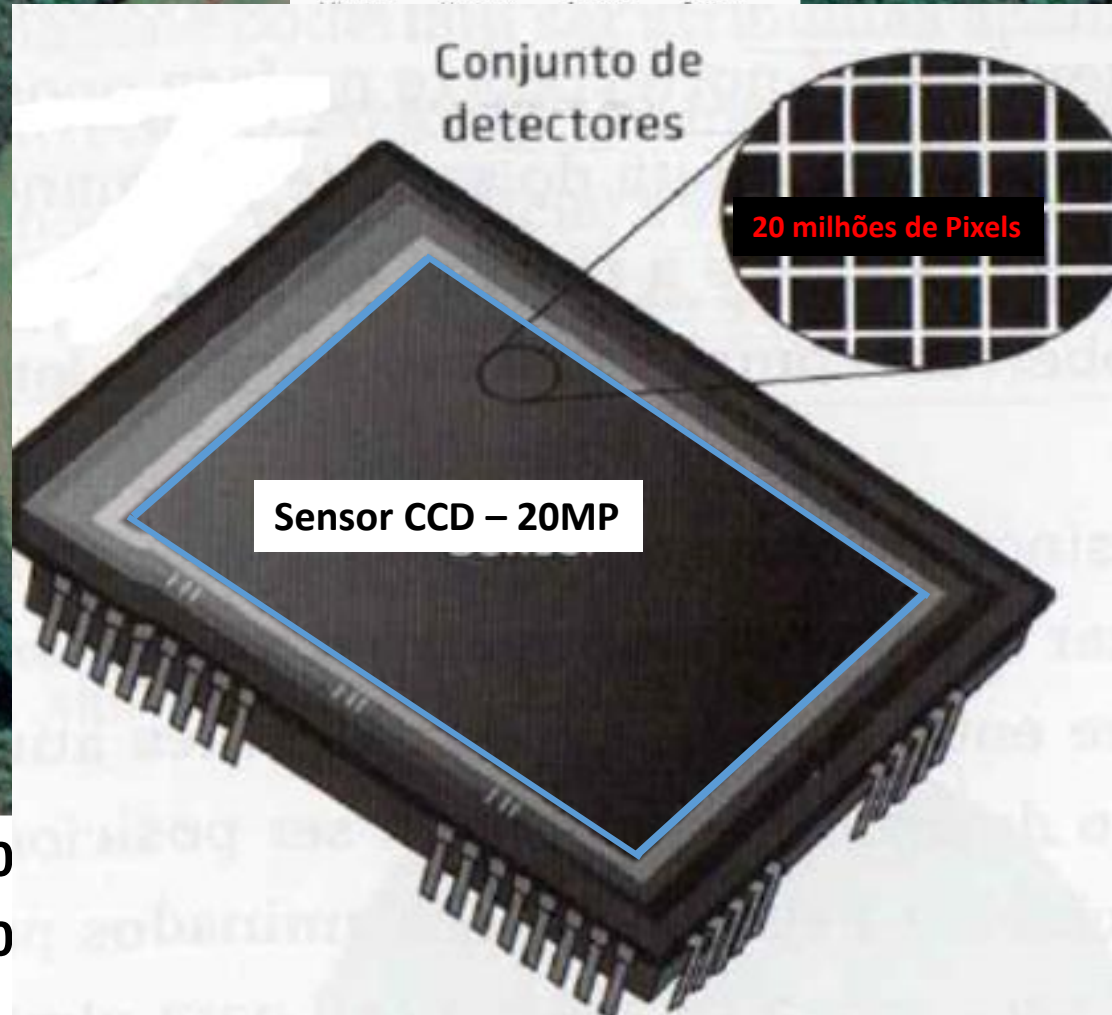
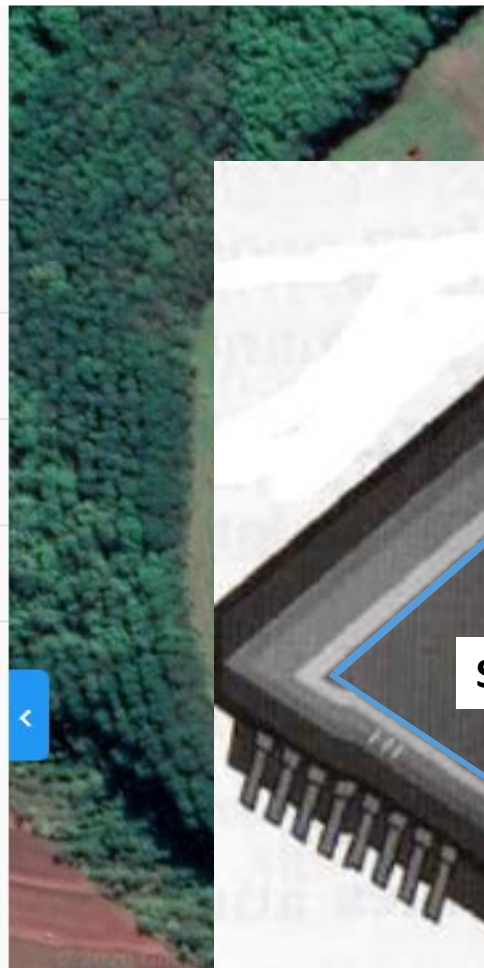
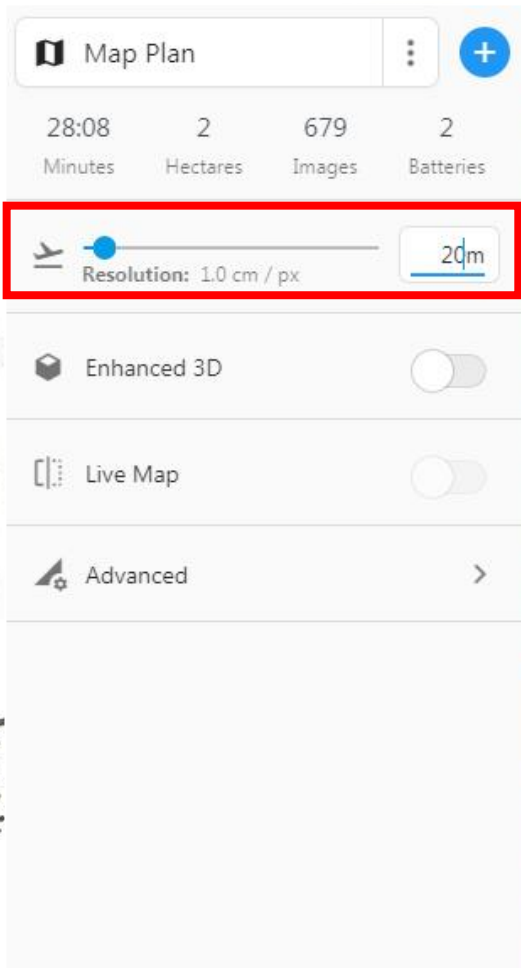
f = 153 mm

2- Para se obter uma escala de mapeamento de 1:10.000, Qual o valor de Hm?

f = 153 mm

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESCALA

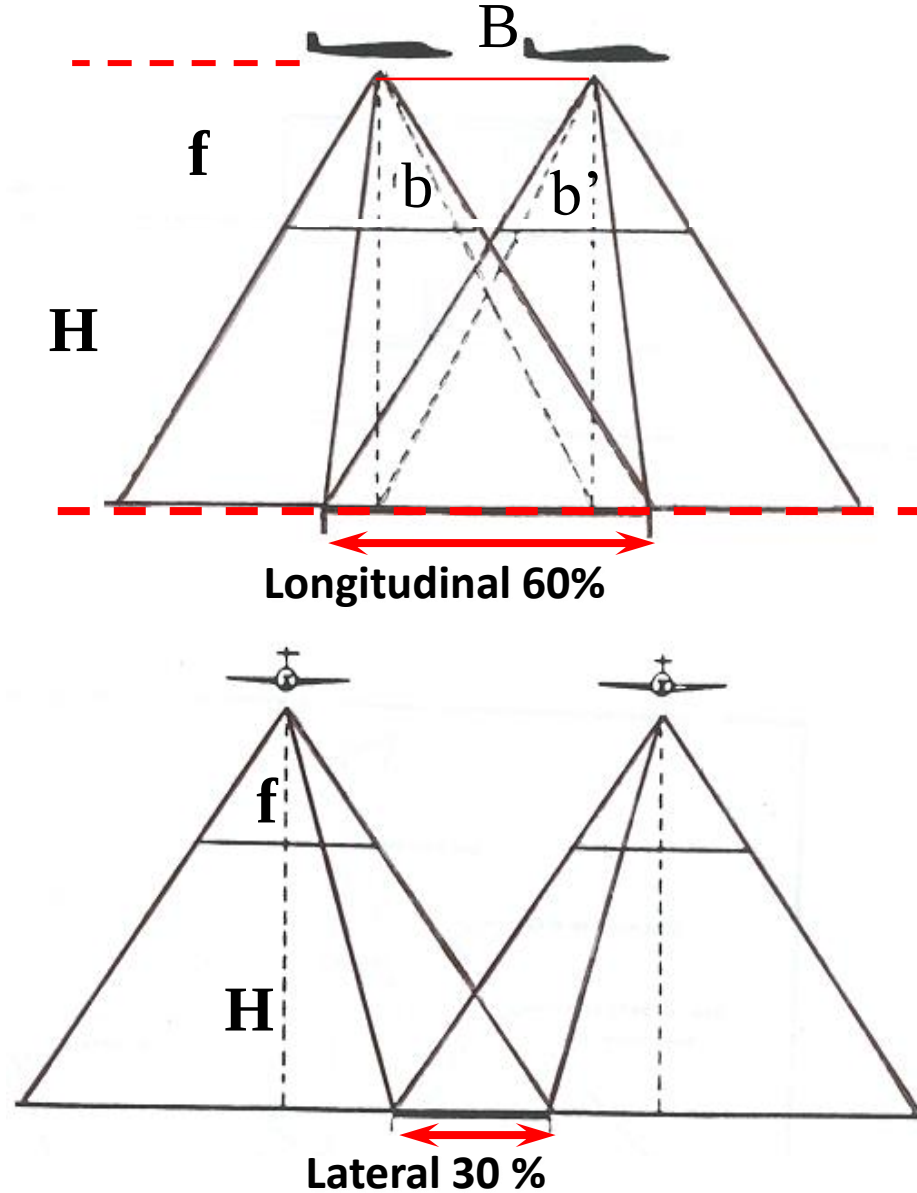
Altura de Voo



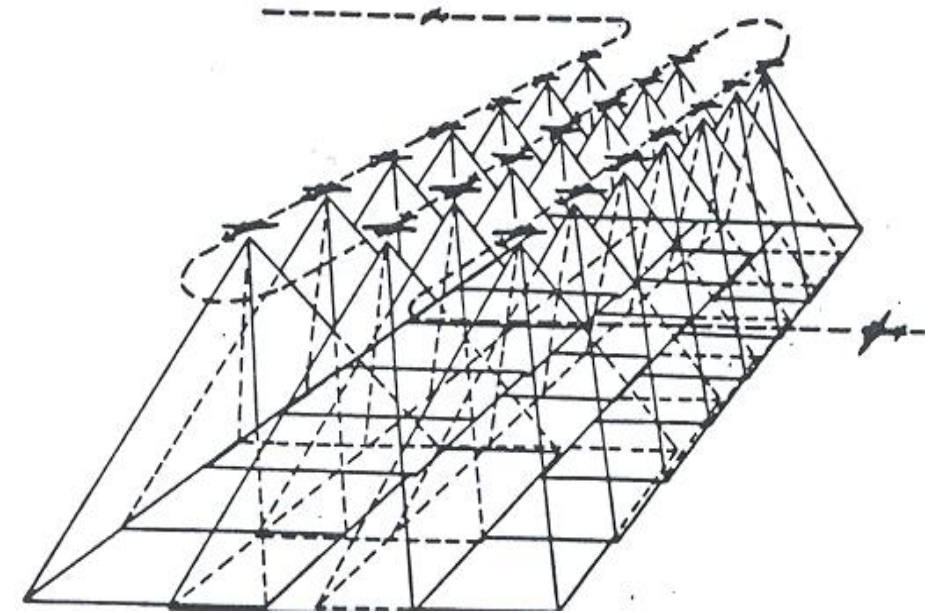
f :15,3cm – H: 3.825m – S 1:25.00

f :15,3cm – H: 4.590m – S 1:30.00

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - RECOBRIMENTO

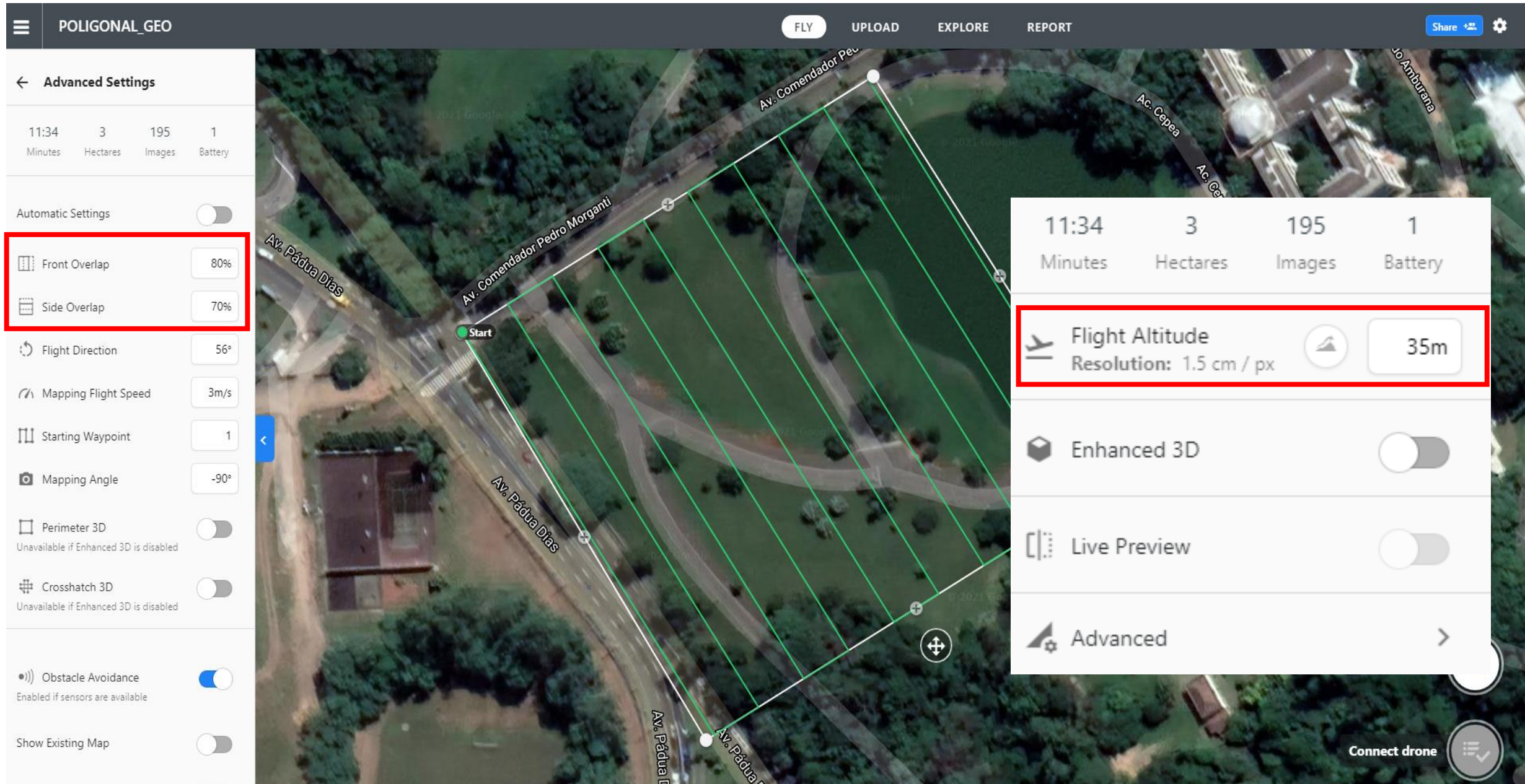


Plano de Vôo Aerofotogramétrico



B - Base aérea = percurso do avião

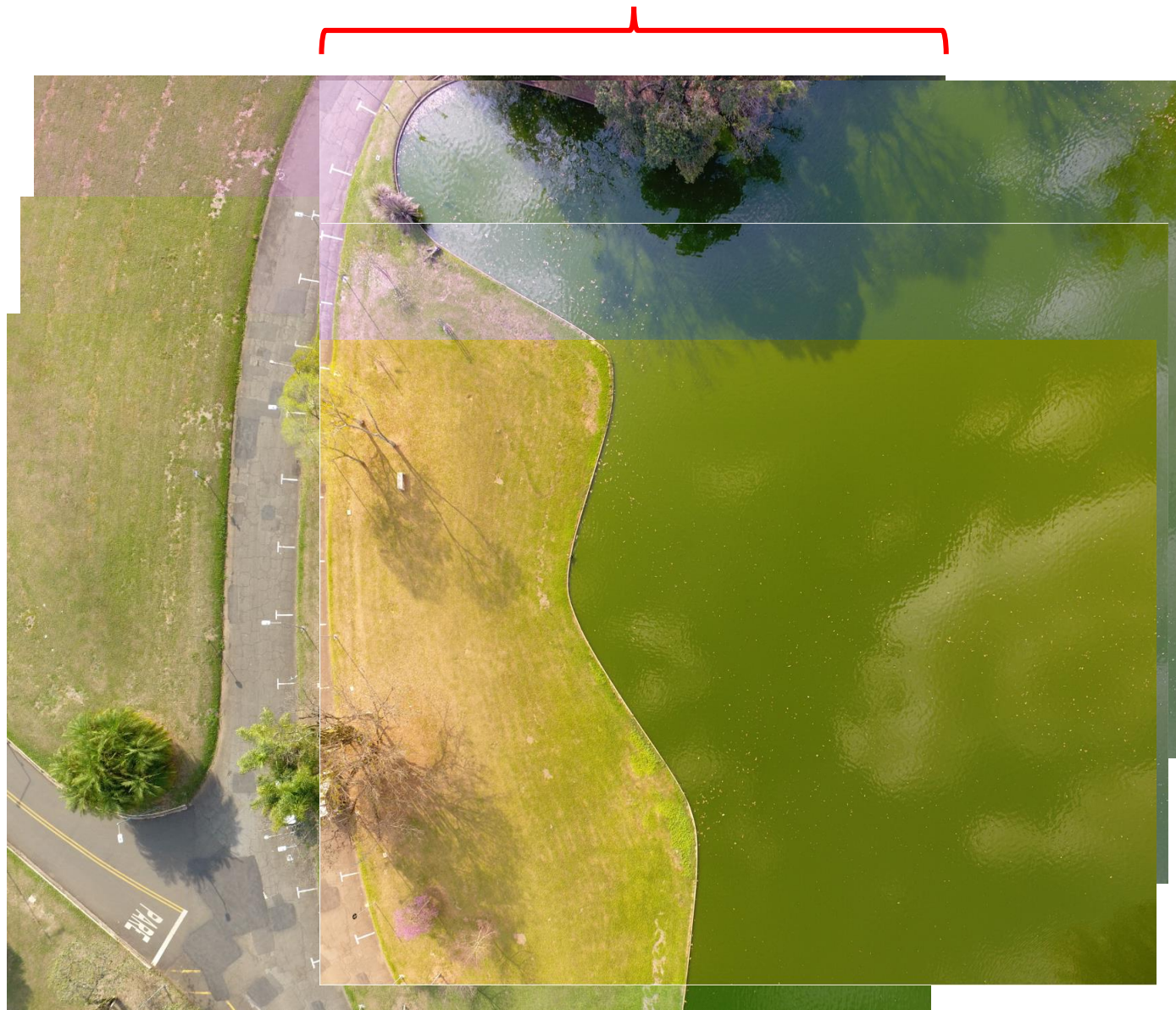
Plano de Voo



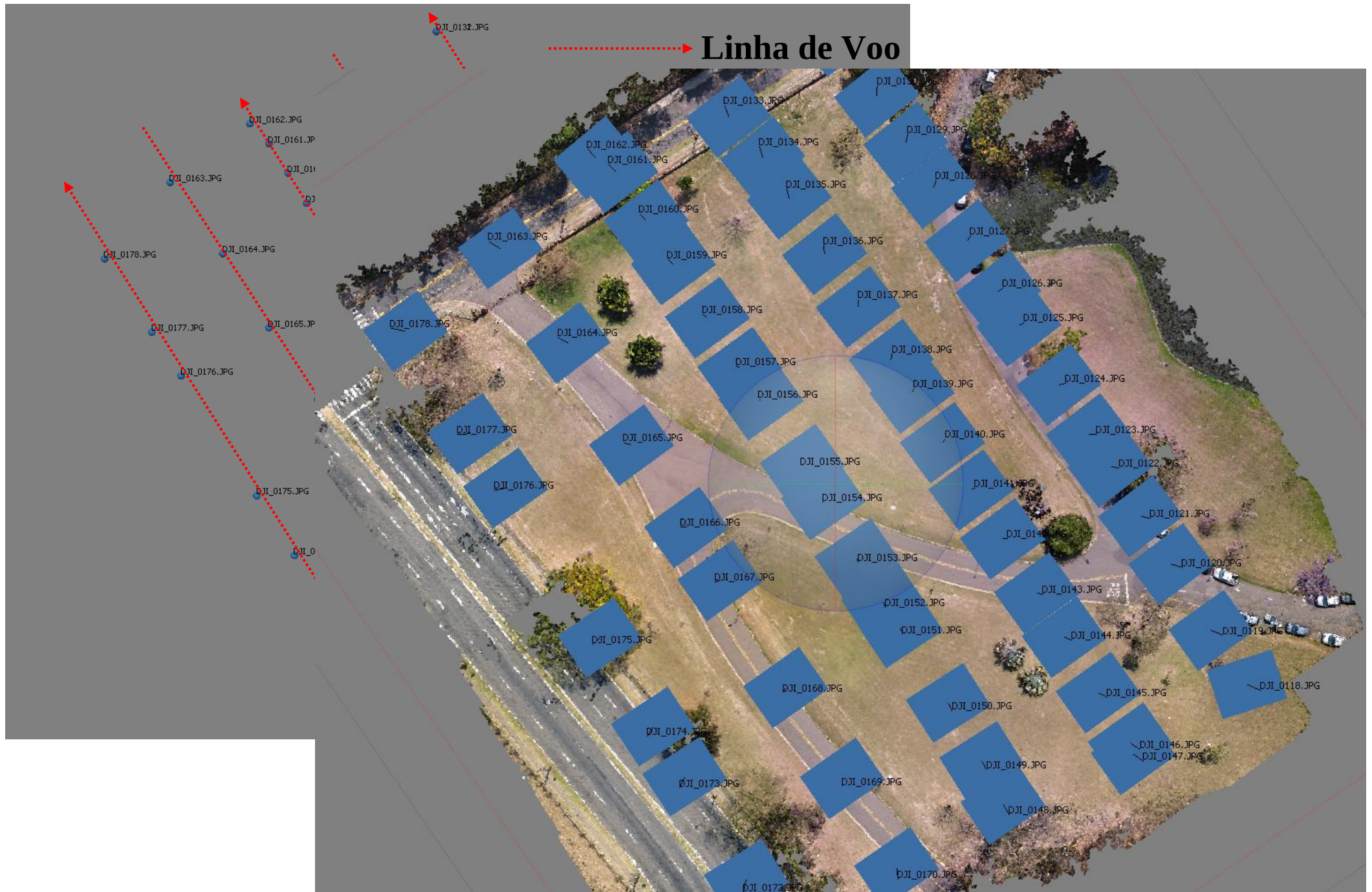


Sobreposição Longitudinal 80%

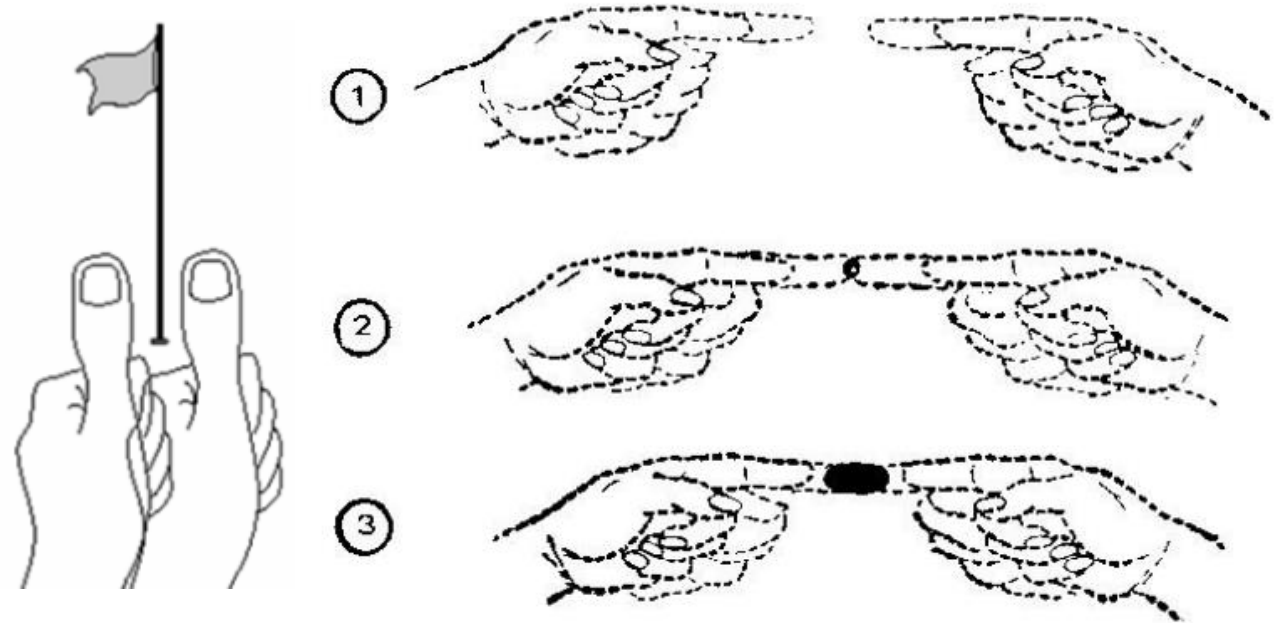
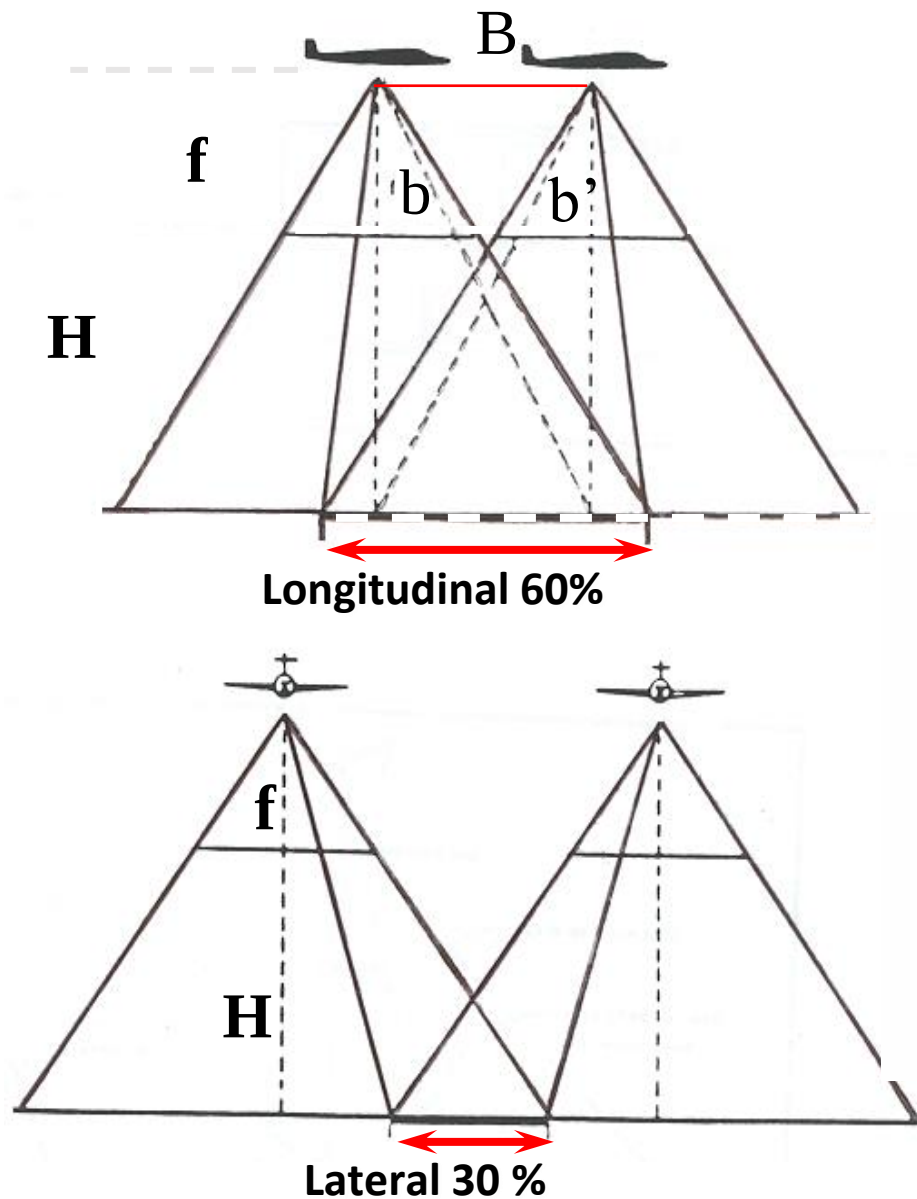
Sobreposição Lateral 70%



Linha de Voo



Qual a importância do
recobrimento longitudinal e
lateral em fotografias aéreas?



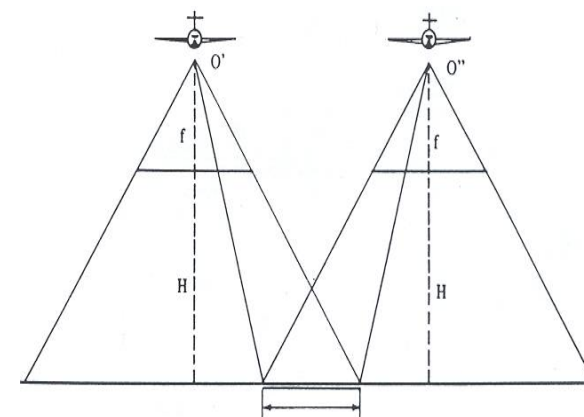
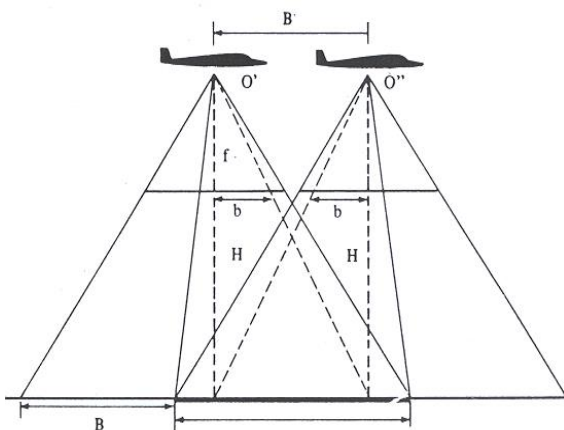
“ é a ciência e a arte que permite a visão estereoscópica (3 D)”

➡ **Visão monocular** - visão num único plano, fotografia simples;

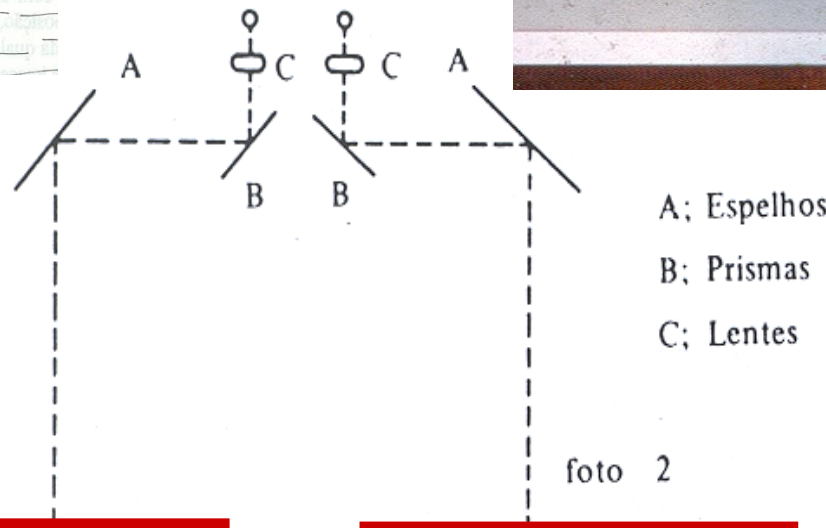
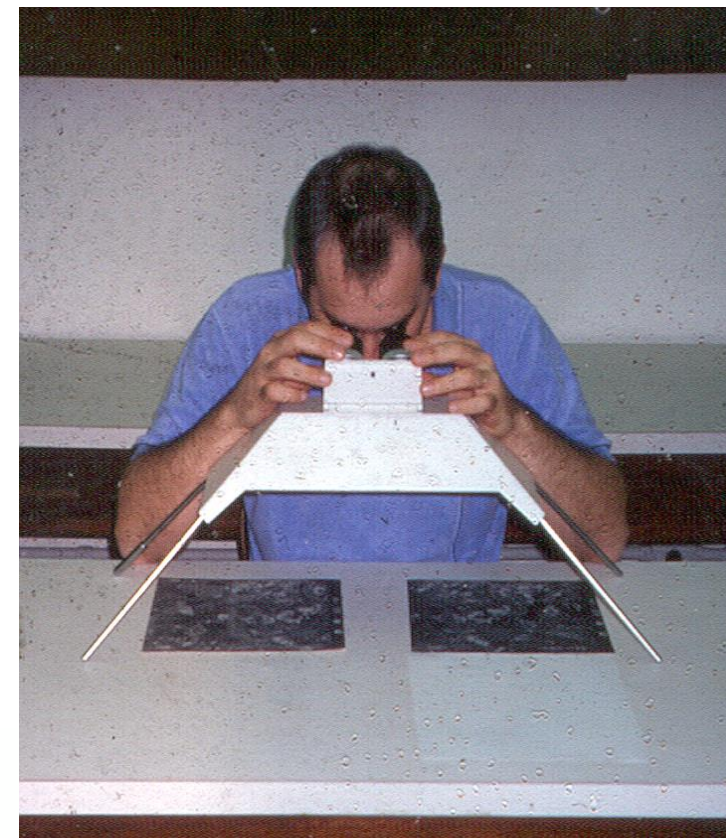
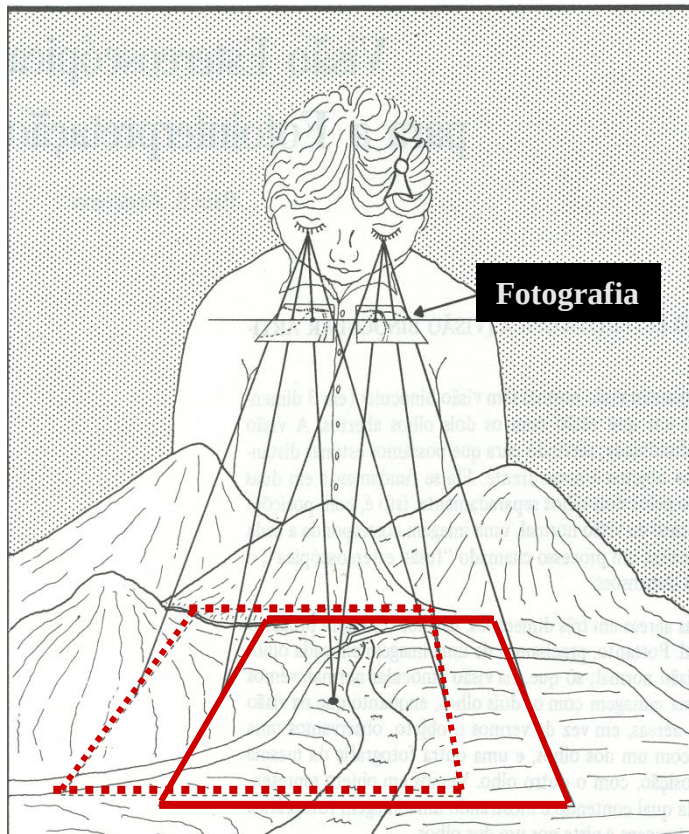
➡ **Visão binocular** - permite a noção de profundidade no intervalo correspondente a distância Inter pupilar do observador (+/- 7 cm). A profundidade é dada pela diferença de ângulos com que as imagens são recebidas.

FOTOGRAFIAS AÉREAS

“São obtidas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas em ângulos diferentes. Uma vez feita a fusão das duas imagens, obtém-se a percepção estereoscópica (3ª dimensão).”



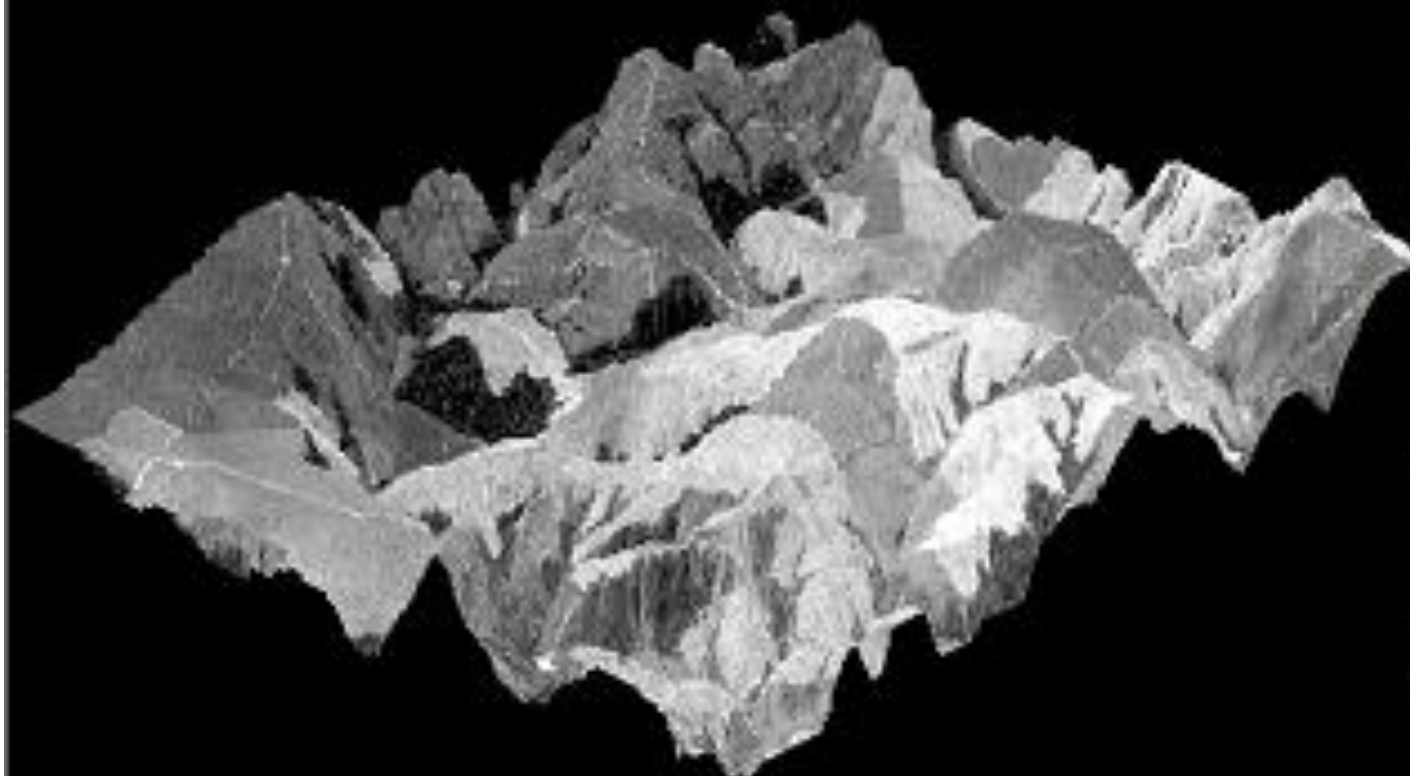
FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESTEREOSCOPIA



A; Espelhos
B; Prismas
C; Lentes

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESTEREOSCOPIA

Visão em terceira dimensão



Visualização 3D

Plano de Textura: fotoPcorde

Limites

Xmin:	226978	Xmax:	230566
Ymin:	7452975	Ymax:	7456117
Zmin:	475	Zmax:	967

Projeção

☒ Paralela ☐ Perspectiva ☐ Perspectiva

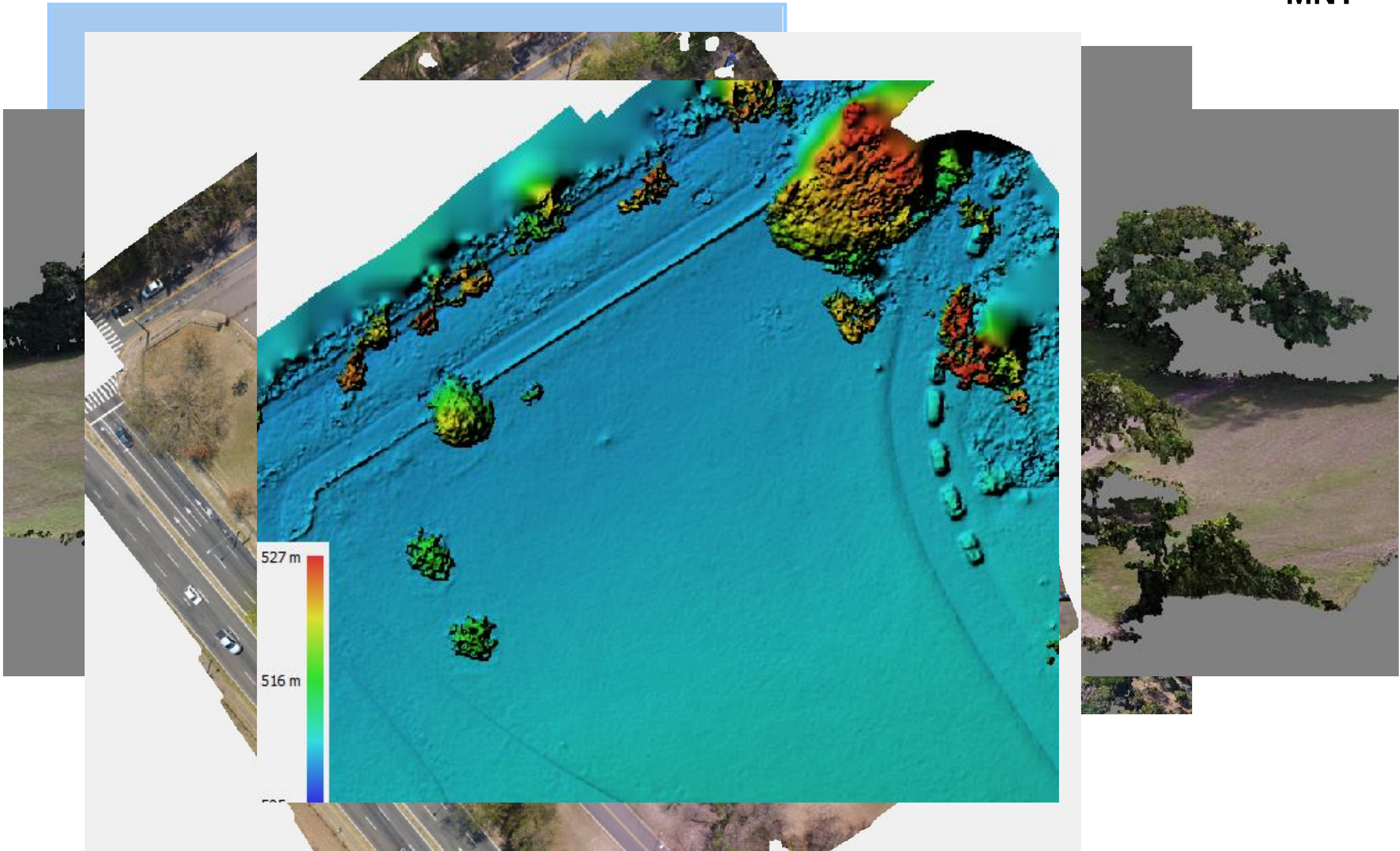
Observador

X:	228772.81	Azimuth:	45
Y:	7449833.00	Elevação:	30
Z:	513.00	Abertura:	90

Distância entre projeções: 5

Exagero Vertical: 0.5

Executar Fechar Ajuda



FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - MOSAICO

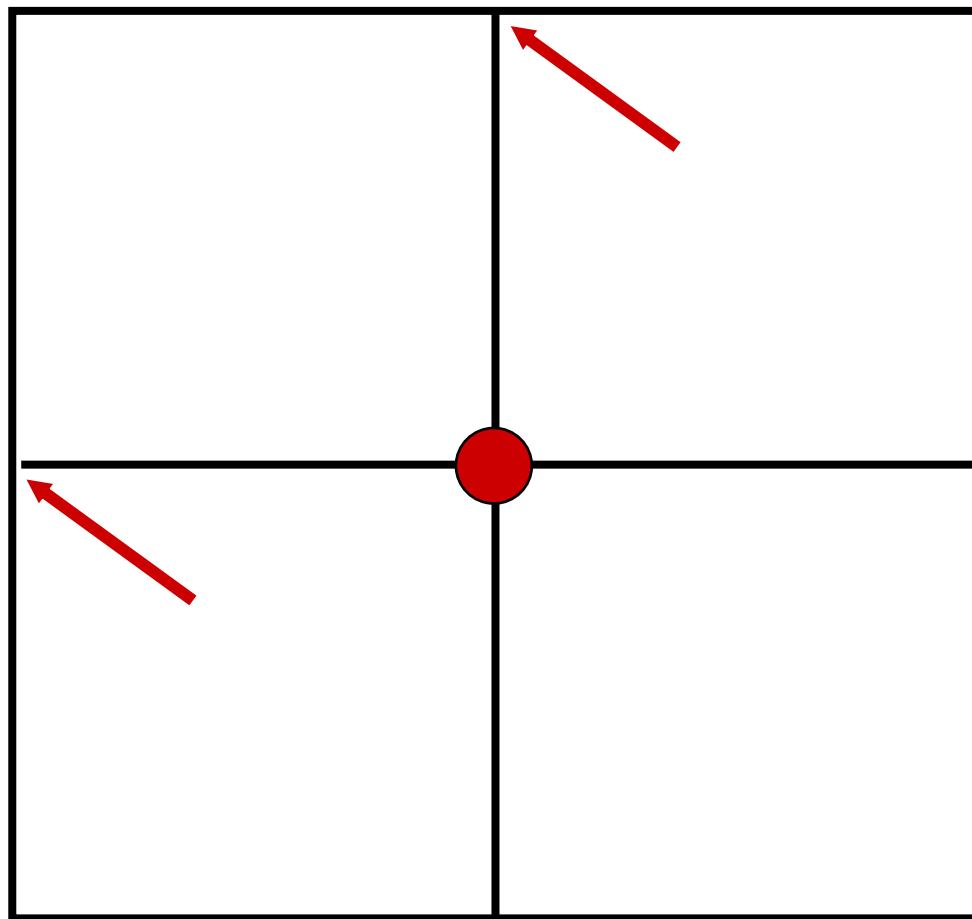


Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares (mosaico)

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

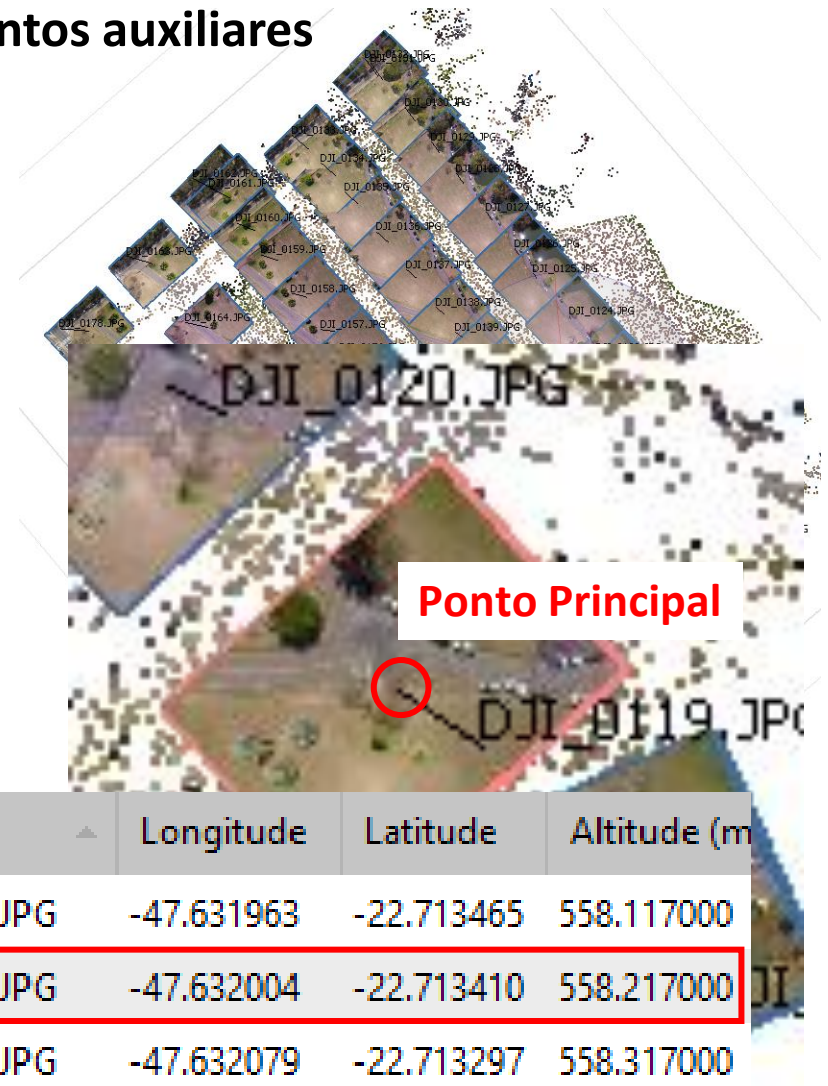
Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares

Fotografia aérea



→ Marcas Fiduciais

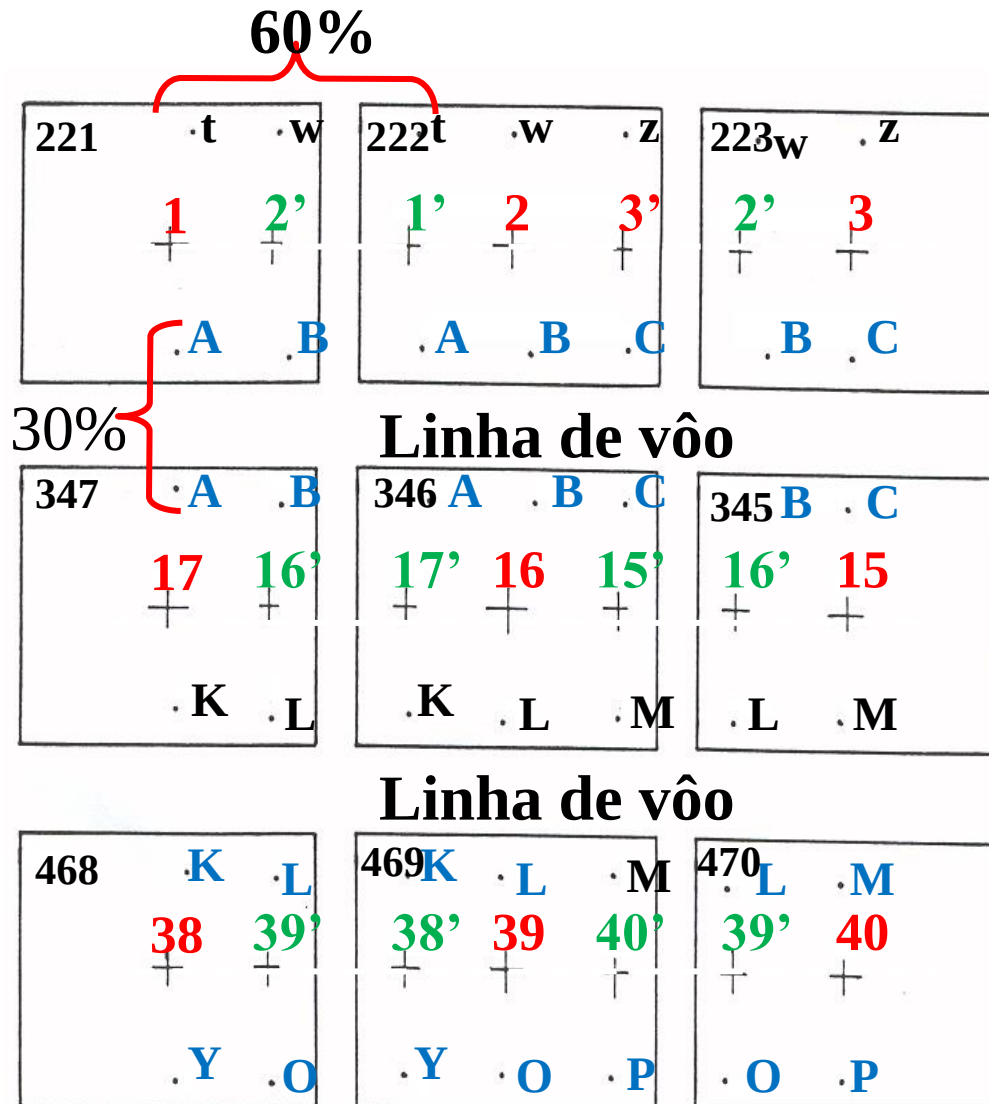
● Ponto Principal



Cameras	Longitude	Latitude	Altitude (m)
✓  DJI_0118.JPG	-47.631963	-22.713465	558.117000
✓  DJI_0119.JPG	-47.632004	-22.713410	558.217000
✓  DJI_0120.JPG	-47.632079	-22.713297	558.317000
✓  DJI_0121.JPG	-47.632118	-22.713242	558.317000
✓  DJI_0122.JPG	-47.632175	-22.713158	558.217000

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



⇒ 1, 2, 3...

Posição central da fotografia aérea

⇒ 1', 2', 3'...

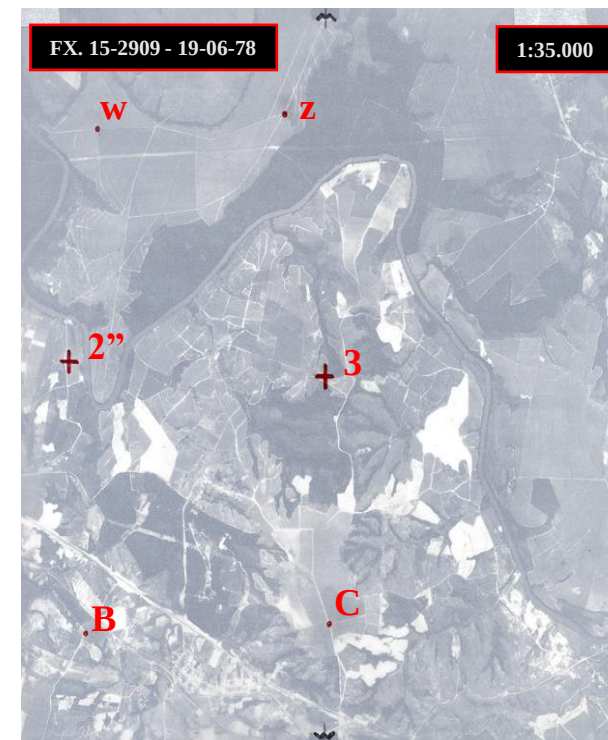
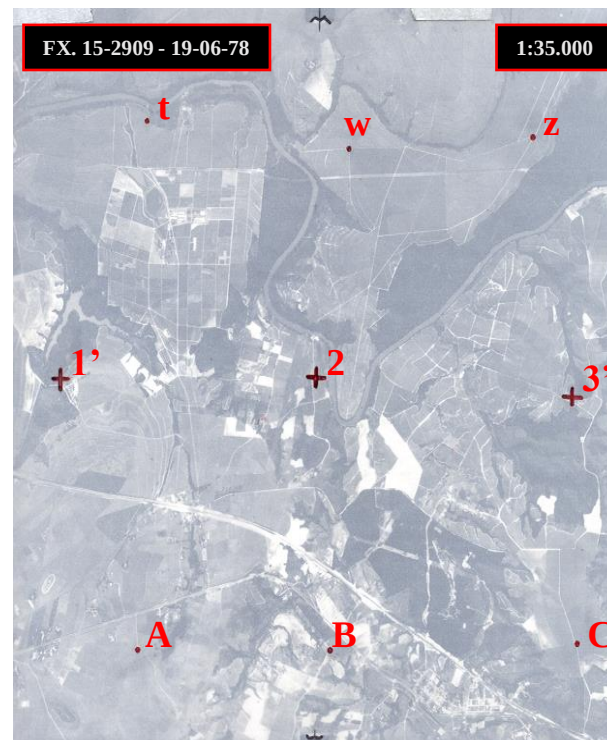
Posições em determinada cópia
fotográfica dos centros principais das
fotografias anteriores e posteriores

⇒ A, B, C K, L, M, ...

Pontos comuns entre fotografias,
permitem a junção entre fotografias de
faixas contíguas
(recobrimento lateral).

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



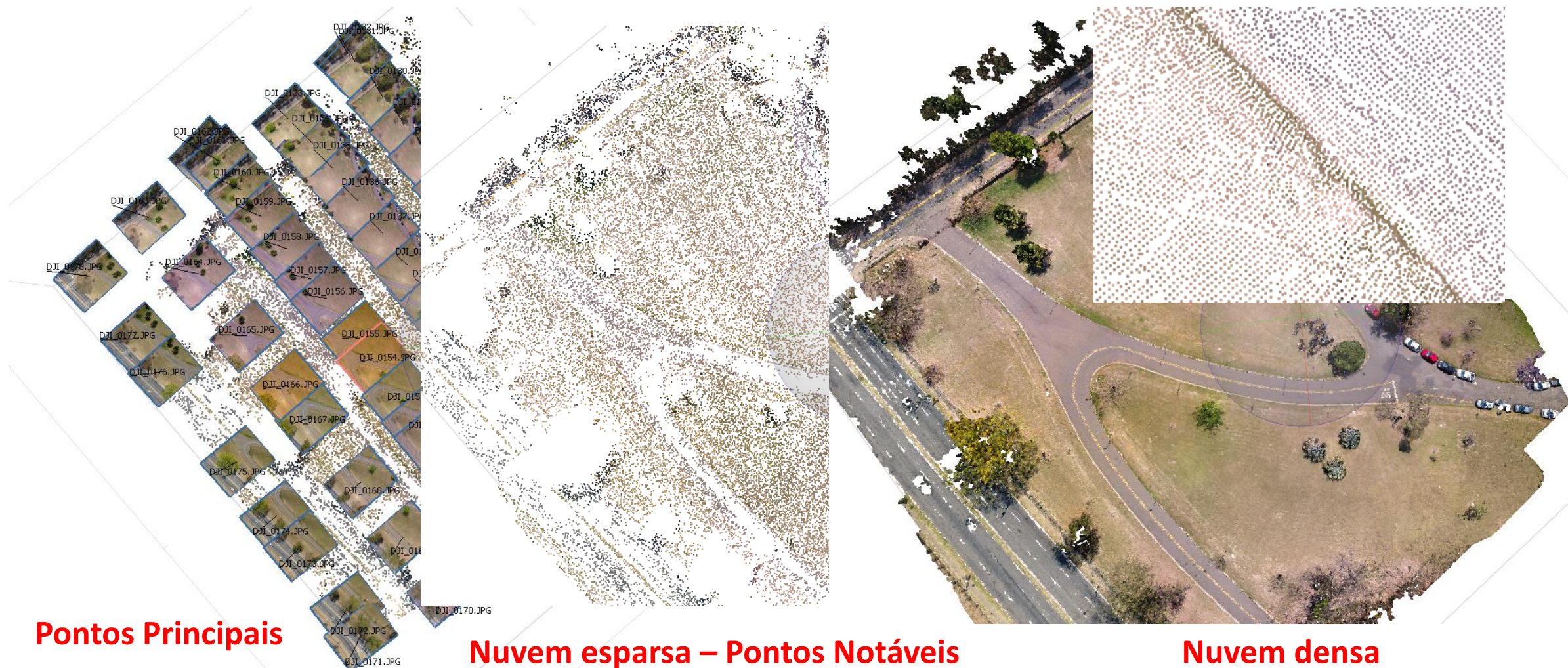
FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

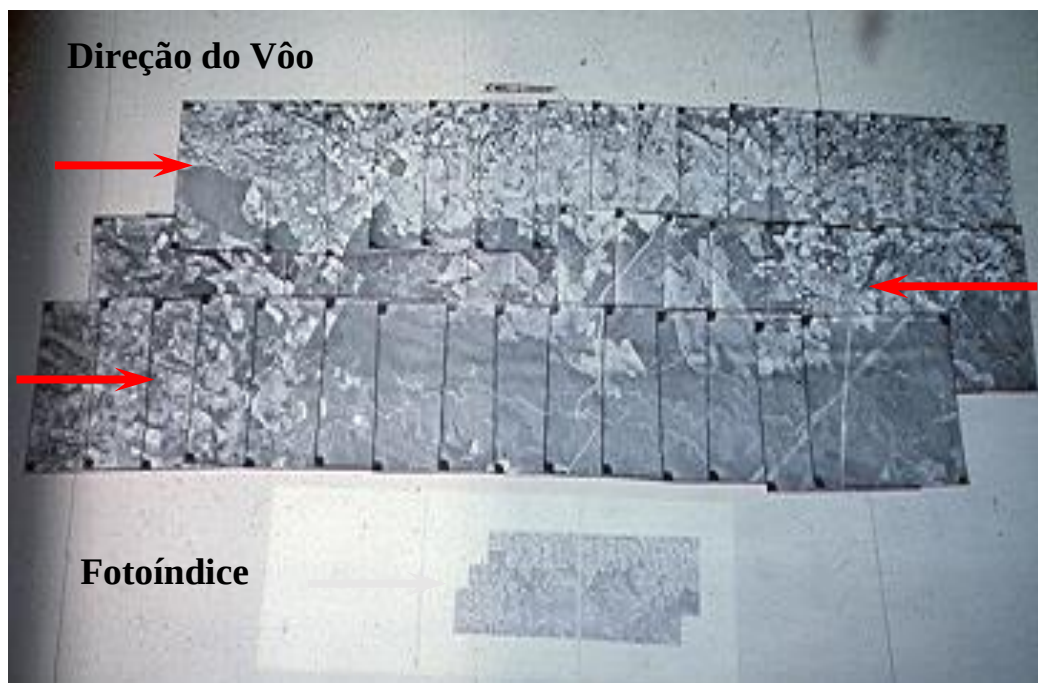
Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



RESTITUIÇÃO

1- determinar uma rede de pontos de controle suficientemente densa (pontos facilmente identificados nas fotos e com as posições conhecidas no terreno)

2- estabelecidos os pontos de controle e representados na Folha Base na escala requerida, por meio das coordenadas, transfere-se para a folha base os pormenores fotográficos de importância cartográfica (rios, estradas, pontes...).



Dificuldade

⬆ número de pontos de controle

Métodos topográficos

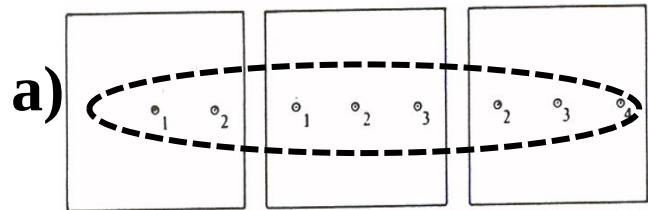
⬆ custo

⬆ tempo

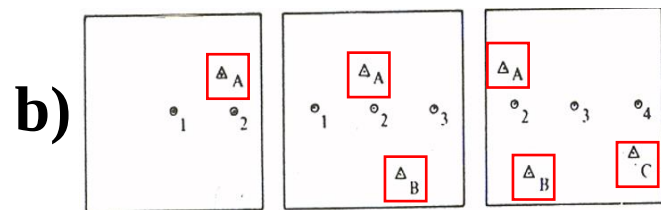
Método de laboratório (Triangulação Radial)

⬇ número de pontos de controle (terreno)
estabelece-se pontos suplementares de controle

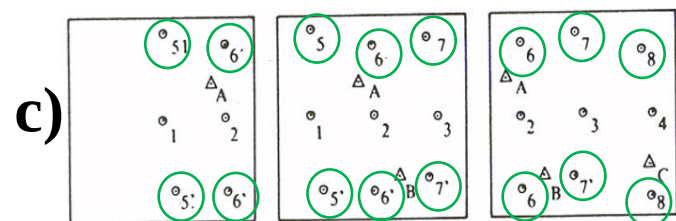
RESTITUIÇÃO



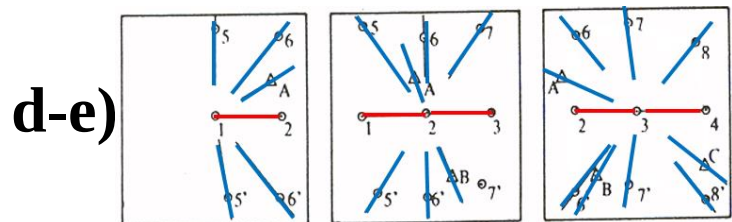
a) pontos principais e transferidos (Pontos Rádias) (O + número)



b) pontos de controle do terreno (Δ + Letra)

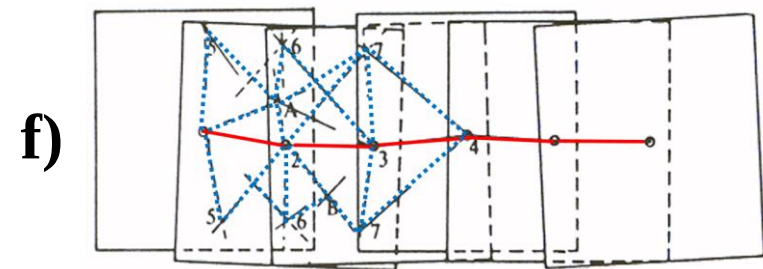


c) Pontos Auxiliares (O + número), ser comum no mínimo 3, na área mediana do recobrimento lateral fácil identificação (cruzamentos de estradas, etc...)



d) relevo acidentado + pontos (picos e fundos de vales), transferir esses pontos para todas as fotografias na qual aparecem.

e) Corta-se papel vegetal, transfere-se todos os pontos, liga-se os pontos - Linhas radiais e Linha axial (molde ou “templet”)



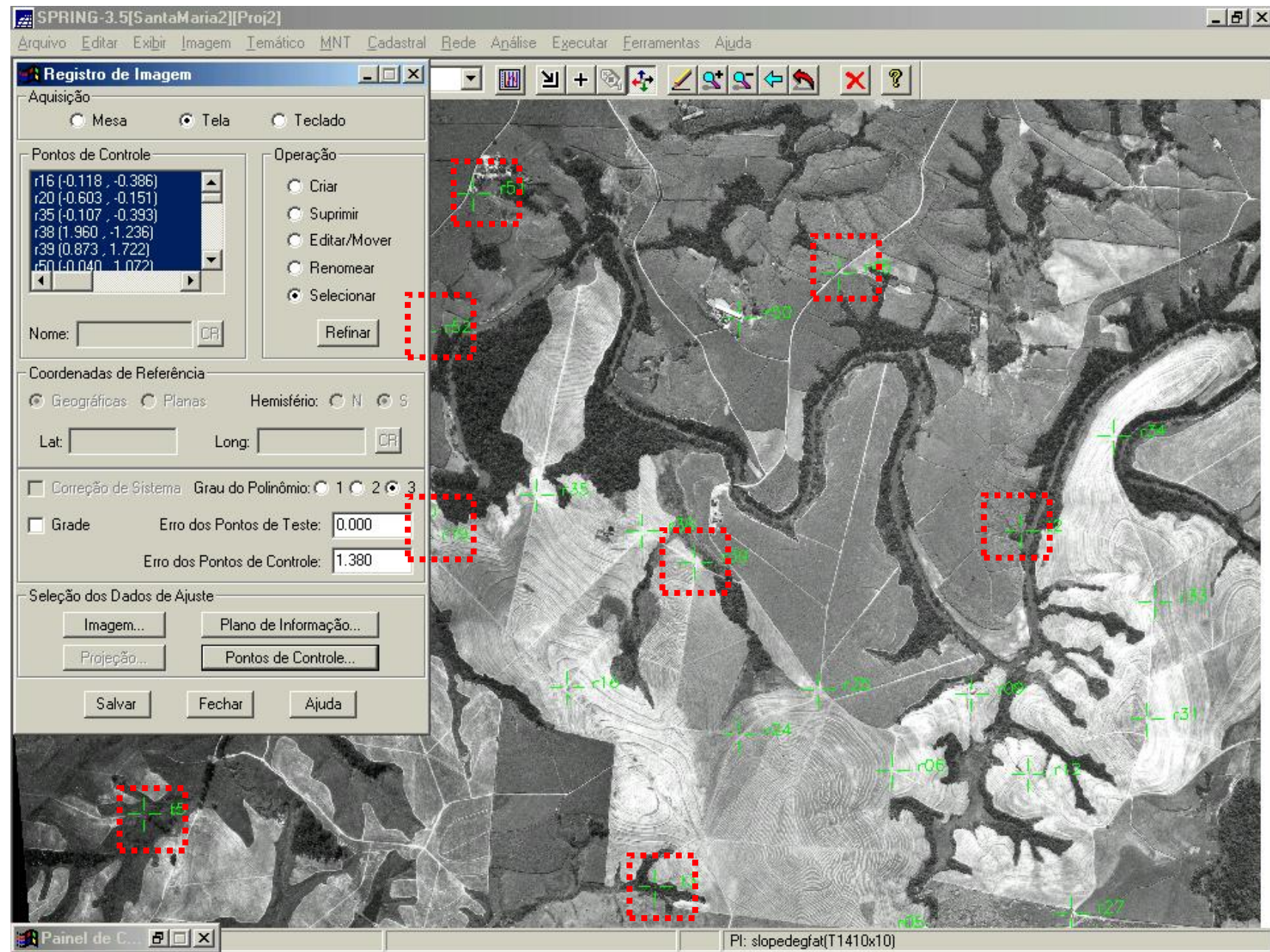
f) Faz-se a montagem desses moldes sobre a folha base previamente preparada e que conterá os pontos de controle do terreno. Folha base representa área a ser restituída.

FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

RETIFICAÇÃO - GNSS

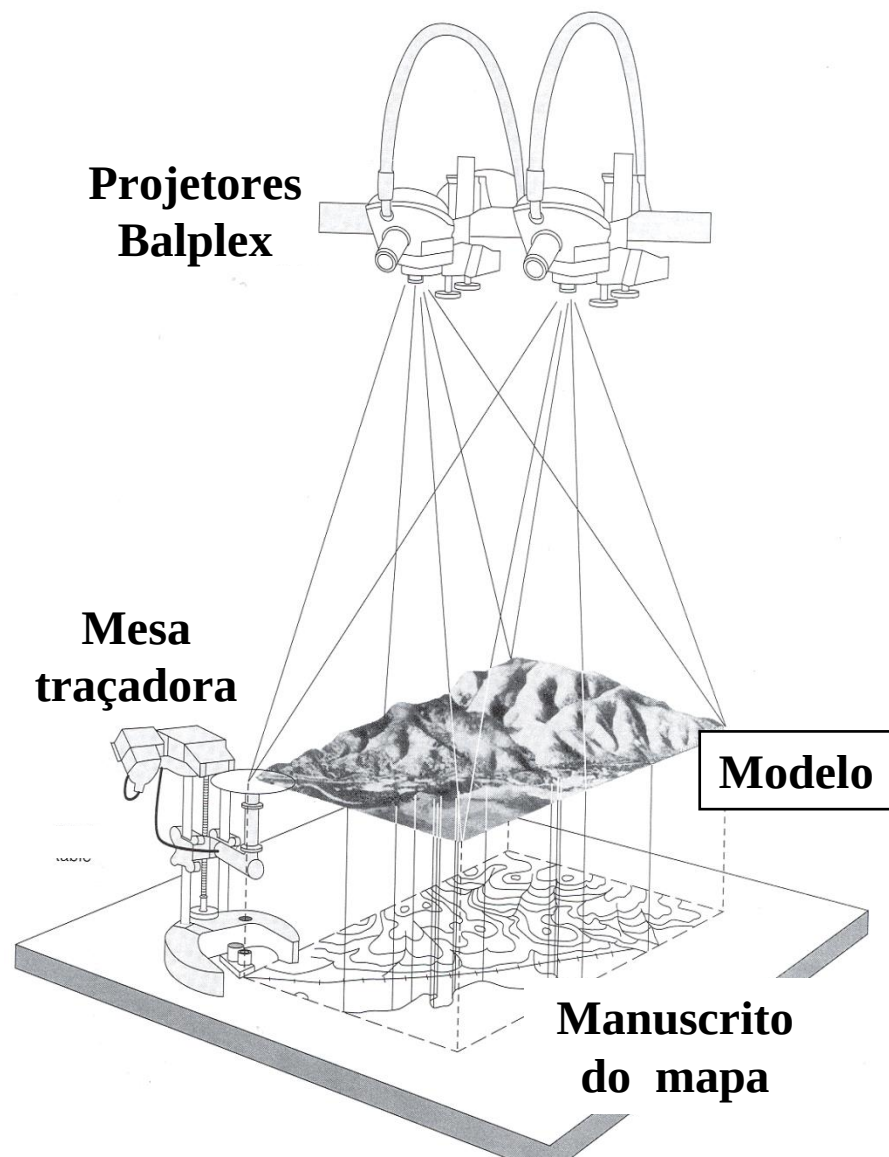


RETIFICAÇÃO - GNSS

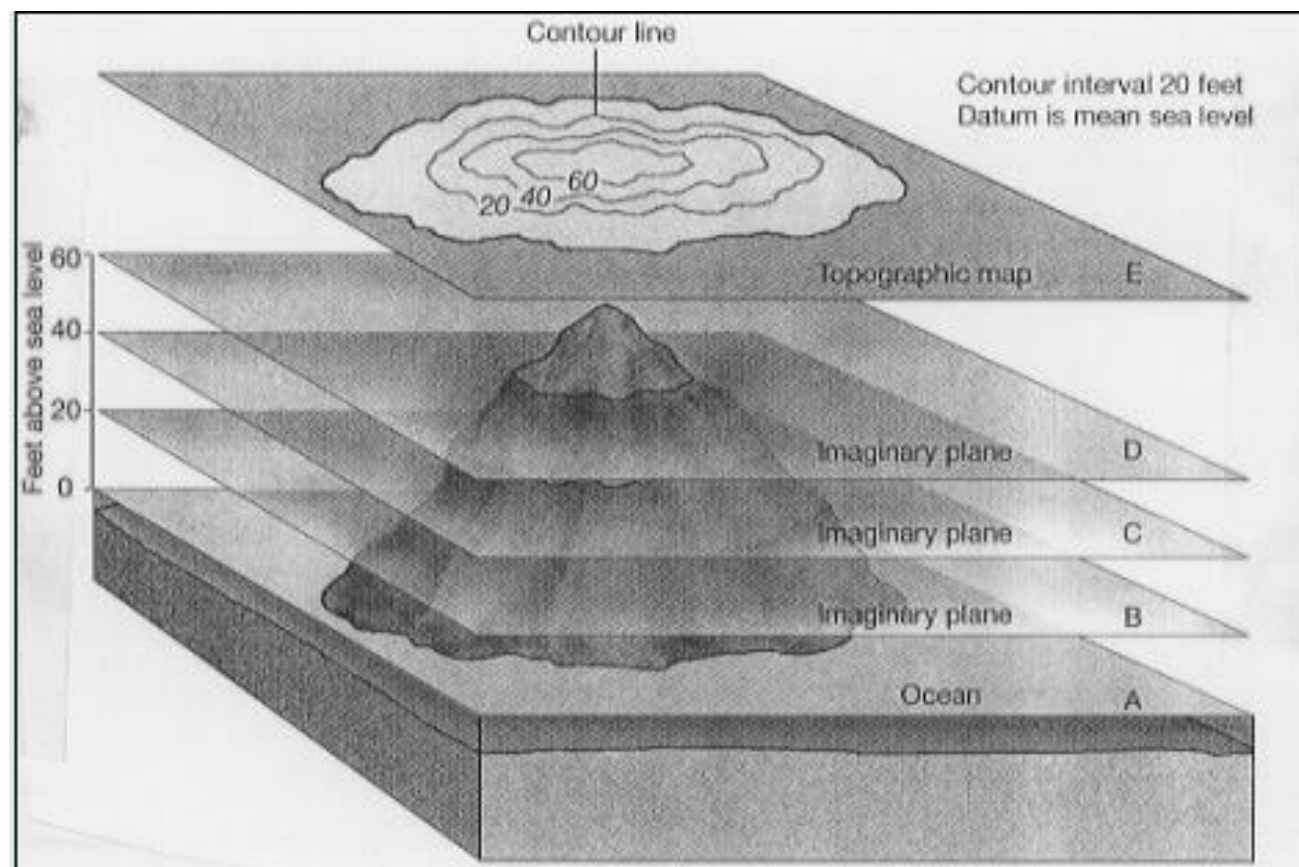


FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

➡ ELABORAÇÃO DE CARTAS



Obtendo de cartas planialtimétricas



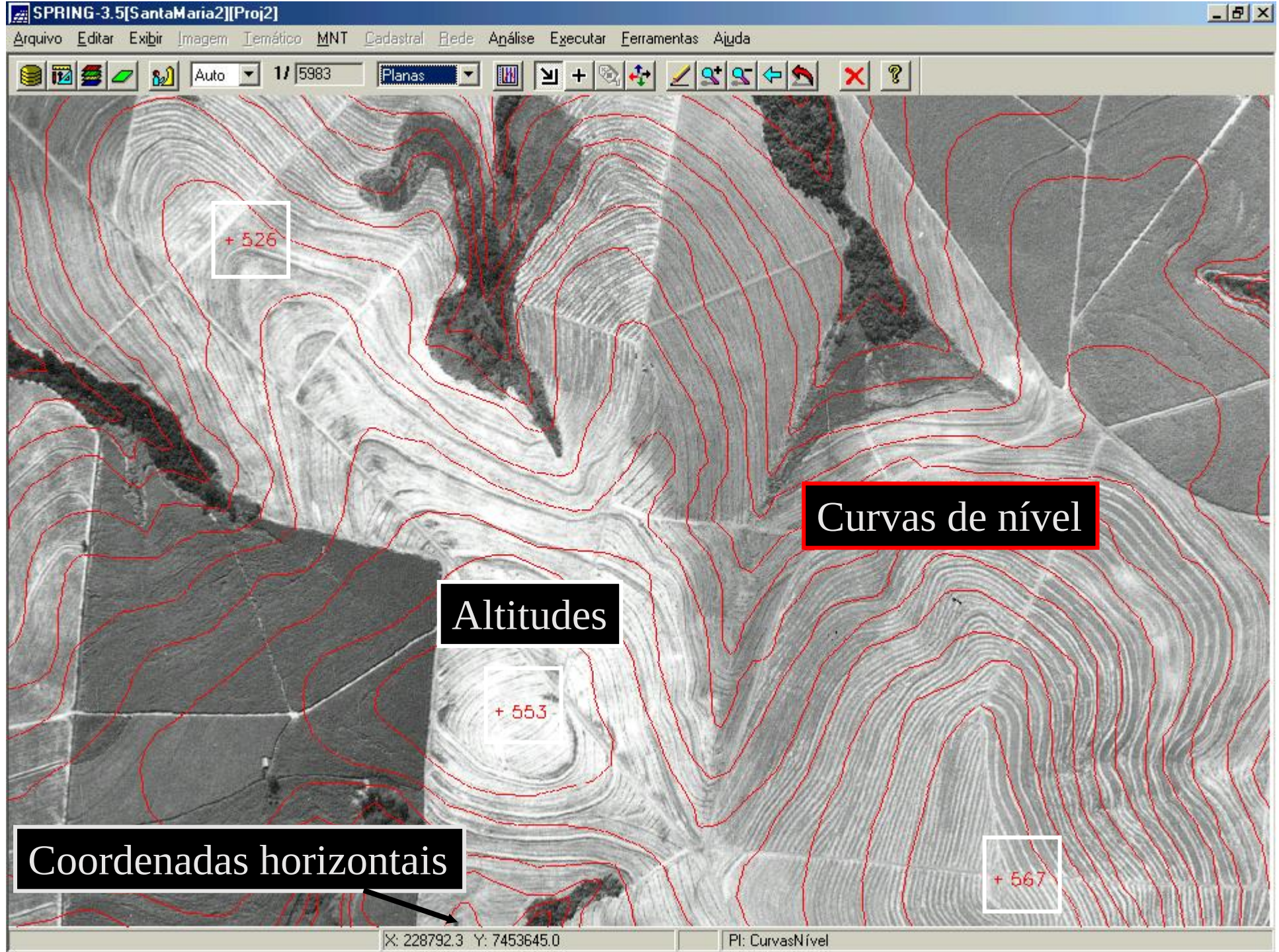
dn

Measure Shape

Unnamed (polyline, 2 vertices)

Point	Longitude	Latitude	Altitude (m)
1	47°37'53.53" W	22°42'36.26" S	553.683
2	47°37'53.64" W	22°42'36.46" S	526.977

dn $\approx$ 27m



FOTOGRÁFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

➔ TOPOGRAFIA DO TERRENO

EQÜIDISTÂNCIAS DAS CURVAS DE NÍVEL

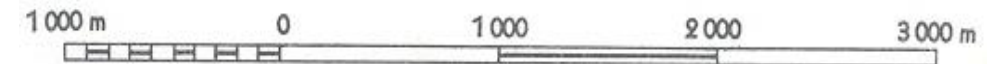
5 m

10 m

20 m

ESCALAS

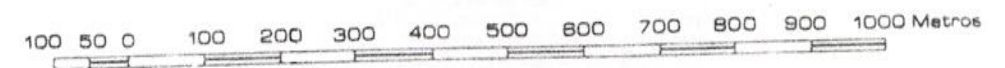
ESCALA 1:50 000



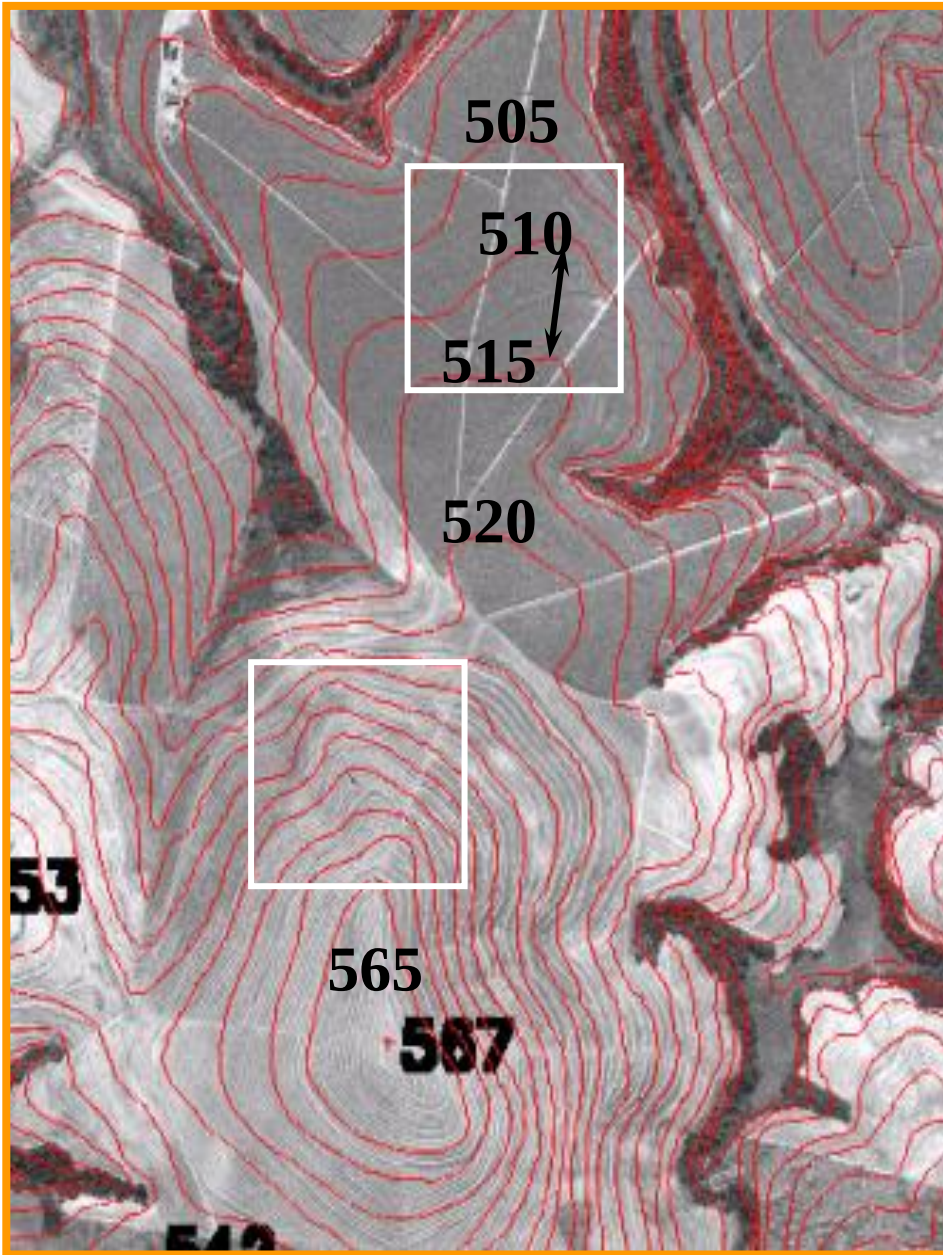
Eqüidistância das curvas de nível 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente.

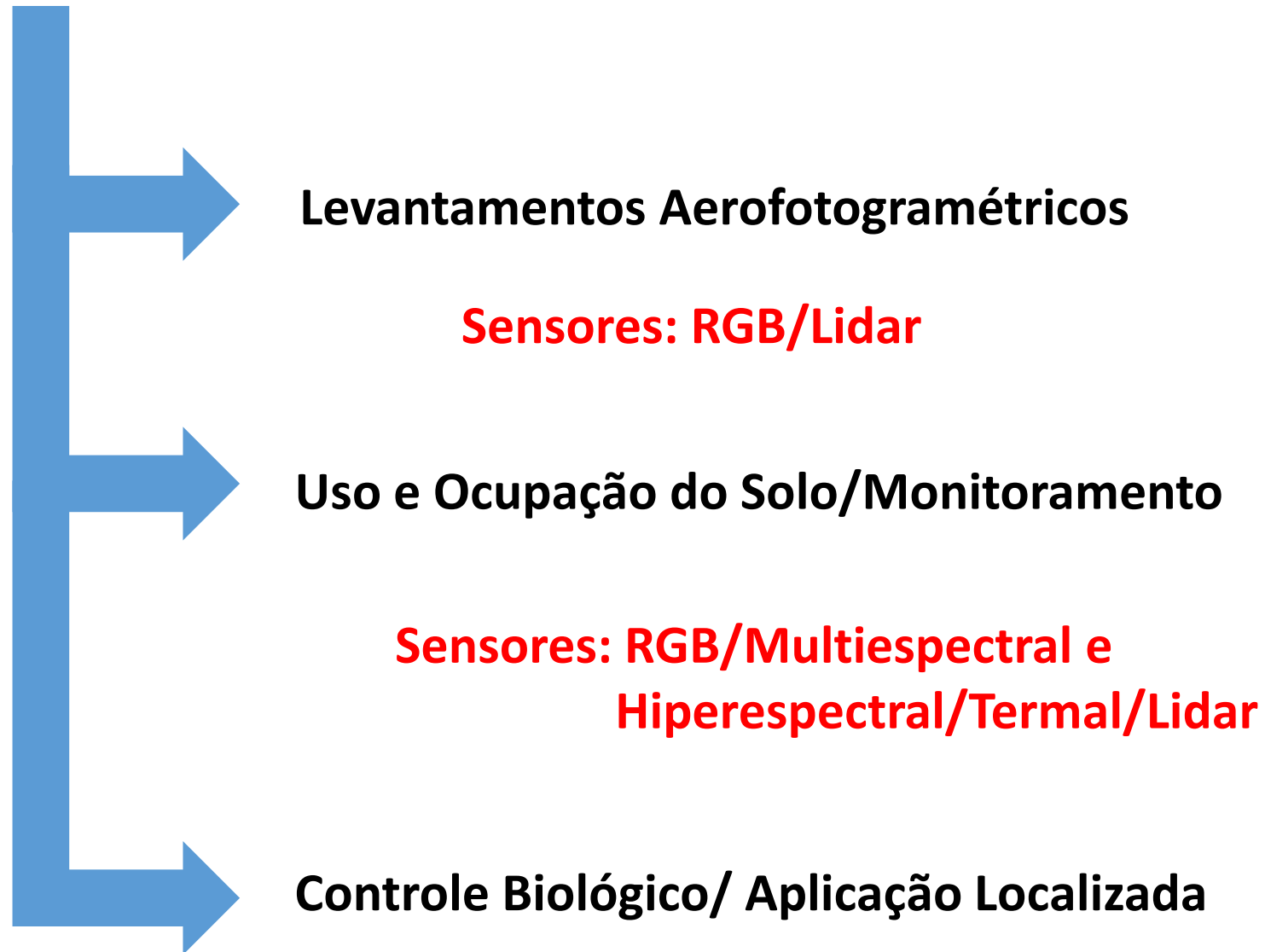
ESCALA 1:10.000



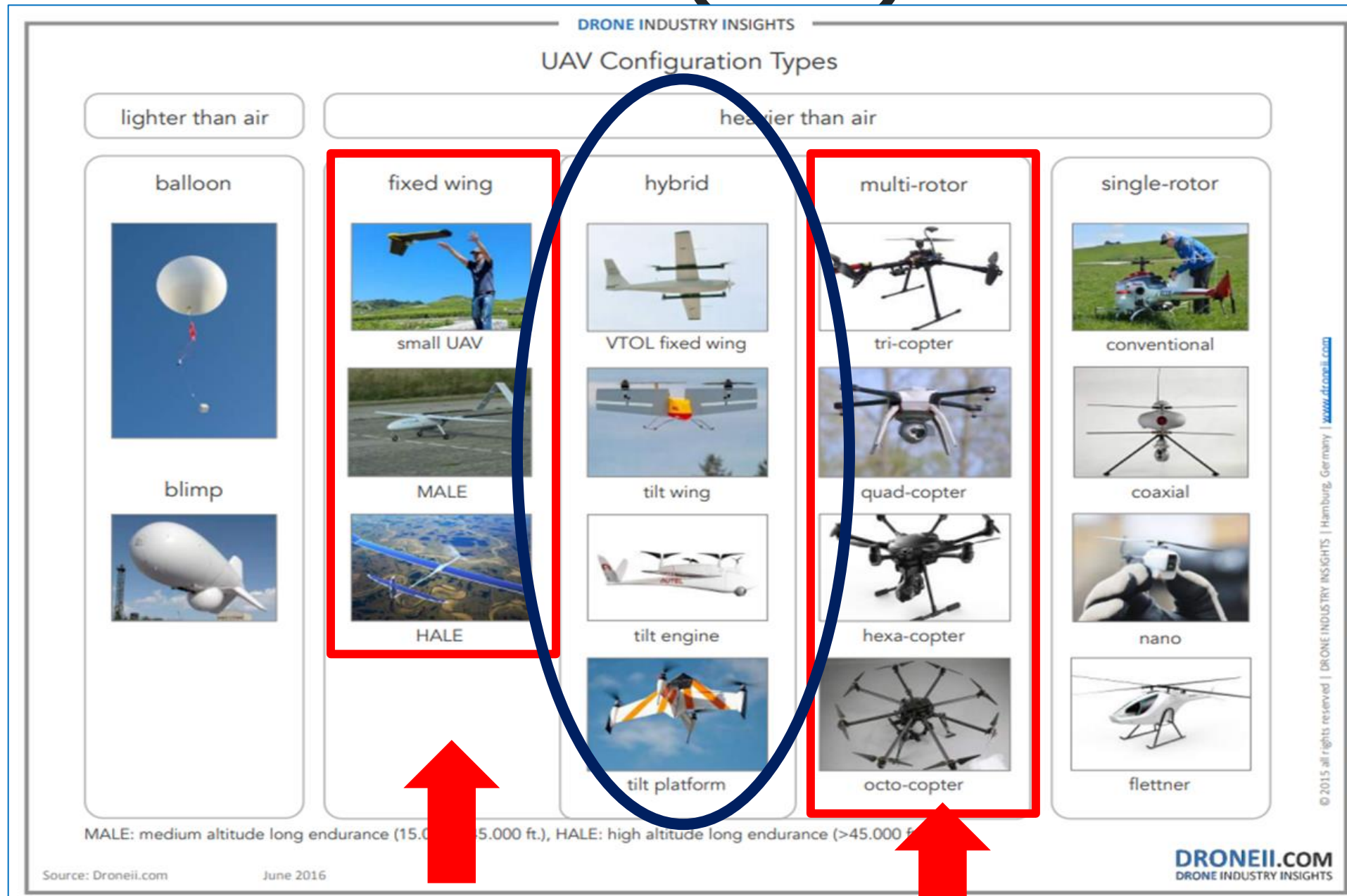
EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 5 METROS



Aeronave Remotamente Pilotada (RPA)



TIPOS DE AERONAVES (RPA)



MAIS UTILIZADOS NO BRASIL

MERCADO E EQUIPAMENTOS



Pulverização e Controle Biológico

Monitoramento / Imagens



SENSORES



Monitoramento / Imagens

The Drone Market Environment 2018

[illegible]

Tipos de aeronaves e tecnologias

Asa fixa - Multirotor

Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Tipos de equipamentos utilizados no Brasil

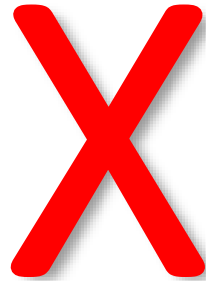
ASA FIXA

Vantagens

- Botão de emergência no controle;
- Antena de telemetria mais potente 10km;
- Software com parâmetros em tempo real;
- Cobertura de grandes áreas;

Desvantagens

- Preço;
- RTK/PPK;
- Pouso e decolagem (rampa);



MULTIROTOR

Vantagens

- Preço;
- Pouso e decolagem (vertical);
- Segurança de operação;
- Manutenção;
- Operação;

Desvantagens

- Área de cobertura menor;
- Antena de telemetria de 1 km;
- Menor estabilidade frente ao vento;

Tipos de aeronaves e tecnologias

Asa fixa

Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Tipos de equipamentos utilizados no Brasil

Vôo Ebee

ETAPA 1 - Setup do equipamento



0:07 / 2:16

Captured by Ripcorder



Tipos de aeronaves e tecnologias

- Multirotor

Tipos de equipamentos utilizados no Brasil



Boas práticas de voo

Boas práticas de voo

- Programação da operação com antecedência;
- Caminhar pelo local de pouso e decolagem;
- Previsão climática atualizada;
- Uso de checklist;
- Uso de diário de voo;
- Manutenção periódica da aeronave;
- Nunca voar com a chance de outra aeronave estar em operação;
- Não voar com insegurança jamais!

Vento – Escala de Beaufort

- 0 – Menos de 1km/h – Calmo
- 1 – Entre 1 e 5 km/h – Leve
- 2 – Entre 6 e 11 km/h – Brisa Leve
- 3 – Entre 12 e 19 km/h – Brisa Suave
- 4 – Entre 20 e 28 km/h – Brisa Moderada
- 5 – Entre 29 e 38 km/h – Brisa Corrente
- 6 – Entre 39 e 49 km/h – Brisa Forte
- 7 – Entre 50 e 61 km/h – Ventania
- 8 – Entre 62 e 74 km/h – Ventania Forte
- 9 – Entre 75 e 88 km/h – Ventania Muito Forte
- 10 – Entre 89 e 102 km/h – Tempestade
- 11 – Entre 103 e 117 km/h – Tempestade Violenta
- 12 à 17 – maior que 117 km/h – Furacão

Mavic mini – 28 km/h

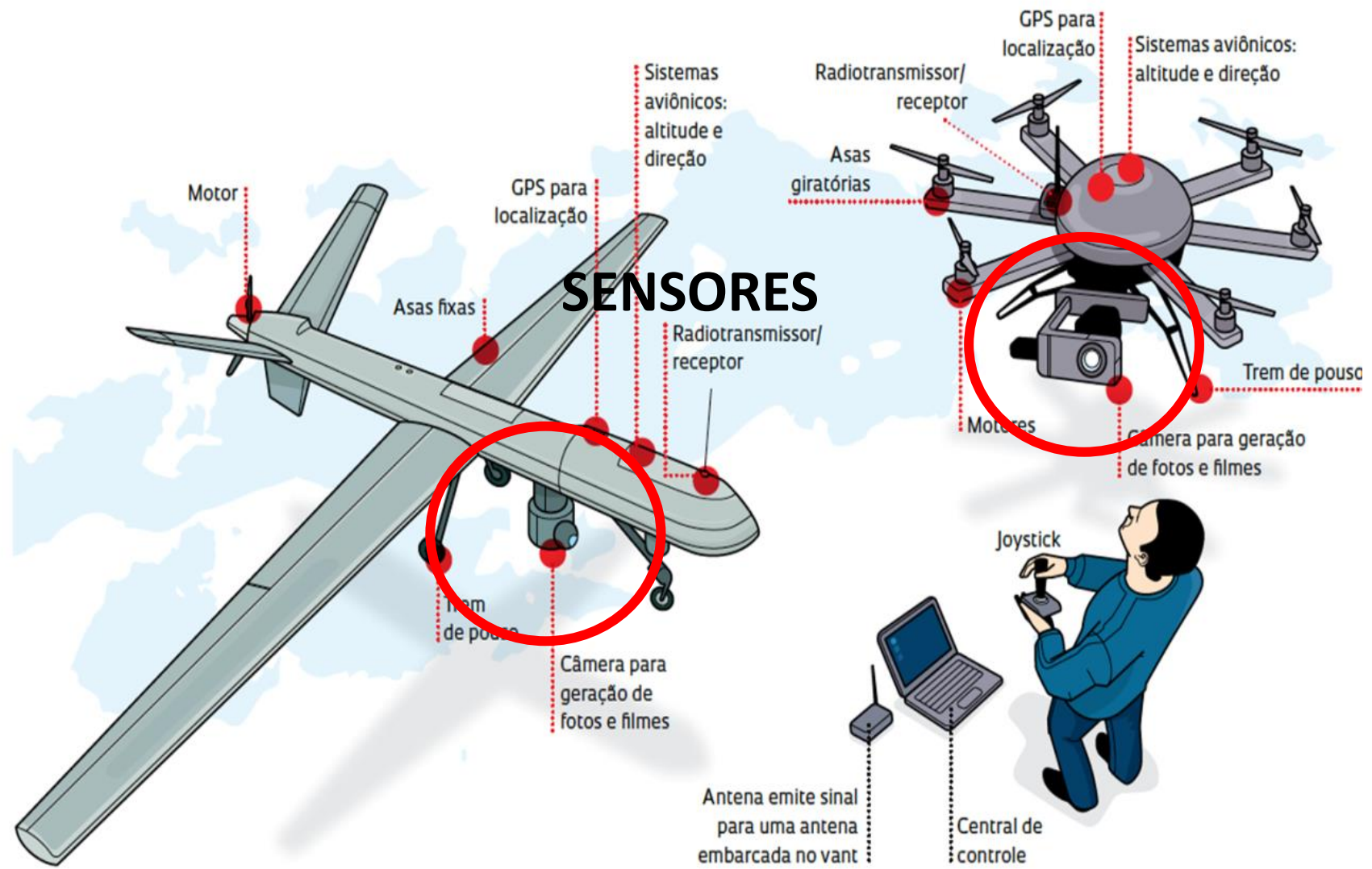
Phantom – 36 km/h

Mavic pro – 38 km/h

Matrice – 43 km/h

Ebee – 45 km/h



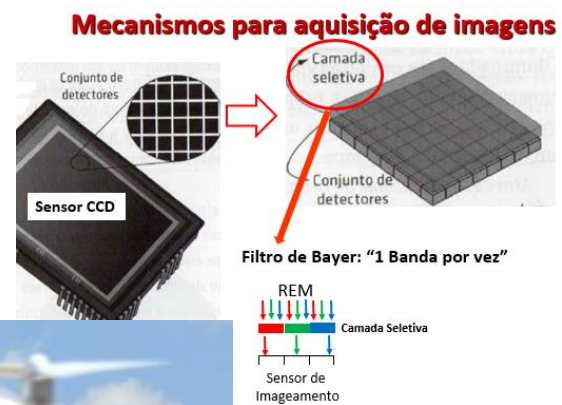


(Embrapa 2015)

SENSORES

Arquitetura de Transporte

Sensores RGB



Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras RGB



Foxtech Map-01 Mapping Camera



- Reflectância Espectral das Folhas - Visível





Workspace

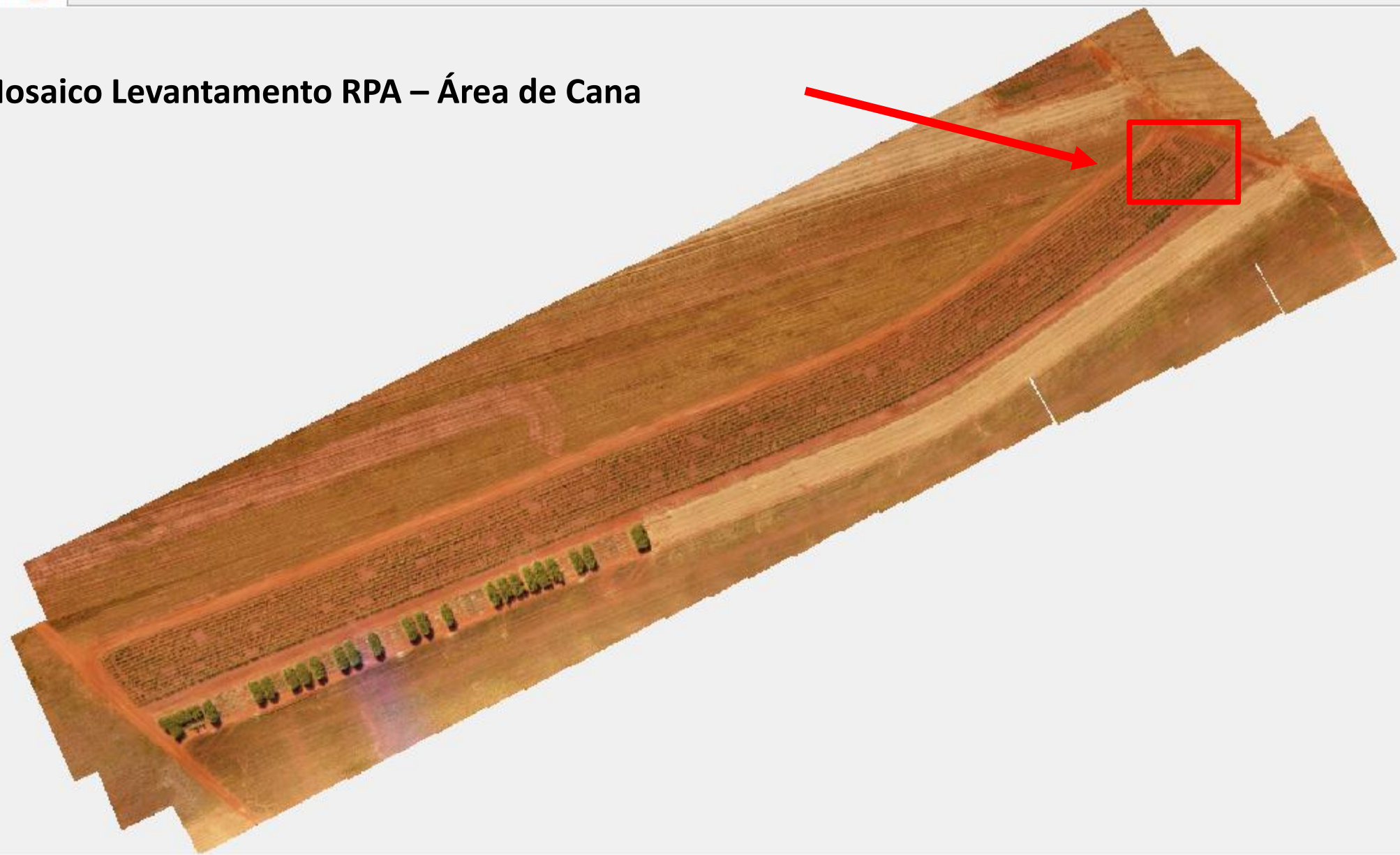
Model

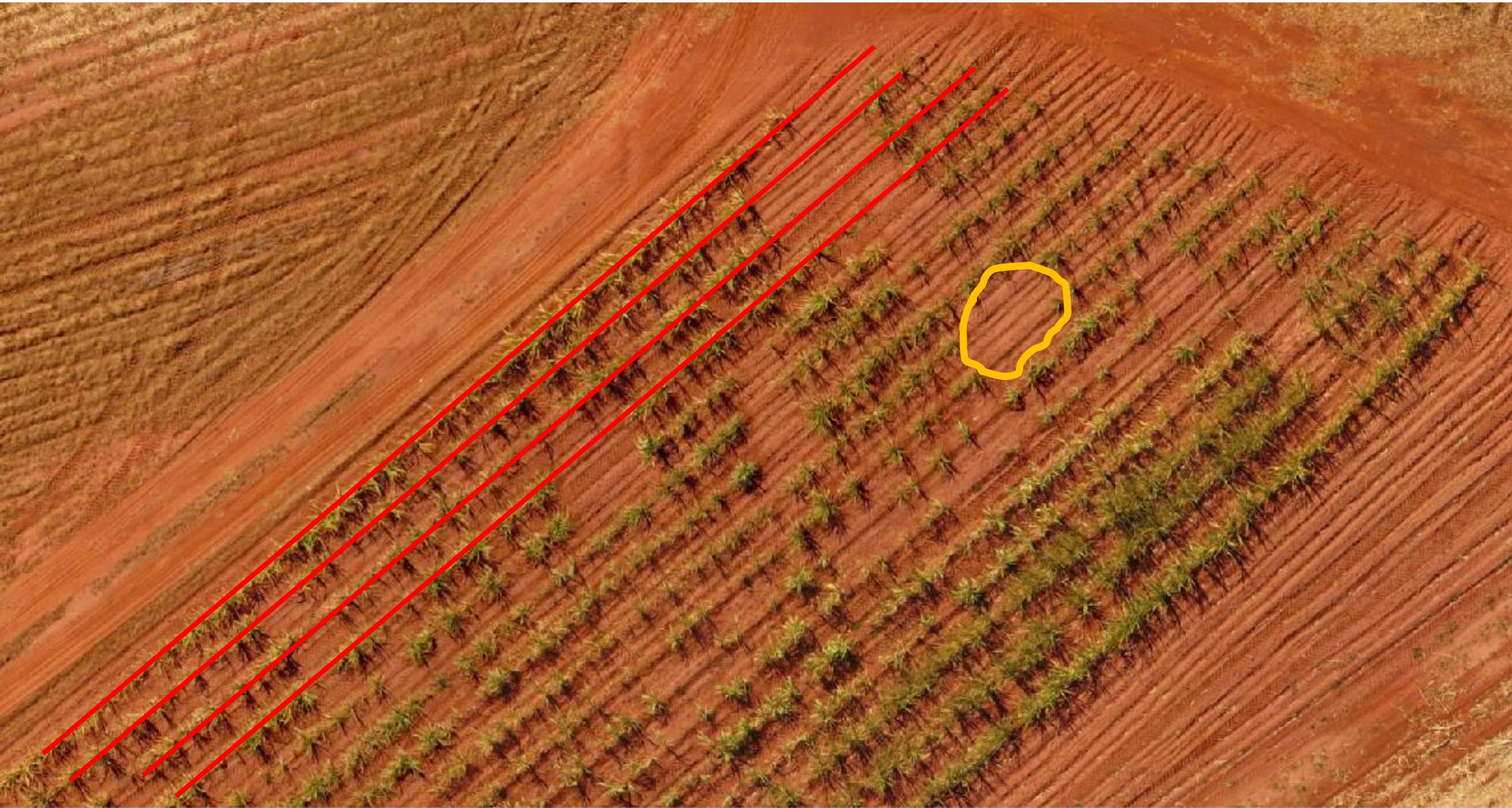
Ortho



Workspace (1 chunks, 132 camer
▲ **Chunk 1 (132 cameras, 167,**
▶ Cameras (132/132 aligned
88 Tie Points (167,385 points
Dense Cloud (28,187,864
DEM (12402x8337, 6.25 cm
Orthomosaic (28099x1717

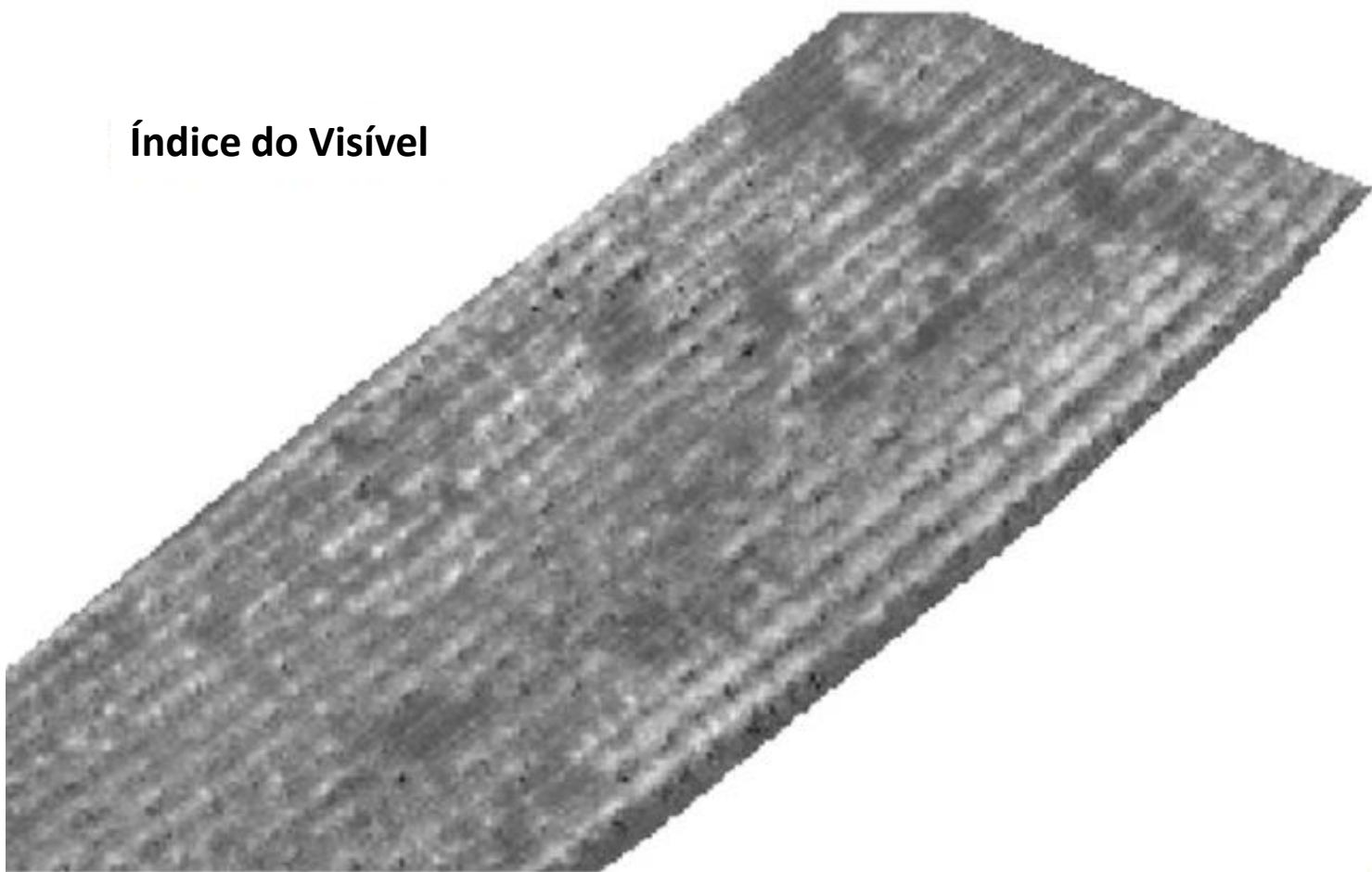
Mosaico Levantamento RPA – Área de Cana



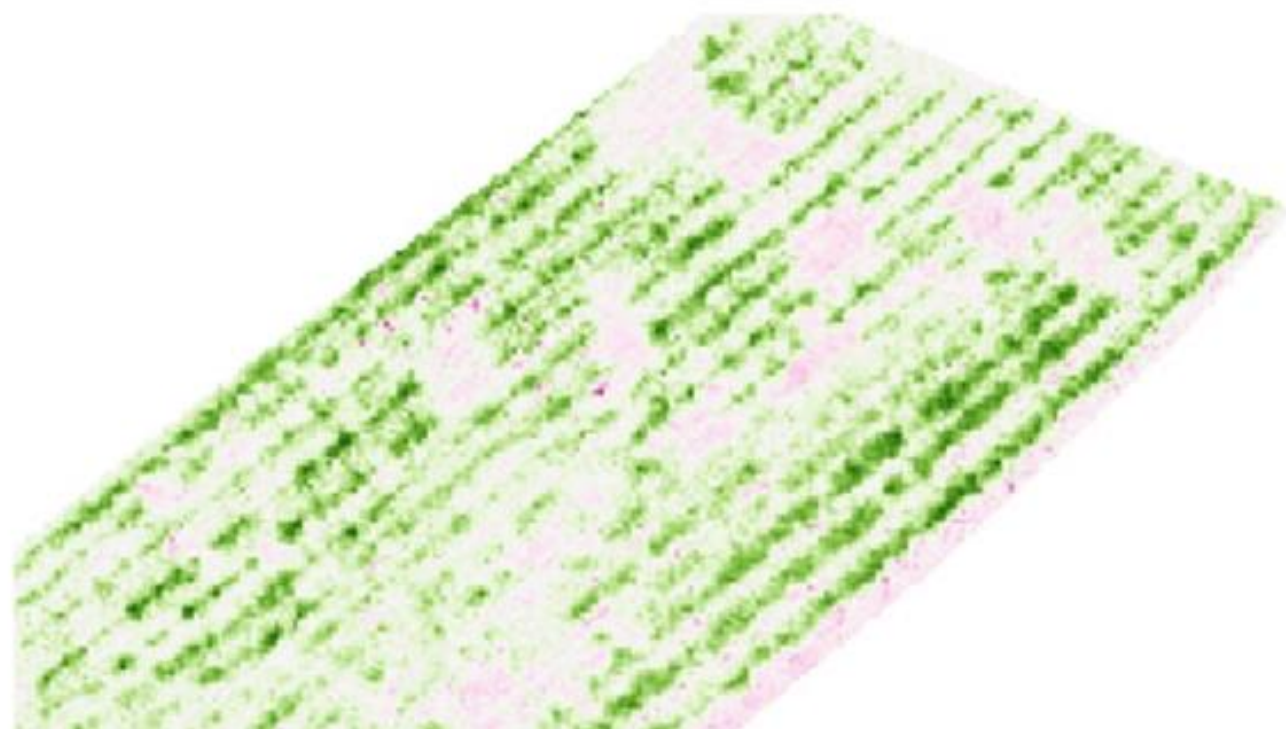




Índice do Visível



RECLASSIFICAÇÃO DE CORES PARA
RESSALTAR A VEGETAÇÃO



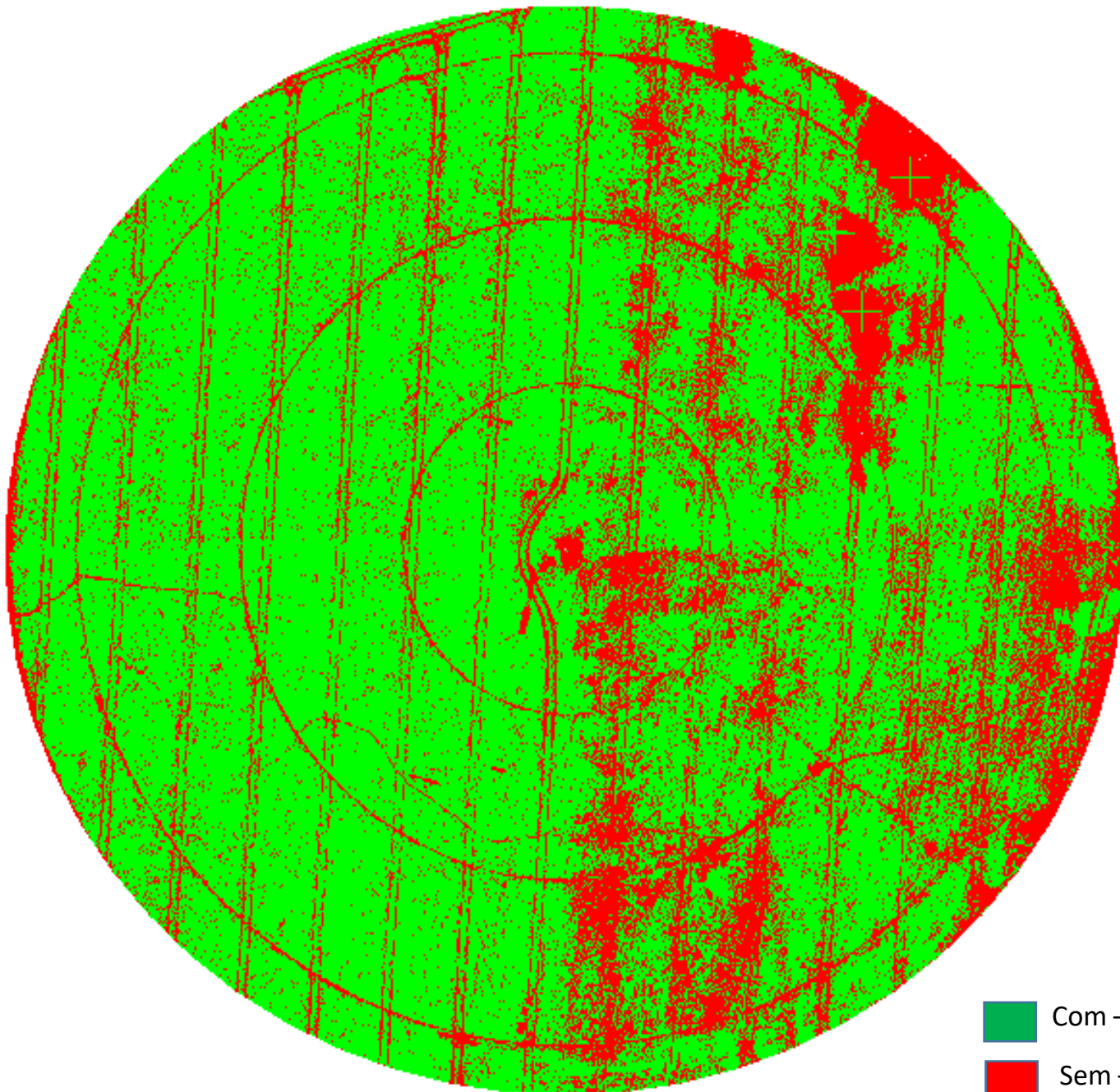
Verificação do acerto da classificação:
vegetação – solo



Mapeamento da área toda.







$$GRVI = \frac{\text{Verde} - \text{Vermelho}}{\text{Verde} + \text{Vermelho}}$$

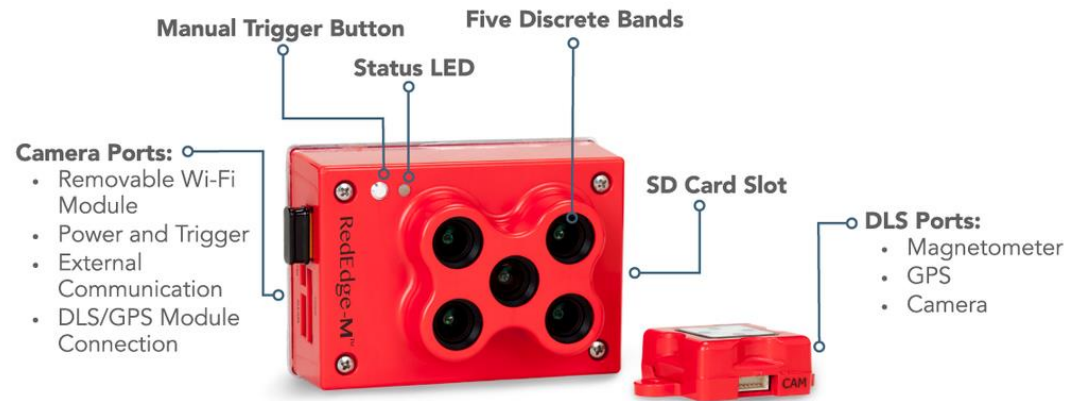
-  Com – Vegetação: 10,87 ha
-  Sem – Vegetação: 4,13 ha

Sensores Multiespectrales

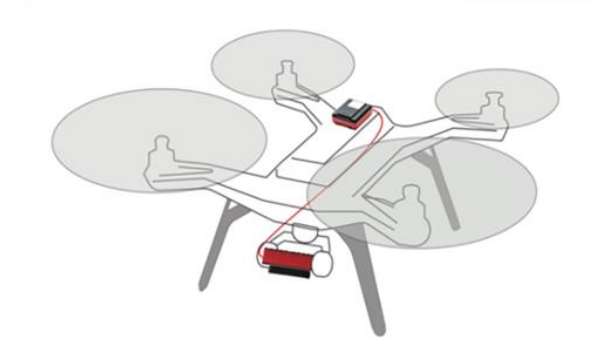
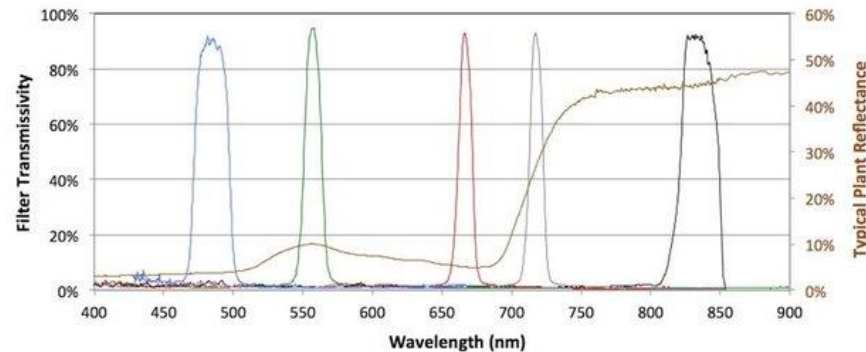


Principais sensores no mercado para agricultura:

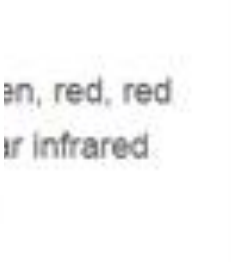
- Câmeras Multiespectral



\$4.900

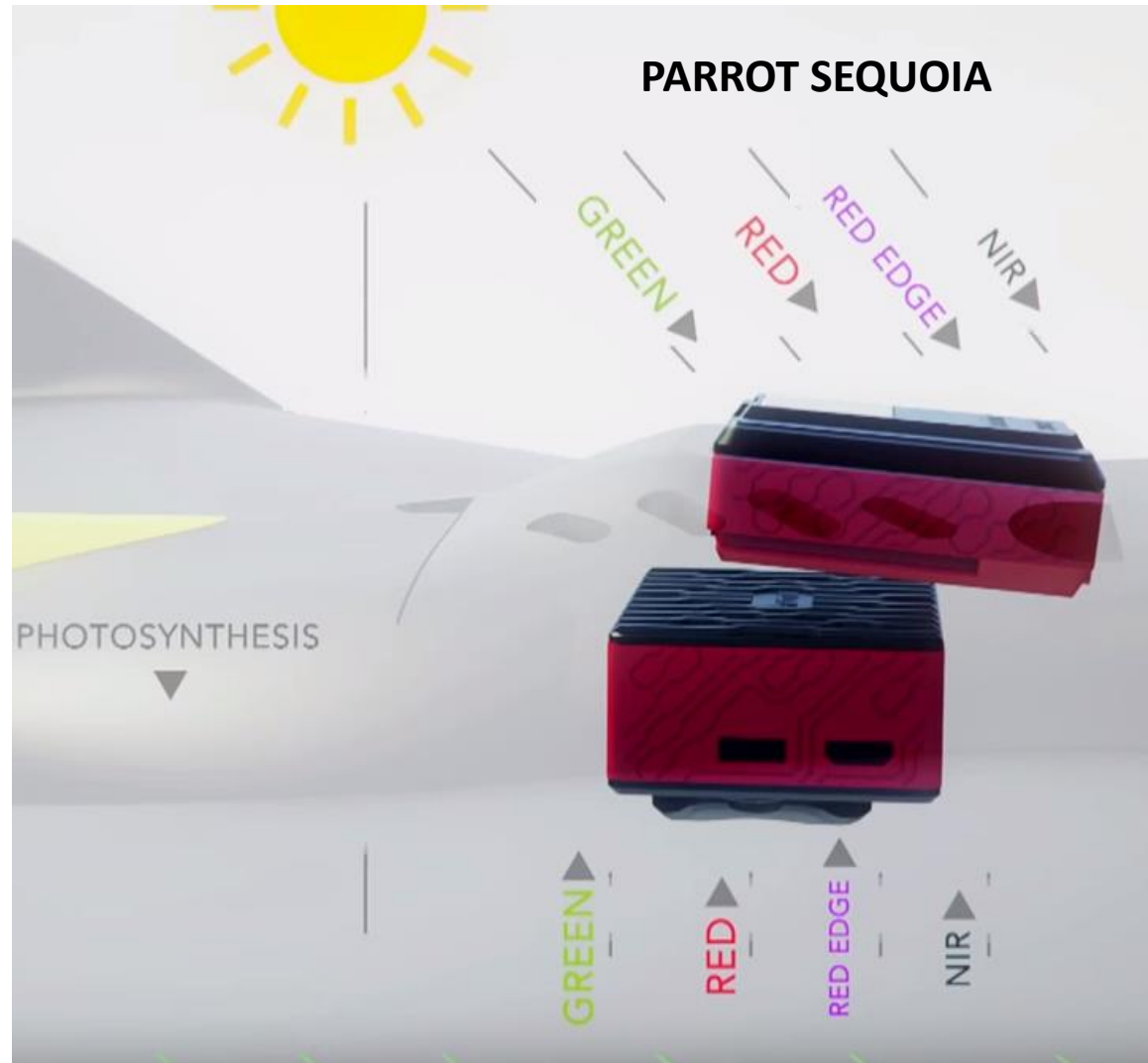


MicaSense

	 RedEdge-MX™ by MicaSense® The industry standard professional multispectral sensor for agricultural drone mapping	 RedEdge-MX™ by MicaSense® The industry standard professional multispectral sensor optimized for DJI Skyport	 ALTUM™ by MicaSense® A revolutionary 3-in-1 multispectral sensor	 ALTUM™ by MicaSense® A revolutionary 3-in-1 multispectral sensor optimized for Skyport
Spectral Bands	 Blue, green, red, red edge, near-infrared	 Blue, green, red, red edge, near-infrared	 Blue, green, red, red edge, near-infrared (2) thermal infrared	 Blue, green, red, red edge, near-infrared (2) thermal infrared
RGB Output	 Carrinho de Compras RedEdge-MX Sensor Kit Lead Time: Ships in 10-14 Business Days Integration Options: None/Other Qtd: 1 ▾ global shutter, (with all bands)	 Carrinho de Compras RedEdge-MX Sensor Kit Lead Time: Ships in 10-14 Business Days Integration Options: None/Other Qtd: 1 ▾ global shutter, (with all bands)	 Carrinho de Compras Altum Sensor Kit Lead Time: Ships in 4-5 weeks Integration Options: None/Other Qtd: 1 ▾ high-resolution, global shutter, aligned with all bands	 Carrinho de Compras Altum Sensor Kit Lead Time: Ships in 4-5 weeks Integration Options: None/Other Qtd: 1 ▾ high-resolution, global shutter, aligned with all bands
Thermal	TOTAL \$5,500.00	TOTAL \$5,500.00	TOTAL \$9,950.00	TOTAL \$9,950.00
	FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated	FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated	FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated	FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated

Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Multiespectral



18% DESCONTO



**Sensor Multiespectral
Parrot Sequoia - Bandas
Red, Green, Red Edge,
Near-Infrared e RGB**

~~R\$ 27.250,00~~ **R\$ 22.350,00**

Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Multiespectral



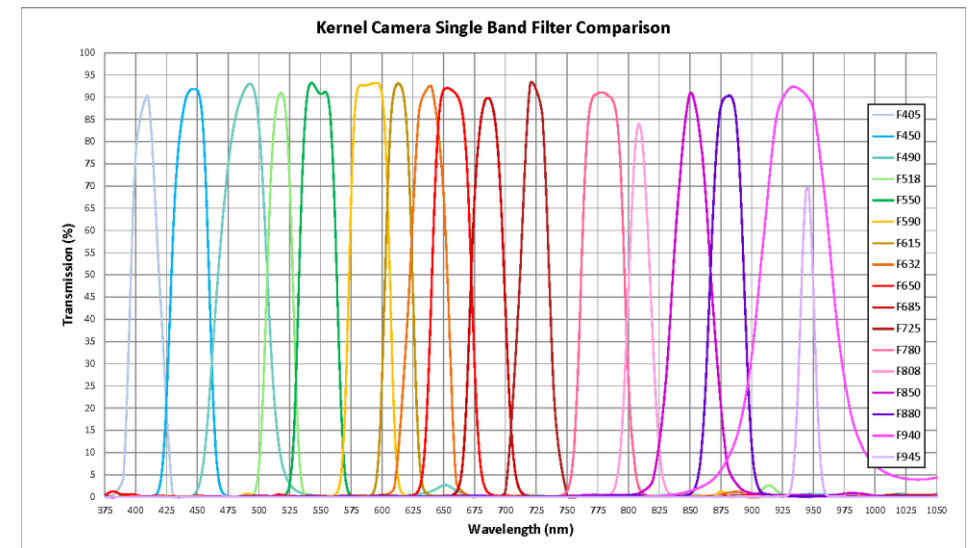
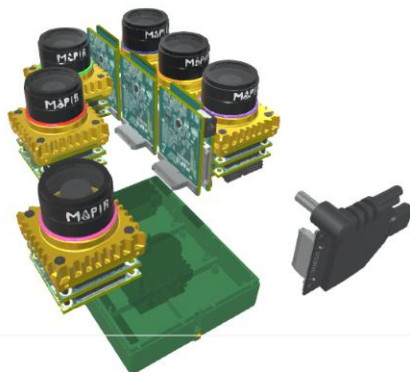
Survey3W Camera -
Red+Green+NIR (RGN, NDVI)
\$400.00 USD

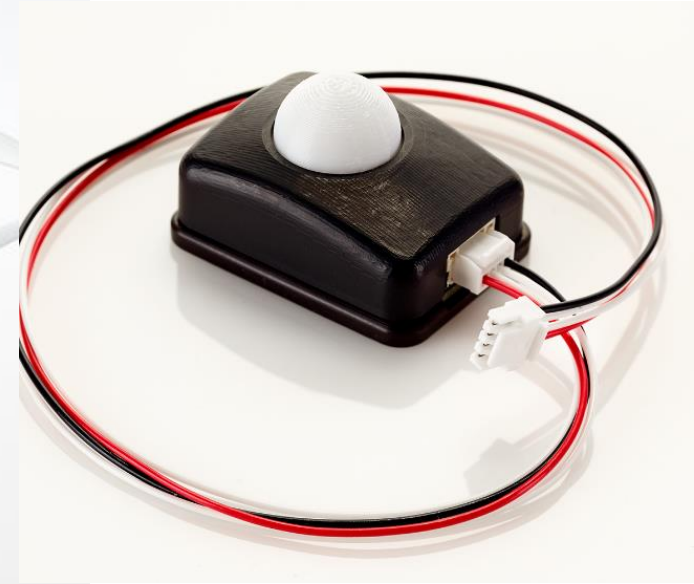


Kernel - 14.4MP
[Build Yours]
\$1,299.00 USD



Kernel - 3.2MP
[Build Yours]
\$1,499.00 USD





Incident Light Sensor

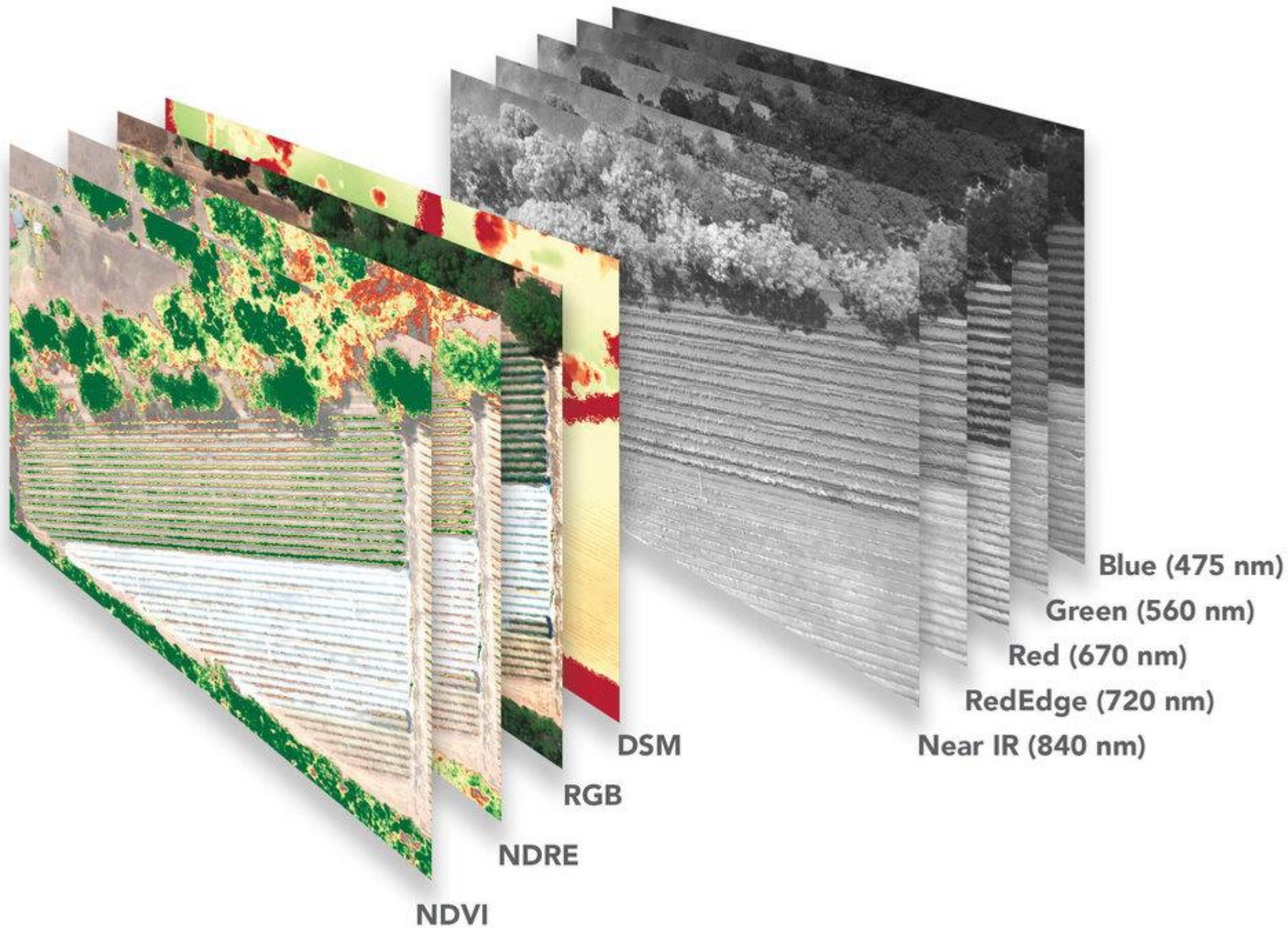
\$599

Gather more precise plant health data with the Incident Light Sensor

For several years, research customers have used the Sentera Incident Light Sensor (ILS) to measure the color spectrum of incident light from the sun. Now these capabilities have been seamlessly integrated into Sentera's sensors and **FieldAgent™** software, making it easy for agronomists, crop consultants, and growers to accurately compare images of the same area, captured over time and in different lighting conditions.

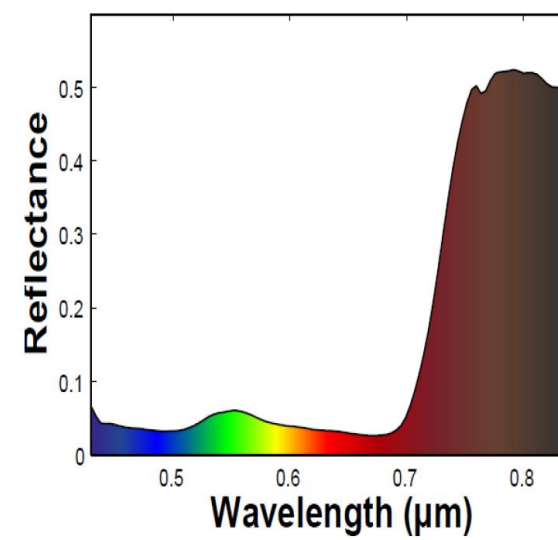
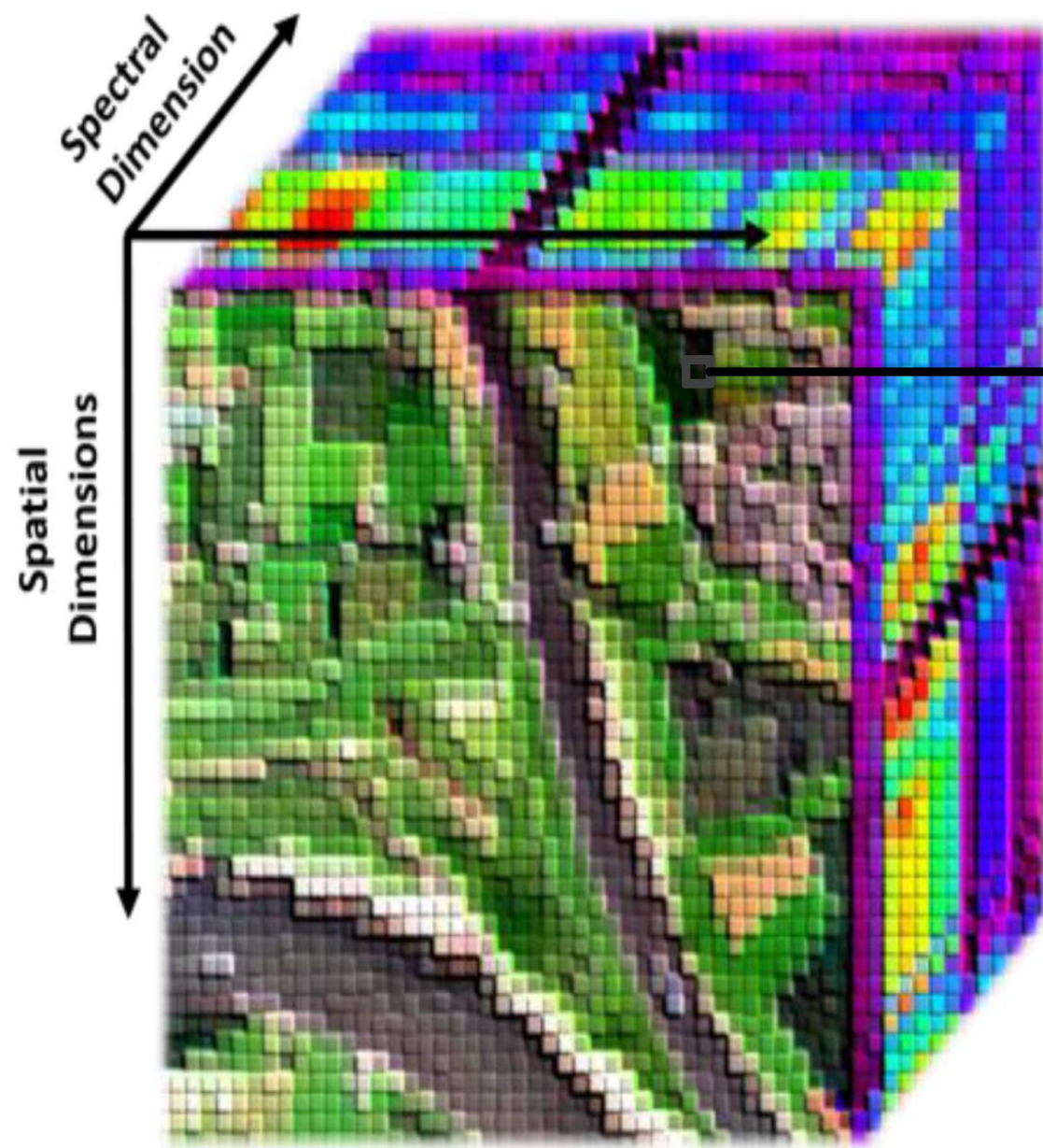
INÍCE DE VEGETAÇÃO - NDVI



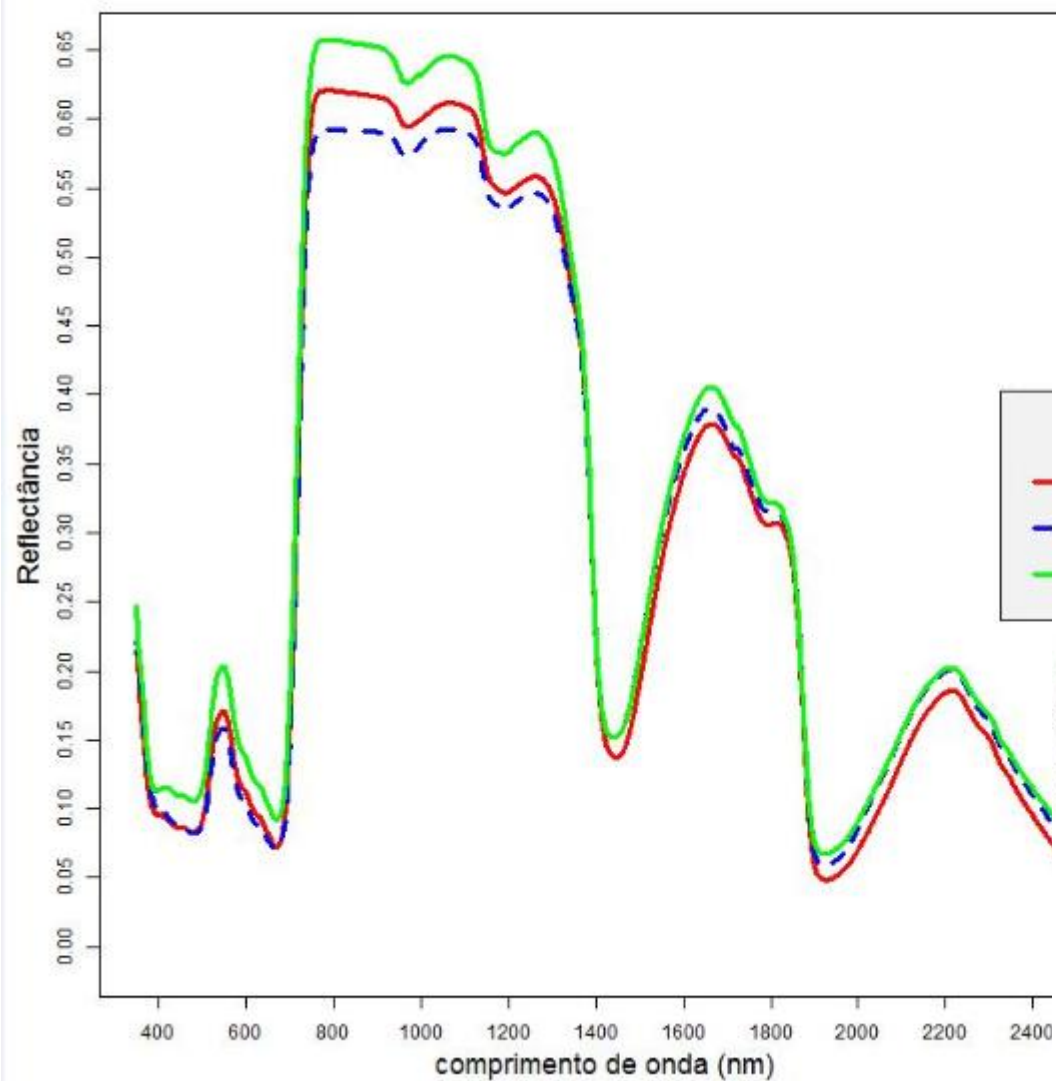


Sensores

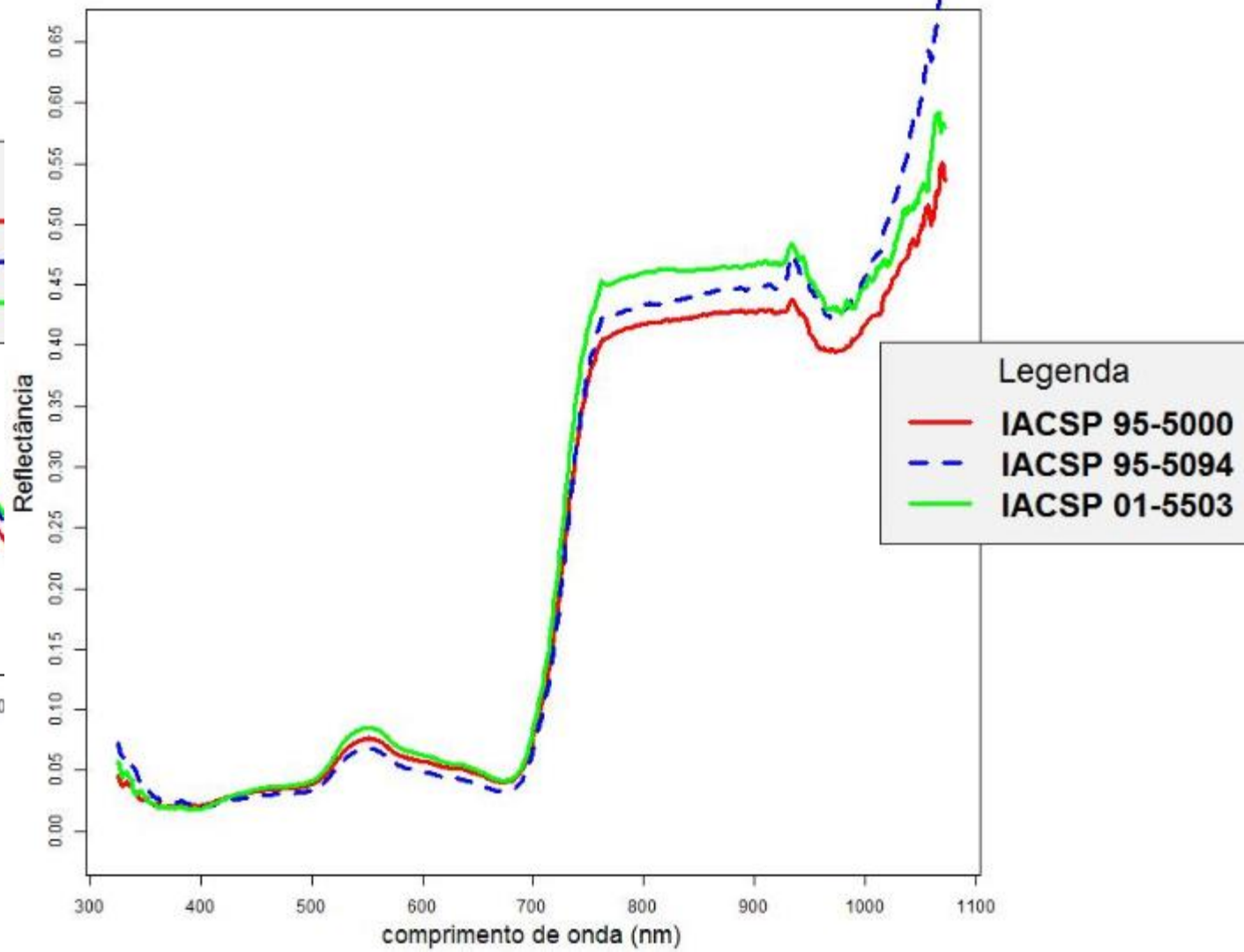
Hiperespectrais



Curvas espectrais Médias das cultivares



Curvas espectrais Médias das cultivares



Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Hiperespectral

Nano-Hyperspec®

- Spectral range 400-1000nm (VNIR)
- 270 spectral bands
- 640 spectral bands
- FWHM slit image 6nm
- Max frame rate 350Hz
- 480GB internal data storage
- Typical applications: airborne & ground remote sensing
- [data sheet](#)

Micro-Hyperspec®

- Spectral ranges:
 - VNIR (400-1000nm)
 - NIR (900-1700nm)
 - Extended VNIR (550-1700nm)
 - SWIR (900-2500nm)
- Typical applications: airborne, satellite, and ground remote sensing, advanced machine vision, lab
- [data sheet](#)



Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Hiperespectral



Spectral range	default 500 - 900 nm, other ranges 400 - 700, 450 - 800, 550 - 950 nm
Spectral resolution	10 nm, FWHM
Spectral step	1 nm
Number of channels	maximum of 50 bands with CF memory, 380 bands in laboratory



* 5.5 microns / pixel
s/s (1010*648 pixels)
sensor

<http://senop.fi/>

Sensores
Imageadores
Termais

Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Termiais

FLIR sUAS thermal imaging products:



FLIR Duo Pro R

Featuring thermal and a high-definition 4K color video camera in a single integrated package, Duo Pro R gives professional operators the ability to capture actionable thermal and visible data in a single flight.

[EXPLORE ▶](#)



FLIR Duo & Duo R

Take thermal to new heights with the FLIR Duo: a compact, lightweight, dual-sensor thermal and visible light imager designed for drones.

[EXPLORE ▶](#)



FLIR Vue Pro

The Vue™ Pro combines Vue's powerful, affordable thermal imaging with on-camera recording and flight controller integration to create a turnkey thermal camera and data collection device in one affordable package.



FLIR Vue Pro R

The new Vue™ Pro R is more than a thermal imager – it captures accurate, non-contact temperature measurements from an aerial perspective and saves images with calibrated temperature data embedded in every pixel.

[EXPLORE ▶](#)



FLIR Aerial Thermal Imaging Kits

Now you can get everything you need to get a thermal imaging drone up and running in one easy package. Combining the Inspire 1, Zenmuse XT, and a variety of accessories, these packages have configurations for every application from fire fighting to building inspection.

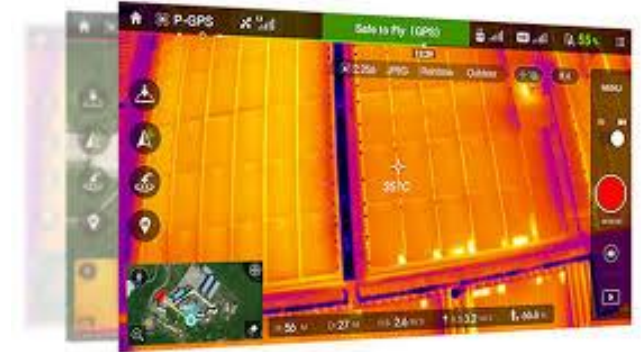
[EXPLORE ▶](#)



DJI Zenmuse XT

The Zenmuse XT is the premium aerial thermal imaging system developed between partnering industry leaders FLIR and DJI. The Zenmuse XT is compatible with the DJI Inspire 1, and Matrice 100, and 600 series.

[EXPLORE ▶](#)



Principais sensores no mercado para agricultura:

- Câmeras Termais



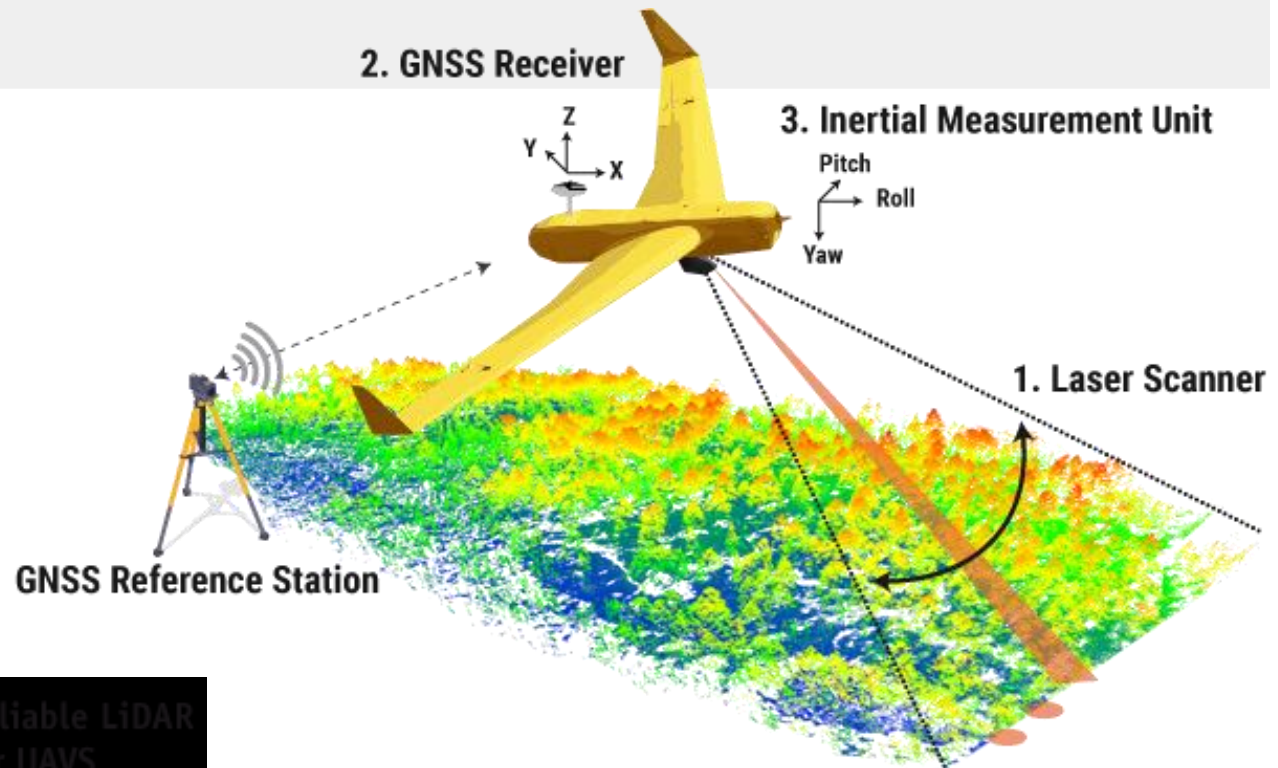
Sensores
Radar

O LIDAR (*Light Detection and Ranging*) é um sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não tripuladas) e um método direto de captura de dados, o mesmo possui sua própria fonte de energia, neste caso, uma fonte de luz, o laser. O LIDAR emite feixes de laser na banda do infravermelho próximo (IV) e é capaz de modelar a superfície do terreno tridimensionalmente.

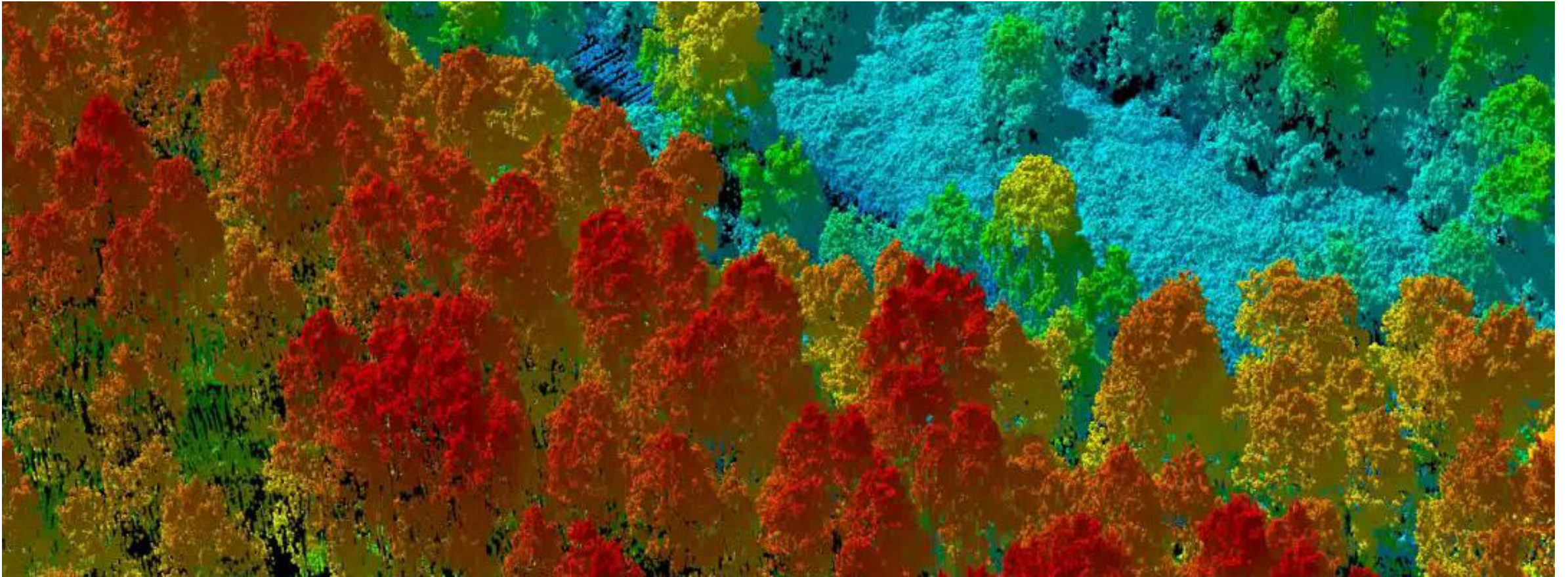
O LIDAR permite gerar produtos como o Modelo Digital de Terreno e o Modelo Digital de Superfície que representam o terreno (sem nenhuma cobertura) e a superfície (edifícios, árvores, etc.), respectivamente.

Principais sensores no mercado para agricultura:

- LiDAR



Principais sensores no mercado para agricultura:



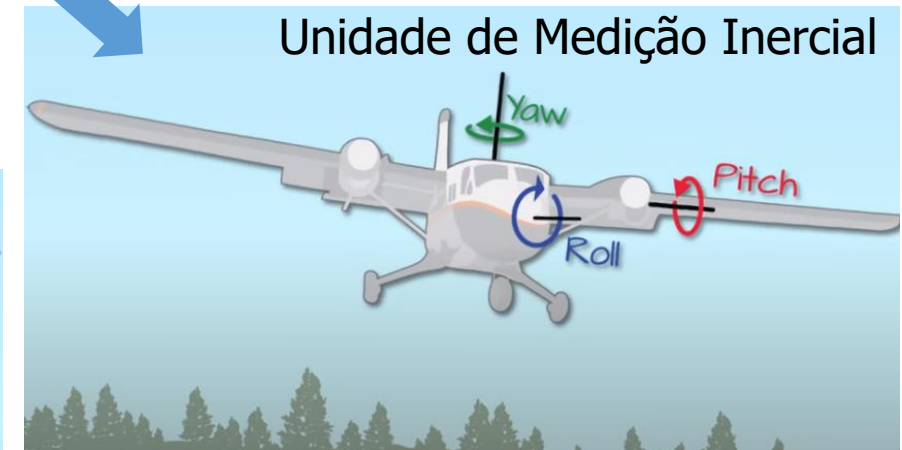
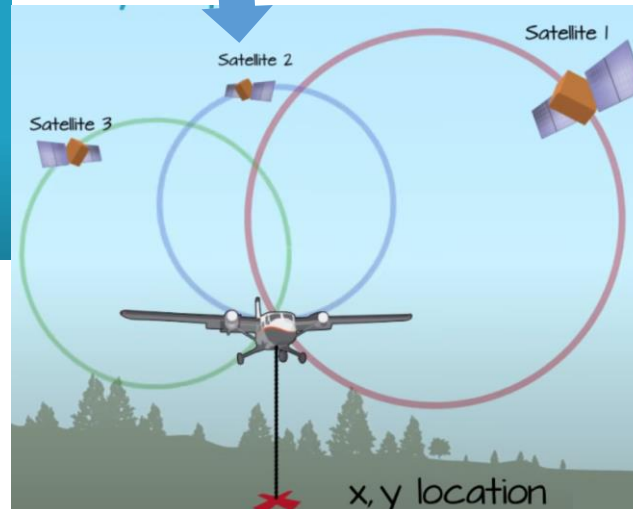
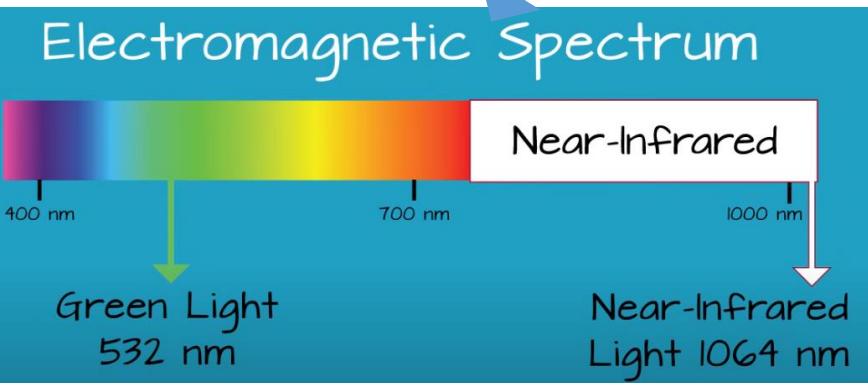
Classificação dos Sensores Remotos:

➡ Sensores não Imageadores

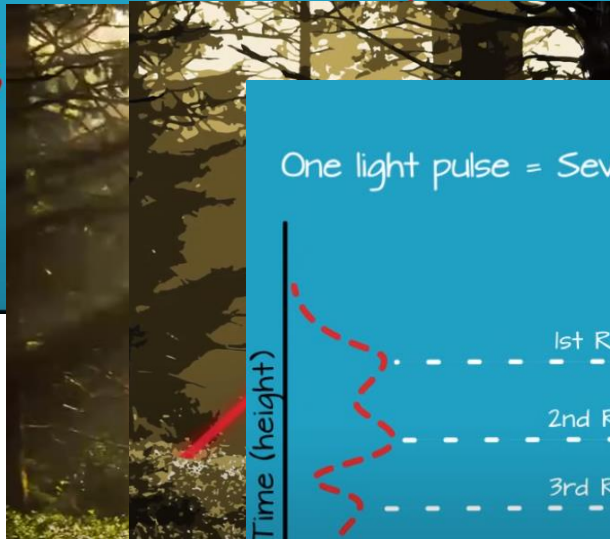
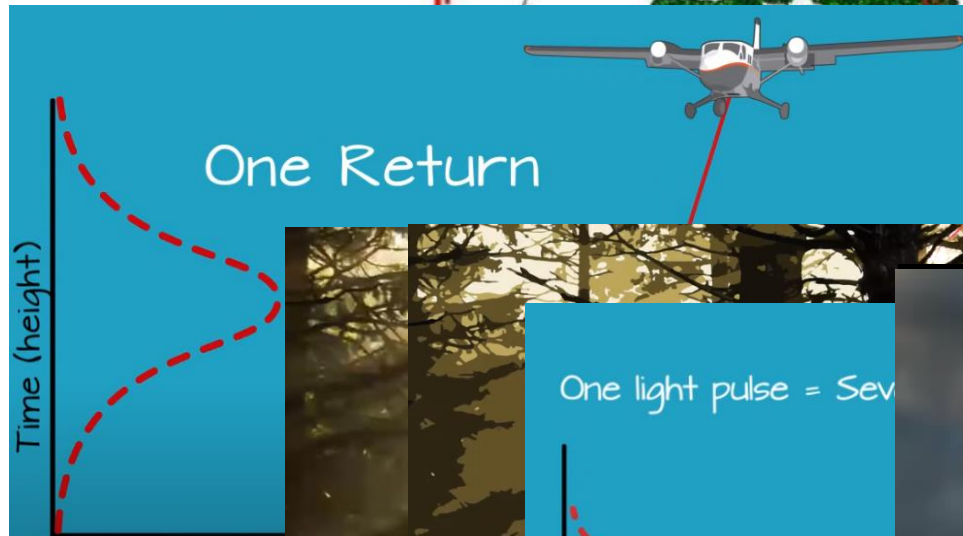
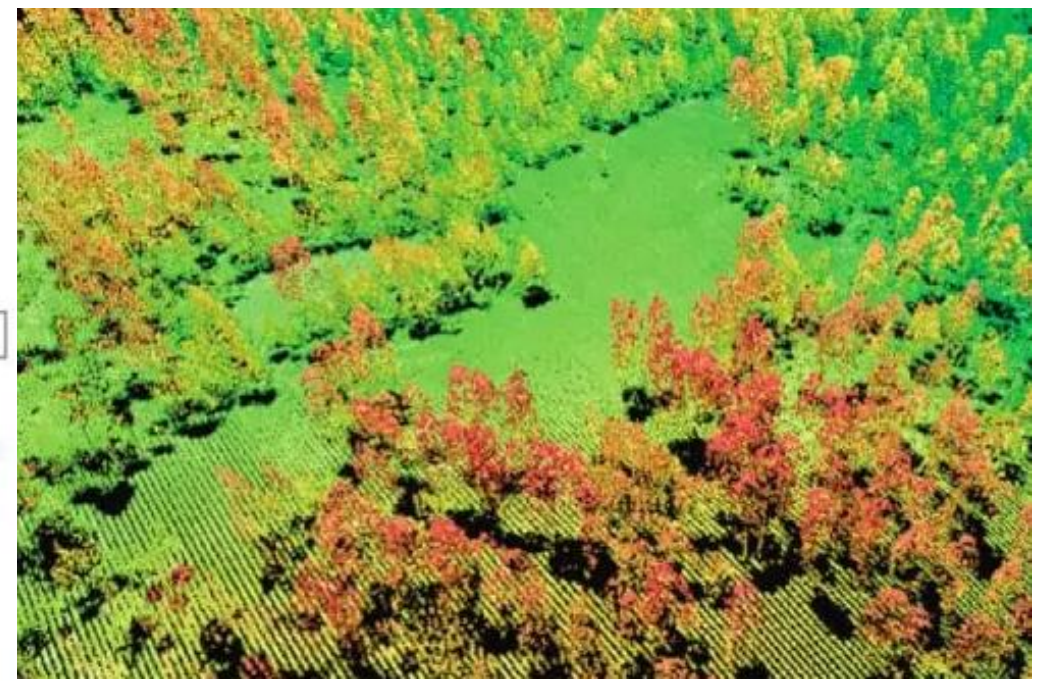
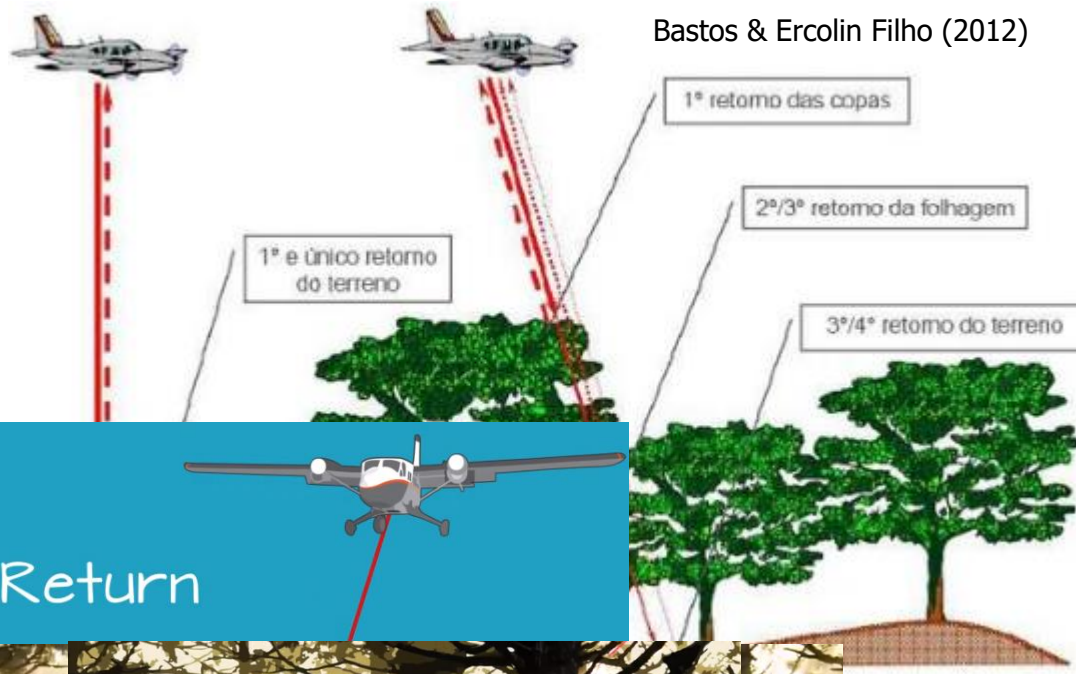
LiDAR (*Light Detection and Ranging*)



Laser + GPS + IMU + Computer



Bastos & Ercolin Filho (2012)



Levantamiento

Arqueológico

DRONES/VANT'S

LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

Home

PV101C

Settings

FLY

UPLOAD

EXPLORE

REPORT

TEAM

Advanced Settings

10:23
Minutes

25
Hectares

147
Images

1
Battery

Front Overlap

70%

Side Overlap

60%

Flight Direction

65°

Mapping Flight Speed

12m/s

Starting Waypoint

1

Obstacle Avoidance

Enabled if sensors are available

Show Existing Map

Set Exposure Manually in DJI Go

Set Focus Manually in DJI Go

Map Plan

10:23
Minutes

25
Hectares

147
Images

1
Battery

Flight Altitude

Resolution: 3.0 cm / px

100m

Structures Mode

Live Map

Generates an instant 2D map as the drone flies, in addition to normal image capture.

Advanced

start

DF-100

PONTOS DE CONTROLE







DRONES/VANT'S



LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

Perspective 45°



faces: 642,311 vertices: 323,294



Obrigado!

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP