



INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO PARTE 1

EMATER
Minas Gerais



INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO PARTE 1

**BELO HORIZONTE
EMATER-MG
FEVEREIRO 2024**

FICHA TÉCNICA

AUTORES



Sarah Brisa Diogo de Barros

Graduada em Geografia, especialista em Geoprocessamento e Assessora Técnica do Departamento Técnico na Unidade Central de Belo Horizonte. Contato: sarah.barros@emater.mg.gov.br



Péricles Alexandre Squaris Marques

Graduado em Agronomia, especialista em Solos e Meio Ambiente; e MBA COFFEE BUSINESS; mestre em Agronomia. Coordenador Técnico Estadual em Tecnologia e Inovação do Departamento Técnico na Unidade Central de Belo Horizonte. Contato: pericles.squaris@emater.mg.gov.br

REVISÃO:



João Paulo Santana Gusmão

Extensionista agropecuário na EMATER/MG, especialista em assistência técnica e inovação para o setor rural. Possui pós-graduação em Fertilidade e Manejo de Solos e Geoprocessamento. Atua com Diagnóstico Rural Participativo, análise de dados, GIS, programação e gestão de projetos voltados à sustentabilidade ambiental e econômica.

FOTOS:

Arquivo da EMATER Minas Gerais

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO:

Cezar Hemetrio

EMATER MINAS GERAIS

Av. Raja Gabágliã, 1626. Gutierrez - Belo Horizonte, MG.

www.emater.mg.gov.br

Série	Ciências Agrárias
Tema	Geoprocessamento e sensoriamento remoto
Área	Geografia e Ciências Agrárias

SUMÁRIO

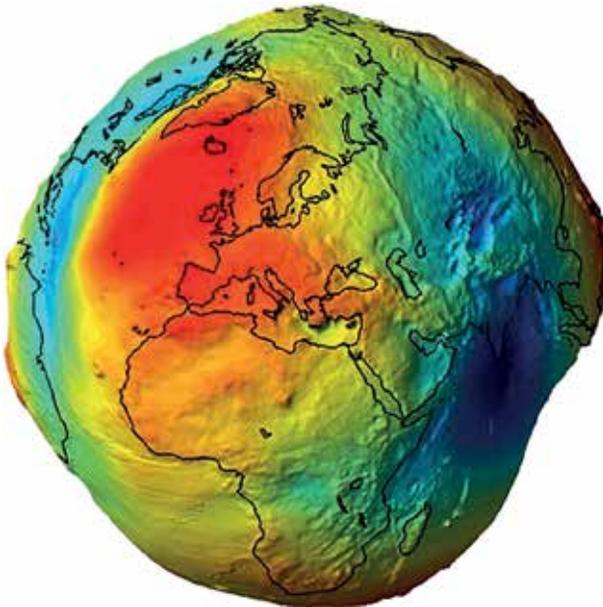
1. APRESENTAÇÃO	4
2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS	6
3. ESCALA.....	7
4. SEMIOLOGIA GRÁFICA	8
5. VETOR E RASTER.....	10
6. GEOTECNOLOGIAS.....	11
6.1. Sensoriamento Remoto	12
6.1.1. Sensores	14
6.1.2. Aplicações com VANTs e Satélites na agricultura de precisão.....	17
Planejamento de vôo.....	20
Processamento e tratamento das imagens.....	23
Mosaico de Ortofoto.....	23
Ortomosaico Digital.....	24
Modelo Digital de Superfície (MDS).....	24
Modelo Digital do Terreno (MDT).....	25
Assinaturas espectrais.....	25
Softwares de processamento	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. APRESENTAÇÃO

Com o advento da tecnologia, imagens atualizadas e com alta precisão, pode-se afirmar na atualidade que a Terra não é redonda, mas sim, um geóide. Seu modelo se equipara a uma elipse e por meio da matemática e os cálculos geodésicos, temos o elipsóide de revolução, para os estudos da geometria terrestre.

Observando o Globo, seus processos físicos e terrestres, podemos entender como funcionam diversos processos naturais e temos, como humanidade, dedicado vidas a estudos científicos com o objetivo de entender como funcionam e de que forma podemos viver com mais equilíbrio e qualidade de vida.

Figura 01: Ilustração ondulação geoidal em cor falsa, com relevo sombreado e exagero vertical



Fonte: ESA, 2010

Os mapas são tecnologias que permitem o estudo dos espaços e territórios, possibilitando a visualização de suas fronteiras e características. Estudando a literatura, Rosa (2013) afirma que a utilização de mapas precede a escrita e é muito antiga na história da humanidade. Com base em estudos e explorações, sabe-se que os povos primitivos, antes mesmo de saberem escrever, desenvolveram a habilidade de traçar mapas; porém, reconhecidamente, temos o início

da base cartográfica desenvolvida pelos gregos, que desenvolveram o sistema de coordenadas, delimitaram a Terra com um formato esférico, seus pólos, equador e trópicos; também, desenharam as primeiras projeções do planeta e calcularam seu tamanho.

“A cartografia é considerada como a ciência e a arte de expressar (representar), por meio de mapas e cartas, o conhecimento da superfície terrestre. É ciência porque, para alcançar exatidão, depende basicamente da astronomia, geodésia e matemática. É arte porque é subordinada às leis da estética, simplicidade, clareza e harmonia.” (ROSA, 2013)

Com o avanço tecnológico, o conceito de produtos cartográficos têm evoluído para o de produtos de informação. É de suma importância que sejam apresentados e respeitados os aspectos quantitativos, considerando a precisão, escala e coordenadas; porém, não apenas. O aspecto qualitativo também tem grande relevância e após determinada qual a informação se quer transmitir, é preciso pensar também no propósito e para quem essa informação está destinada (ROSA, 2013).

A ciência de dados, atrelada à multidisciplinaridade, pode estabelecer, pela análise de dados, compreensão de fatores representados numericamente e geograficamente. Estes, precisam estar atrelados ao tipo de informação que se busca e ao público que se está trabalhando. Com o processamento e análise, gera-se a informação, que por consequência torna-se conhecimento e pode atender às diversas áreas do saber e necessidades para aplicação no âmbito de interesse, tendo uma visualização do espaço geográfico com seus componentes de superfície; assim, pode-se ter uma visualização de problemas e dificuldades, possibilitando a idealização de projetos e atividades de atendimento à população, com aplicação de políticas públicas e idealização de projetos ou propostas de ação, tomadas de decisão.

Mapas são representações de informações e podem abordar diversos temas, como hidrografia, demografia, produção agrícola, rotas e vegetação. É necessário que a localização seja precisa por meio das coordenadas geográficas e de fácil entendimento por meio das informações utilizadas; obrigatoriamente, todo mapa deve conter o norte geográfico ou verdadeiro, escala, legenda, título, coordenadas geográficas, sistema de referência, fonte das informações coletadas e utilizadas, data da elaboração e autor ou instituição.

Os elementos contidos no mapa devem corresponder ao plano cartesiano X e Y, ou seja, respectivamente, longitude e latitude.

2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS

As coordenadas geográficas são um modelo de orientação, que se estruturam no plano cartesiano. São linhas imaginárias que envolvem o Globo Terrestre e servem de orientação para localização dos espaços na superfície da Terra. A Longitude é relativa ao meridiano de Greenwich, representada pelo eixo X e a Latitude por sua vez é relativa ao equador e é representado pelo eixo por Y, ou seja, temos o encontro do Meridiano de Greenwich e a Linha do Equador como demarcadores do 0°; estes sendo respectivamente meridianos e paralelos.

Desde 2020, na EMATER, estabelecido pela norma técnica N° 012/2020, está instituído o registro e tratamento de informações espaciais utilizando o sistema cartográfico em Graus Decimais. O estado de Minas Gerais está presente em três UTM's no Sistema de Coordenadas Projetadas, com alguns municípios em duas UTM's diferentes, portanto, trabalharemos com o Sistema de Coordenadas Geográficas, em Graus Decimais, estando de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), utilizando o datum SIRGAS, 2000; sistema padronizado para todos os mapas do Brasil.

Figura 02: Coordenadas Graus Decimais



Fonte: Google Earth; BARROS, Sarah, 2023.

A navegação por GPS (Global Positioning System) se dá pelo datum WGS

84 (World Geodetic System), que é referência padrão para as coordenadas de orientação por satélite.

Sendo assim, o uso do sistema de coordenadas em Graus Decimais possibilita maior precisão no trabalho com os dados, trabalhando em escala estadual, abrangendo todos os municípios do estado de Minas Gerais.

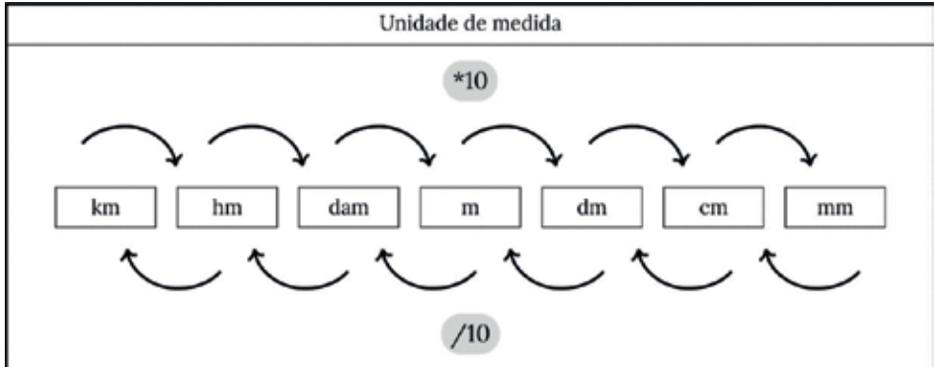
Trabalhando de acordo com a norma brasileira de cartografia, utiliza-se então o Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS) como referência geocêntrica continental, estabelecido como norma pelo IBGE.

3. ESCALA

O mundo real é representado cartograficamente numa escala numérica e/ou gráfica. Para a representação do real, é preciso reduzir a realidade de modo que caiba no projeto o que será demonstrado, gerando assim, deformações de acordo com o tipo de projeção.

Para melhor compreensão da escala, é necessário entender o funcionamento básico das unidades de medida de distância: milímetro, centímetro, decímetro, metro, decâmetro, hectômetro e quilômetro.

Figura 03: Unidade de medida

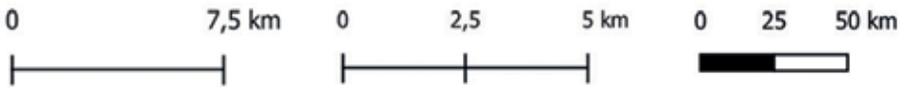


Fonte: BARROS, Sarah, 2023.

Se 10mm é 1 cm, 10 cm é 1 dm e 10 dm ou 100 cm correspondem a 1 metro e assim por diante. Os mapas “normalmente são feitos em centímetros e milímetros, que na realidade mapeada correspondem a quilômetros e metros” (ROSA, 2013, p. 21). A escala então será quantas vezes a realidade foi diminuída para ser representada, sendo assim, numa escala de 1:10.000 significa que a cada 1 centímetro do mapa corresponde a 100 metros na realidade, pois o espaço foi diminuído 10.000 vezes.

A escala numérica pode ser descrita das formas : 1:25.000; $\frac{1}{25.000}$ ou $\frac{1}{25.000}$. Para saber a escala, usa-se a fração $E = d / D$; onde E: escala; d: distância no mapa; e D: distância real. Para saber a distância entre dois pontos no real $D = d \times E$; e para saber a distância no mapa $d = D / E$.

A escala gráfica pode ser representada das seguintes formas:



Há outras formas possíveis e os softwares de tratamentos de dados geográficos, como o Qgis e ArcGis, apresentam opções possíveis para representação da escala gráfica.

É importante ressaltar que quanto maior o nível de detalhamento, maior a escala e quanto menor, menor a escala; ou seja, em uma escala de 1:1.000.000 e de 1:10.000, a escala 1:10.000 é maior do que a de 1:1.000.000, que é menor. Pois na escala menor, visualiza-se um espaço mais amplo e há perda de detalhes, enquanto na escala de 1:10.000 é possível a visualização de detalhes. Portanto, a escala será definida de acordo com o projeto que se deseja; se a intenção é a visualização dos biomas do Brasil, por exemplo, será necessário trabalhar numa escala menor, expondo a vetorização de todo o território nacional brasileiro; enquanto que, se for mostrar, por exemplo, a delimitação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) de uma propriedade e suas particularidades, será necessário trabalhar numa escala maior, possibilitando a observação de diversos elementos com maior precisão.

Então, se temos uma escala num mapa informando que a cada 1 cm encontra-se 7,5km na realidade, temos que $E = 1/7,5$ | $E = 750000/1$ | $E = 1:750.000$. Ou então, $E = 1:1.000.000$; $d = 2$; $D = ?$ | $D = 2 \times 1000000$ | $D = 2000000$ cm ou 20 km.

4. SEMIOLOGIA GRÁFICA

Para a elaboração de um mapa, é preciso um compilado de dados para sua estruturação, dependendo de parâmetros cartográficos. A semiologia gráfica, trabalho realizado por Jacques Bertin (1960-1983) é referência no modelo de representação visual, contendo 7 variáveis gráficas fundamentais, sendo elas: forma, tamanho, valor, textura, cor, orientação e posição.

Figura 4: Variáveis Semiologia Gráfica

As variáveis da imagem segundo J. Bertin (2001)

	PONTOS	LINHAS	ÁREAS	
XY 2 dimensões do plano				OQ ≠
Z TAMANHO				OQ ≠
VALOR				O ≠
VARIÁVEIS DE SEPARAÇÃO DA IMAGEM				
GRANULAÇÃO				O ≠
COR				≠ ≠
ORIENTAÇÃO				≠ ≠
FORMA				≠ ≠

≠ - seletiva
 = - associativa
 O - ordenada
 Q - quantitativa

Fonte: BERTIN, J. 2001 apud. Giovanini, A. 2019.

A partir destes, há de se seguir um nível de organização dos componentes, podendo ser Quantitativo (Q), Ordenado (O) e Qualitativo, este se dividindo entre Seletivo (≠) e Associativo (=). As situações em que devem ser utilizados, se expressam da seguinte forma:

- Quantitativo (Q): deve ser usado quando se quer mostrar grandezas (quantidades) dos elementos representados (Quanto?);
- Ordenado (O): deve ser usado quando a representação expressa uma ordem ou uma hierarquia dos elementos (Ordem?);
- Qualitativo: pode ser usado quando o documento cartográfico permite que sejam extraídas informações sobre as propriedades ou atributos dos elementos representados, não havendo nenhuma intenção do autor em dar ênfase em valores ou quantidades (Quem?);
- Seletivo (≠): intenção de mostrar a distinção dos elementos entre si;

Associativo (=): quando os elementos ficam agrupados de acordo com determinadas características comuns.¹

1 Compilado de informações advindas da Pós-Graduação em Geoprocessamento na PUC Minas, em aula sobre Semiologia Gráfica, do professor Dr. Jorge Batista; também, da referência bibliográfica: (GIOVANINI, 2019).

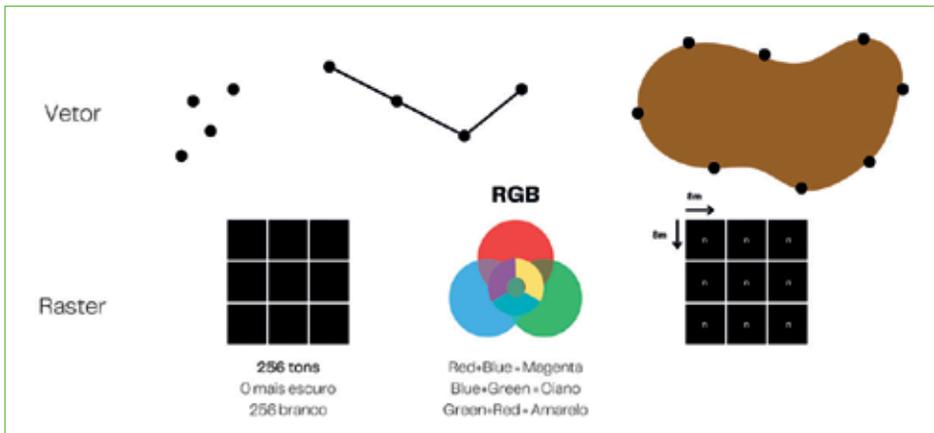
5. VETOR E RASTER

Os formatos trabalhados no software podem ser no modelo vetorial ou matricial, respectivamente, o vetor pode ser um ponto, linha ou polígono; no modelo matricial, o raster é uma imagem composta por pixels e sua resolução espacial depende do nível de detalhamento e tamanho do pixel.

Para os dados vetoriais, estes precisam estar em .shp ou .kml, no primeiro, precisam acompanhar pelo menos outros três tipos de arquivos para o seu funcionamento, que são os formatos .shx, .dbf e .prj.

“O modelo vetorial é utilizado quando se quer representar feições com limites bem definidos” (AMARAL; FIGUEIREDO, 2021, p. 52), assim, é preciso delimitar o que se quer representar para que a informação possa ser mostrada de forma clara. Por exemplo, em trabalhos agrícolas, é possível delimitar as áreas de plantio de determinada cultura utilizando o polígono, marcar uma nascente de modo pontual, delimitar as linhas de plantio ou os cursos d’água utilizando a linha.

Figura 05: Ilustração elementos que representam dados geográficos



Fonte: BARROS, Sarah, 2023.

O modelo matricial, mais utilizado no formato de arquivo .tiff, é composto por pixels de mesmo tamanho em toda a sua extensão, representando uma imagem do local em observação: cada pixel contém diferente informação e tonalidade de cor, podendo ser comparado a uma matriz de códigos; cada pixel representando um código e um número que vai definir sua tonalidade, quando 8 bits, indo de 0 (mais escuro) a 256 (branco), resultando em diferentes tons de cinza. A combinação das cores vermelho, verde e azul, do inglês Red, Green

e Blue (RGB), geram cores secundárias: ciano, magenta e amarelo; assim, cada cor terá 255 tonalidades diferentes, possibilitando a junção de bandas para gerar a composição colorida.

Estes modelos de dados representam um conjunto de regras para converter as variações geográficas do mundo real, em objetos discretos armazenados de forma digital; georreferenciados, são dados geográficos, possuindo uma localização sobre a superfície terrestre em um intervalo de tempo.

6. GEOTECNOLOGIAS

Sendo assim, um dado geográfico pode identificar, num espaço e tempo, elementos presentes em determinada localização, que será definida por suas coordenadas geográficas. As geotecnologias permitem a coleta, armazenamento e tratamento dessas bases, então, a partir de softwares como o já citado Qgis e outros como ArcGis (software pago desenvolvido pela ESRI), ArcGis Online (com funções gratuitas), SAGA GIS, SPRING e Google Earth Pro, pode-se transformar os dados em informação; a partir de observações, pode-se extrair conhecimento, possibilitando tomadas de decisões mais assertivas.

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) transformou a forma como pode-se trabalhar com cartografia e topografia, ampliando as ferramentas e possibilidades de tratamento de informação. Os drones são tecnologias no mercado que estão ganhando cada vez mais espaço entre diversos setores, como na agricultura, mineração, engenharia civil, militar e de delivery. Diversos drones possuem orientação por GPS, com automatização de voo e georreferenciamento das imagens geradas, possibilitando um mapeamento de áreas com maior precisão e nível de detalhamento.

Em escalas diversas e com níveis diferentes de detalhes, há diversos órgãos governamentais que oferecem gratuitamente dados, como por exemplo, o Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA), IBGE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estes sites oferecem credibilidade e confiabilidade nos dados, sendo disponibilizadas diversas bases como a delimitação do Brasil, estados, municípios, biomas e solos, entre outros no IBGE; cursos d'água, modelo digital de elevação (MDE), nascentes, outorgas e uma riquíssima gama de dados de Minas Gerais no IDE-SISEMA; variadas pesquisas, dados e tecnologias do segmento agropecuário na EMBRAPA; e imagens de satélite dos programas CBERS e TOPODATA no INPE.

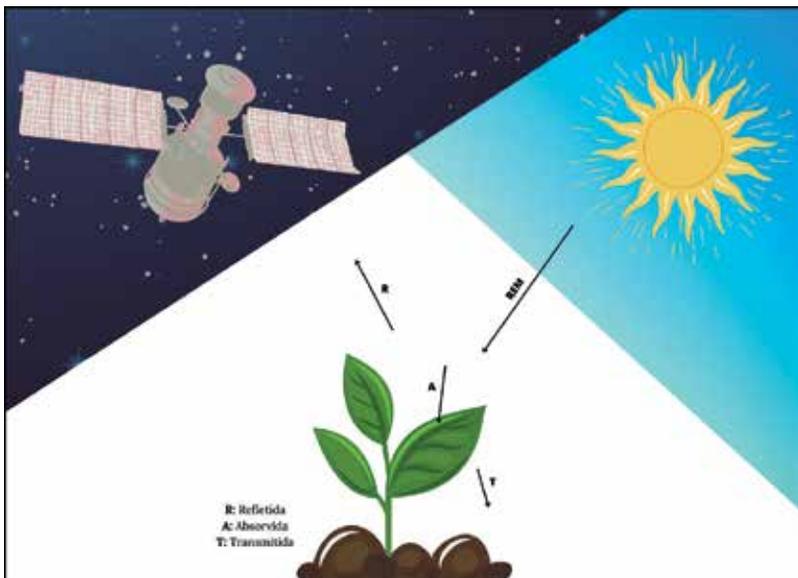
6.1. Sensoriamento Remoto

Os sensores remotos captam a energia refletida pelos objetos, nos diferentes espectros da Radiação Eletromagnética (REM), que carregam informações de acordo com cada comportamento de reflectância do objeto. “O sensoriamento remoto pode ser entendido como a técnica que utiliza sensores, sem contato direto com o objeto de interesse, para a obtenção de informações por meio da captação de sua REM refletida e/ou emitida” (VILLAR; ROSAS; PINTO, 2021, p. 42).

O sistema de sensoriamento remoto depende de um sistema de plataforma com um sensor, o objeto de observação e da energia refletida.

Toda matéria reflete, absorve, transmite ou emite a REM de acordo com suas próprias características físico e químicas; como, por exemplo, a folha vegetal que por sua clorofila absorve na faixa do visível os comprimentos de onda azul e vermelho, sendo transmitido aos olhos humanos como verde.² Ao atingir um objeto, a interação da energia com o alvo é fracionada: absorvendo, transmitindo e refletindo; a intensidade variando de acordo com o comprimento de onda e das propriedades físico-químicas do alvo (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 123).

Figura 06: Ilustração das propriedades das REM's em um objeto



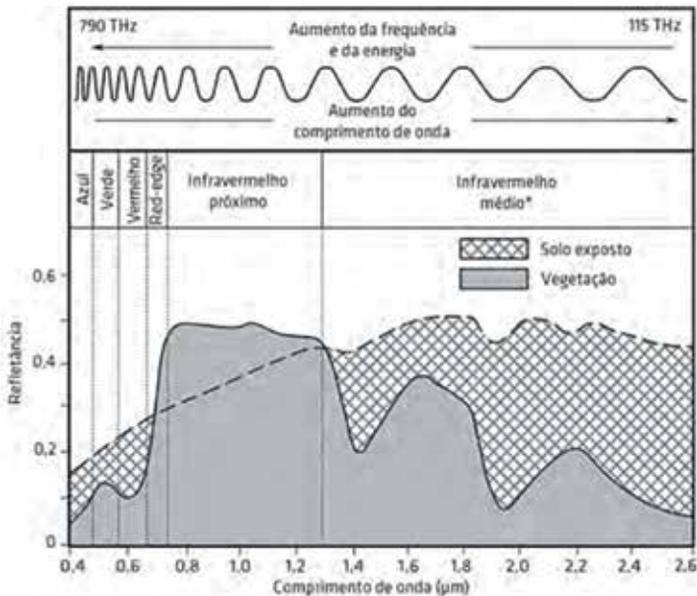
Fonte: BARROS, Sarah, 2023.

2 (FORMAGGIO; SANCHES, 2017, p. 59)

“Na região óptica, a variável de interesse para o sensoriamento remoto é a reflectância da energia solar, representada pela razão entre o fluxo de radiação que incide numa superfície e o fluxo de radiação que é refletido por ela” (FORMAGGIO; SANCHES, 2017, p. 61). Ou seja, a luz solar incide num alvo e esta é refletida de volta ao sensor, na região do visível e do infravermelho.

A energia eletromagnética é carregada pelo espaço através de ondas de comprimentos diferentes, “caracterizada por suas cristas, pode variar de uma fração de nanômetro até vários metros; quanto menor o comprimento de onda, maior é sua frequência e maior a sua energia” (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 122).

Figura 07: “Comportamento espectral típico do solo exposto e vegetação nas diferentes regiões do espectro eletromagnético”



Fonte: (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 122)

Na figura o espectro visível e o infravermelho estão compreendidos por ondas curtas entre 400 nm e 2.500 nm (FORMAGGIO; SANCHES, 2017, p. 67), ou 0,4μm e 2,5μm (micrômetros).

As interações de trocas de energia da REM com os materiais vão depender de sua constituição e comportamento na absorção e reflexão da luz, “sendo que cada comprimento de onda carrega uma específica e única quantidade de energia e cada átomo ou molécula tem seus específicos níveis ou estados de energia” (MENEZES; ALMEIDA, 2012, p. 65 apud. FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Nesse comportamento quântico haverá a contribuição para formar a assinatura espectral característica do material refletido, de acordo com a interação entre a energia e matéria; pois, “assim como cada assinatura humana é única e exclusiva, também cada curva espectral, em tese, caracteriza um específico material” (FORMAGGIO; SANCHES, 2017, p. 65). Portanto, é possível identificar diferentes elementos pelo seu comportamento espectral.

Para detectar os comprimentos de onda nos diferentes espectros eletromagnéticos são necessárias câmeras multiespectrais, que podem mensurar diferentes bandas, como por exemplo, a câmera WPM do satélite CBERS 4A, que captura o Red, Green e Blue (RGB), e o infravermelho próximo (NIR).

Dentre as diferentes resoluções, a resolução radiométrica “é relacionada à sensibilidade dos sensores em determinada banda espectral. Essa característica pode ser definida como a intensidade de radiação mínima que pode ser diferenciada pelo sensor” (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015, p. 126). A resolução espacial se determina na quantidade de pixels e o tamanho dos mesmos; assim, o tamanho do pixel definirá o tamanho mínimo dos objetos que será possível identificar na imagem. Um pixel abrangendo uma área de 8 m², terá uma resolução inferior a uma imagem com pixel de 2 metros de resolução, nesse último, sendo possível melhor visualização e nível de detalhamento.

Há ainda as resoluções espectral e temporal, respectivamente, a câmera imageadora trabalhará em diferentes bandas do espectro eletromagnético, capturando o alvo em diferentes comprimentos de onda; já a temporal, faz referência ao tempo de revisita do satélite ao mesmo local mapeado anteriormente, que depende do seu ciclo orbital. É útil, por exemplo, a produtores que querem verificar o desempenho temporal da sua plantação ou sistema de irrigação; porém, é preciso observar o intervalo de tempo que levará para o tempo de revisita e também está sujeito às condições climáticas, já que em algum período de revisita, pode-se ter má visualização da região por causa das nuvens. Esse problema pode ser contornado com os veículos aéreos não tripulados (VANTS).

6.1.1. Sensores

A medida que os sensores evoluem para equipamentos mais compactos e eficientes, são embarcados nos RPA's para as mais diversas finalidades:

Hiperespectral - Captura imagens em diferentes faixas espectrais. Usado para determinação de composição físico-química de vegetais, solo e rochas expostas.

Multiespectral - Captura múltiplas imagens em faixas espectrais específicas voltadas para identificação de vegetação e solo.

Infravermelho Térmico - Captura imagens diferenciando objetos por diferença térmica. Usado para diferenciar objetos através do calor empregado em vigilância por oferecer visão noturna.

Lidar - Captura imagens através de pulsos laser. Mapeia a superfície dos objetos criando imagens tridimensionais de alta precisão (Modelo digital de terreno: MDT).

RGB - Captura imagens em altíssima resolução e baixa distorção. Vídeos e fotos com cores reais.

Figura 08: Ilustração de sensores

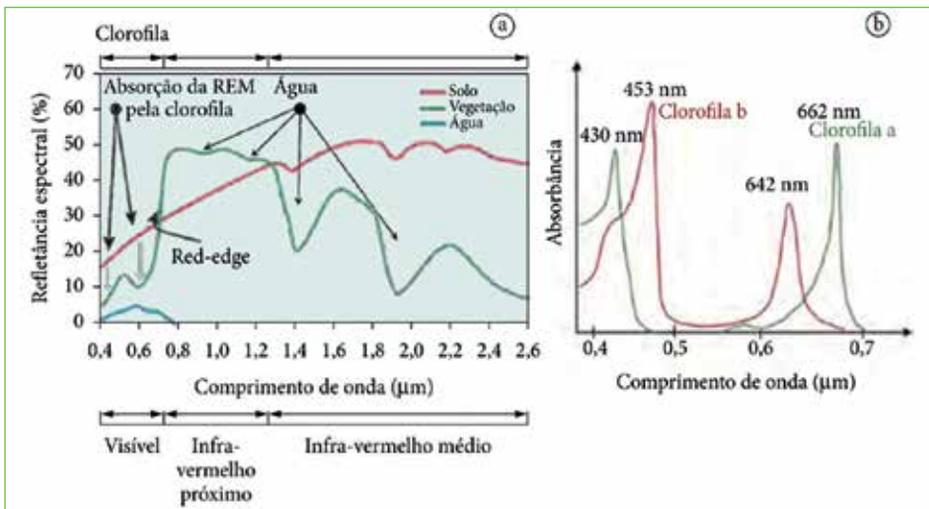


Fonte: Adaptado de catálogos de sensores comerciais: Astro32, Micasense, DJI, Garmin e Parrot

Os índices agrônômicos de vegetação (IAV) são baseados nas propriedades da reflectância em cada faixa do espectro eletromagnético. Os IAV são formados pela combinação de bandas espectrais em especial as faixas do visível e do infravermelho próximo (NIR). A resposta espectral da vegetação saudável é indicado fundamentalmente pela clorofila, que reflete todo o espectro visível,

mas tem seu ápice na faixa da luz verde (500-600 nm), e cuja absorção é máxima nas faixas espectrais da luz azul (400-500 nm) e da luz vermelha (600-700 nm).

Figura 09: Ilustração das assinaturas espectrais dos elementos Solo, Vegetação e água



Fonte: EMBRAPA, Agricultura de Precisão – Resultados de um Novo Olhar, 2014

As clorofilas a e b regulam o comportamento espectral da vegetação de maneira mais significativa em comparação com outros pigmentos. A faixa do NIR (750-1300 nm), a planta reflete de 30% a 80% dos raios incidentes.

Inúmeros IAV já foram desenvolvidos para diferentes finalidades. Pesquisadores no mundo inteiro usam as características de absorção associadas com constituintes bioquímicos para avaliar as culturas em estudo. Assim, diferentes índices são utilizados na agricultura e são otimizados para avaliar um processo de interesse. Por exemplo, alguns índices espectrais foram propostos para capturar os processos fotoquímicos associados com a atividade da fotossíntese, enquanto que outros foram projetados para obter o índice de área foliar (IAF).

Inúmeros IAV já foram desenvolvidos para diferentes finalidades. Pesquisadores no mundo inteiro usam as características de absorção associadas com constituintes bioquímicos para avaliar as culturas em estudo. Assim, diferentes índices são utilizados na agricultura e são otimizados para avaliar um processo de interesse. Por exemplo, alguns índices espectrais foram propostos para capturar os processos fotoquímicos associados com a atividade da fotossíntese, enquanto que outros foram projetados para obter o IAF.

Tabela 01: Índices espectrais

Descrição	Índice	Referência
Características Estruturais		
SR (<i>Simple Ratio</i>)	$SR = R_{NIR} / R_R$	Birth e McVey (1968)
NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>)	$NDVI = (R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R)$	Rouse et al. (1974)
GRVI (<i>Green-Red Vegetation Index</i>)	$GRVI = (R_G - R_R) / (R_G + R_R)$	Tucker (1979)
SAVI (<i>Soil Adjusted Difference Vegetation Index</i>)	$SAVI = (1 + L)(R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R + L)$	Huete (1988)
SARVI (<i>Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index</i>)	$SAVI = \frac{(1 + L) \left[(R_{NIR} - (R_R - \gamma(R_B - R_R))) \right]}{[L + R_{NIR} + (R_R - \gamma(R_B - R_R))]}$	Kaufman e Tanre (1992)
MSAVI (<i>Modified SAVI</i>)	$MSAVI = \frac{1}{2} \left[2R_{NIR} + 1 - \sqrt{(2R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_R)} \right]$	Qi et al., 1994
RDVI (<i>Renormalized Difference Vegetation Index</i>)	$RDVI = \sqrt{(R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R)}$	Roujean e Breon (1995)
EVI (<i>Enhanced Vegetation Index</i>)	$EVI = 2,5(R_{NIR} - R_R) / (1 + R_{NIR} + 6R_R - 7,5R_B)$	Huete et al. (1997)
OSAVI (<i>Optimized SAVI</i>)	$OSAVI = (1 + 0,16)(R_{NIR} - R_R) / (R_{NIR} + R_R + 0,16)$	Rondeaux et al., 1996
MSR (<i>Modified SR</i>)	$MSR = \left[(R_{NIR} / R_R) - 1 \right] / \sqrt{1 + (R_{NIR} / R_R)}$	

Fonte: EMBRAPA, Agricultura de Precisão – Resultados de um Novo Olhar, 2014

6.1.2. Aplicações com VANTs e Satélites na agricultura de precisão

O termo Agricultura de Precisão surgiu nos EUA na Universidade da Florida 1992. Agricultura de Precisão (AP) é o ato de gerenciar as lavouras, considerando variabilidade espacial e temporal, tirando proveito (econômico e ambiental) de sua desuniformidade, sempre que forem relevantes (J. P. Molin - Esalq).

Por conceito, os agricultores sempre, de alguma forma, aplicaram AP em suas propriedades, dividindo áreas e locais de produção agropecuária e reserva. O que muda é que hoje dispomos de ferramentas avançadas para realizá-la.

Os fundamentos da AP podem ser empregados no dia-a-dia das propriedades pela maior organização e controle das atividades, dos gastos e produtividade em cada área.

O emprego da diferenciação já ocorre na divisão e localização das lavouras dentro das propriedades, na divisão dos talhões ou piquetes, ou simplesmente, na identificação de “manchas” que diferem do padrão geral. A partir dessa divisão, o tratamento diferenciado de cada área é a aplicação do conceito de AP.

O uso de VANT's na espacialização das atividades agropecuárias na Unidade Produtiva, promove a melhoria da gestão em todos os níveis. A adoção do georreferenciamento por drones, capacita o produtor para implementação de novos critérios de produção.

Aliado a automação a AP racionaliza o uso de insumos e mão-de-obra, diferencia produtos, aprimora a sustentabilidade da atividade e promove a fixação de jovens no campo. Portanto, tecnologia, planejamento e gerenciamento são os fundamentos da Agricultura de Precisão.

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) na agricultura foi um grande salto para melhoria dos mapeamentos. Seu emprego é complementar ao mapeamento feito com imagens de satélites, trazendo ao processo a melhoria da precisão, da temporalidade da captura e do melhor custo-benefício.

Os drones possibilitam a flexibilidade de uso quando necessário, não dependendo da temporalidade orbital dos satélites e com um detalhamento na resolução espacial dependente da qualidade da câmera, altura de voo e estabilidade no ar.

Seu uso se dá de forma recreativa e profissional, com regras estabelecidas de acordo com cada país, seguindo as orientações da International Civil Aviation Organization (ICAO). A organização classifica os drones em três categorias: Remotely piloted aircraft (RPA), aeromodelos e equipamentos autônomos. Os dois primeiros permitem intervenção no voo a qualquer momento, possuindo uma estação remota de controle; os equipamentos autônomos não permitem intervenção após o início do voo (AMARAL, et. al. 2021).

No Brasil, a regulamentação se dá por três órgãos oficiais, sendo eles o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

De acordo com a ANAC, é proibida a operação autônoma, os aeromodelos são de uso recreativo e faz-se uso do RPA para diferentes fins civis e profissionais.

São diversas as regras para a pilotagem remota do drone, que podem ser conferidas no link <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>>. Dentre os requisitos, também são descritas as condições visuais de operação dos voos: a Operação em linha de visada visual (VLOS) “significa a operação em condições meteorológicas visuais (VMC), na qual o piloto, sem o auxílio de observadores de RPA, mantém o contato visual direto (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos)” (ANAC, 2023); a Operação em Linha de Visada Visual Estendida (EVLOS) também necessita estar em VMC, porém, permite ao operador o auxílio de assistência de outro observador para visualizar o drone no ar, ainda sem uso de equipamentos ou lentes; sendo a Operação Além da Linha de Visada Visual (BVLOS), mesmo com a ajuda de observadores, não se consegue visualizar o VANT. É necessário verificar o tipo de autorização do drone, para entender em qual tipo de operação visual é possível sua circulação.

Todos os pilotos remotos e observadores de RPA devem ser maiores de 18 anos e são responsáveis por manter o drone a pelo menos 30 metros de distância segura de pessoas não envolvidas na operação, de modo que não coloque em risco a segurança e vida. Considerando o princípio da autonomia, a ANAC permite que não anuentes escolham estar a um limite inferior ao estabelecido, desde que expressem essa vontade; porém, àqueles que optarem por permitir essa anuência, assumem completamente as responsabilidades de eventuais perigos.

Fica expressamente proibida a carga de animais, pessoas e artigos perigosos; porém, essa última não se aplica quando destinado a lançamentos de atividade agrícola, de horticultura e florestal, dentre outros.

Atualmente, os drones são os multi-rottores, rotor único e de asa fixa, o multi-rotor e de asa fixa sendo muito usados na aplicação de insumos em produções agrícolas, sendo denominados de drones pulverizadores. É possível fazer o mapeamento da área com a câmera multiespectral, conferir o NDVI e verificar as áreas em que a saúde da planta está comprometida; após as verificações, sendo atestada a necessidade de pulverização, o drone pode entrar em ação com a aplicação de insumos.

Aplicação de VANTs e/ou Satélites para mapeamento, apesar do que muitos imaginam, não são atividades diretamente concorrentes, na maioria das vezes são complementares. Visto que os satélites necessitam de condições livres de nebulosidade para captura de imagens.

Uso do Vant permite:

- detalhamento espacial de até 5 cm;
- análise espectral com correção imediata da luz solar;
- alta resolução temporal - velocidade na aquisição das imagens e sempre atuais;
- 200 m altitude e 3D (Altitude regulamentada pela Anac).

Uso do Satélite

- permite mapear grandes áreas;
- imagens de resolução 5m - menor custo de captura (Rapideye);
- análises espectrais em grandes áreas;
- 800 km de altitude.

A agricultura de precisão é transversal a todas as áreas de conhecimento agrônomo, dessa forma a atuação visa a aprimorar a qualidade dos serviços com o uso de ferramentas modernas (drone, imagens de satélite, sensores, softwares e aplicativos). A maior oferta de serviços especiais, como o mapeamento com a plataforma VANT, geram receita e desenvolvem a extensão rural, abrangendo desde agricultores familiares até empresários do setor rural.

Planejamento de vôo

O mapeamento aéreo para agricultura pode ser dividido em cinco etapas, sendo:

- Definição da missão com o cliente;
- Planejamento completo para a execução do serviço;
- Realização da coleta/captura das imagens;
- Processamento das imagens para a geração das bases cartográficas; e
- Produção dos produtos agrônômicos para a aplicação no campo.

Softwares mais avançados de planejamento de voo, permitem ao usuário simular a missão a ser executada. Isso permite corrigir falhas de cobertura da área alvo ou mesmo, no casos de voo autômato, simular decolagens e principalmente pousos.

Planejamento de voo pode ser feito por aplicativos dos fabricantes ou desenvolvidos para drones de diversas configurações:

- Software eMotion AG Sensefly
- Drone Deploy
- DJI Ground Station Pro
- Skydrones
- Precision Flight
- Mission Planner
- Pix4D Capture

Figura 10: Tela de app's para planejamento de vôo



Emotion Aa Sensefly



Drone Deploy



Mission Planner



Skydrones



Precision Flight



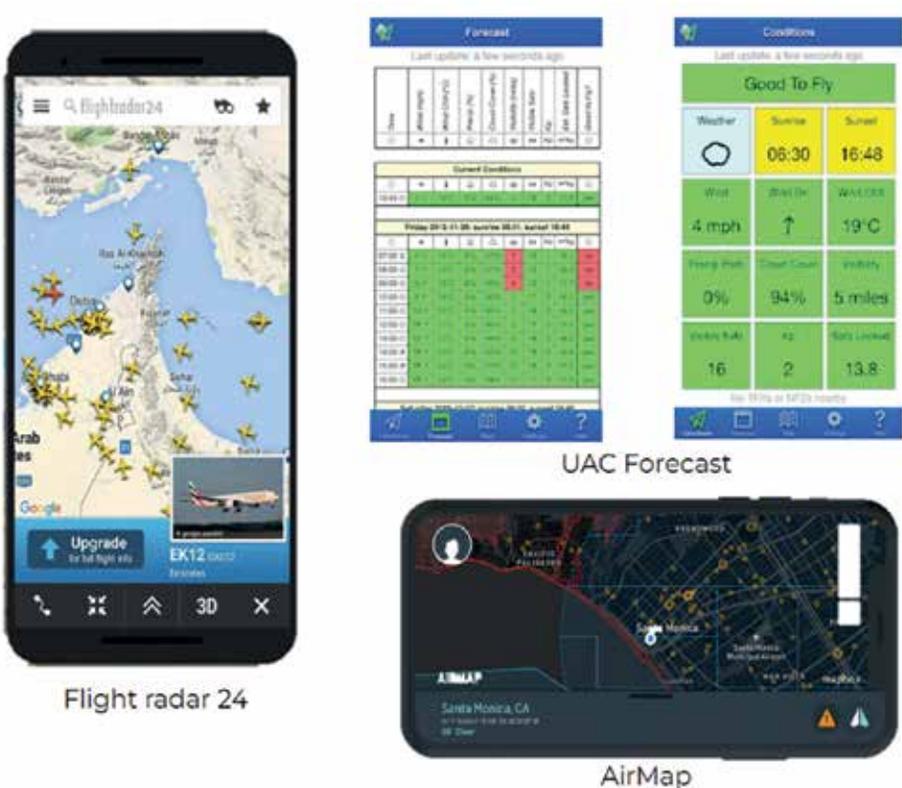
DJI Ground Station Pro

Fonte: Print de Tela de Aplicativos - Apresentações de MARQUES, P. A. S - 2020

Para imagens de qualidade é necessário checar a previsão do tempo para o local e dia do voo e verificar se as condições climáticas são ideais. Saber sobre a nebulosidade, se pode chover, velocidade e direção do vento são itens obrigatórios. Segue alguns aplicativos:

- UAV Forecast
- AirMap
- IcarusRPA
- Hover
- Flightradar24

Figura 11: Tela de app's para checagem de condições de vôo



Fonte: Print de Tela de Aplicativos – Apresentações de MARQUES, P. A. S - 2020

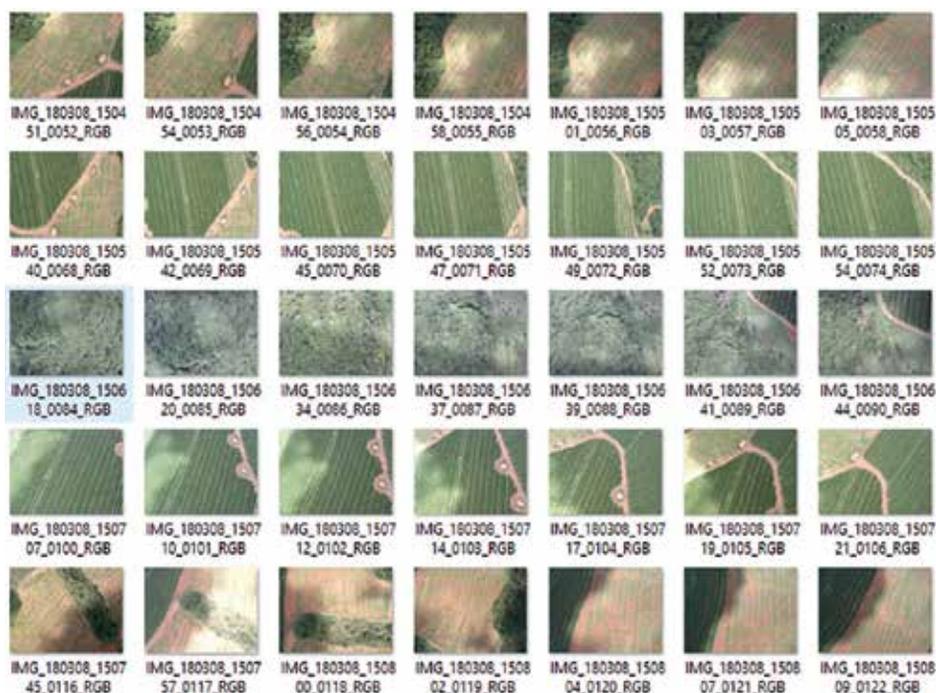
Obs: Os melhores aplicativos de plano de voo, também fornecem estas informações.

Processamento e tratamento das imagens

O mapeamento aéreo com drones é uma das principais áreas de aplicações para esses equipamentos tecnológicos, porém para realizar esse tipo de serviço, além da utilização de drones e câmeras de última tecnologia, também é necessário a utilização de softwares de processamento das imagens capturadas com os drones.

Um software de processamento de imagens aéreas é utilizado para que a partir das imagens aéreas capturadas com drones ou aviões, gerando uma base cartográfica do terreno de interesse. Essa base cartográfica é composta por três principais produtos: Mosaico de Ortofoto, Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital de Terreno (MDT).

Figura 12: Imagens de aéreas



Fonte: Print de Tela – Apresentações de MARQUES, P. A. S - 2019

Mosaico de Ortofoto

Em um projeto de mapeamento aéreo com Drones são capturadas diversas imagens. Utilizando um software de processamento de dados, estas imagens

são unificadas em uma única imagem cobrindo toda área de interesse. Esta imagem é georreferenciada, ou seja, cada pixel da imagem possui suas coordenadas conhecidas possibilitando a realização de medidas nesta imagem.

Figura 13: Mosaico de ortofoto



Fonte: Print de Tela Google Earth – Apresentações de MARQUES, P. A. S - 2018

Ortomosaico Digital

De maneira simples, este produto é a realidade virtual do terreno projetada em escritório, ou seja, é o modelo 3D do terreno. Quando processamos as imagens aéreas e geramos os produtos cartográficos, basicamente estamos atribuindo coordenadas (X, Y e Z) para cada pixel na imagem, com isso cada pixel terá uma altura que é representada pela coordenada Z, tornando possível modelar o terreno.

Modelo Digital de Superfície (MDS)

O MDS considera todos objetos que estão sobre a área. Em regiões onde possui muitos objetos no solo, como em áreas urbanas podem acarretar distorções no mosaico prejudicando o produto final.

MDS é mais utilizado para planejamento de estruturas e cálculos de volume.

Modelo Digital do Terreno (MDT)

Este é um produto derivado do MDS, ou seja, primeiro é gerado o MDS e após um processo chamado filtragem é gerado o MDT. Este processo é realizado para filtrar os objetos acima do solo como prédios, casas, árvores, carros, pessoas, etc., após a filtragem temos apenas o terreno de fato, pois, não podemos gerar as curvas de nível por exemplo em cima de casas, prédios, etc. O MDT é o produto utilizado para representar os dados altimétricos (coordenada Z), ele representa a declividade do terreno, a partir dele é gerado um produto bem conhecido por quem trabalha com a topografia que são as curvas de nível. Através destes produtos são realizados projetos de cálculo de volume, corte e aterro, movimentações de terras, etc.

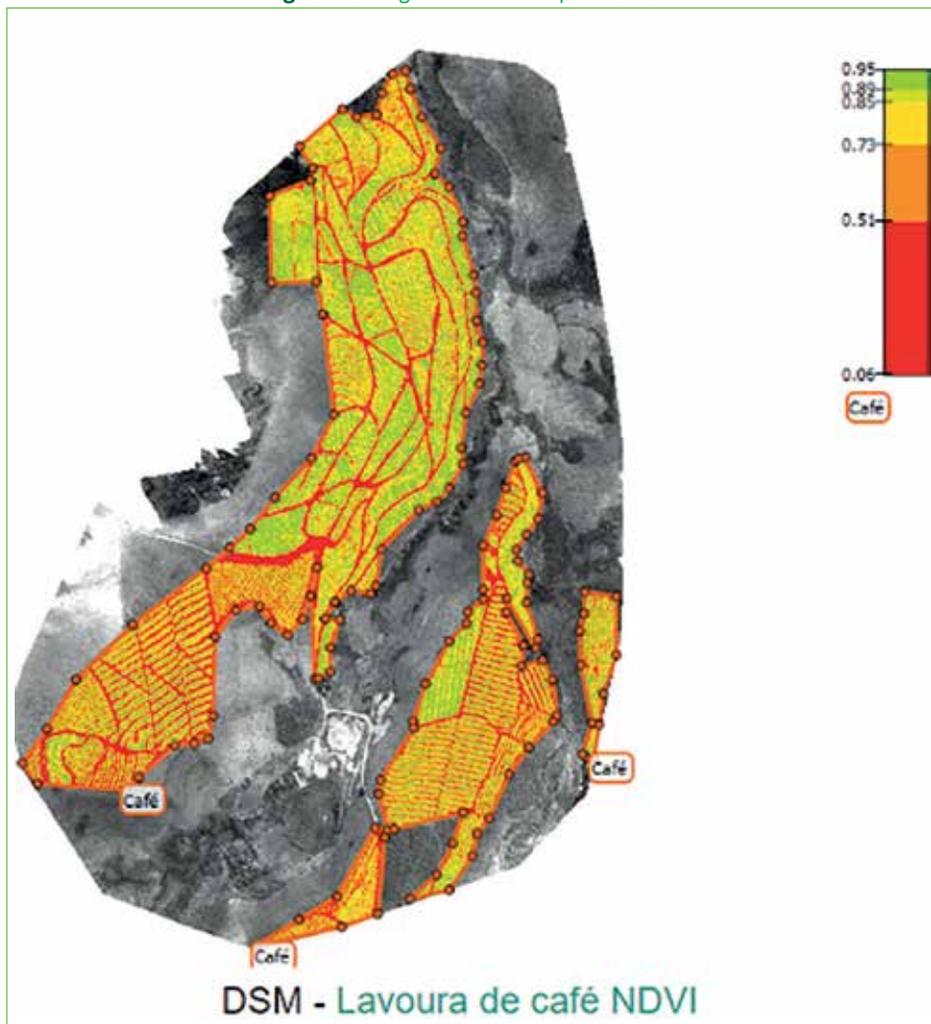
Assinaturas espectrais

Diferentes tipos de superfície, como a água, o solo descoberto ou a vegetação, refletem a radiação de forma diferente em vários canais. A radiação refletida em função do comprimento de onda é denominada assinatura espectral da superfície.

A assinatura espectral é a intensidade relativa com a qual um alvo (uma folha, por exemplo) reflete ou emite a radiação eletromagnética incidente sobre ela nos diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético.

A vegetação apresenta uma reflexão consideravelmente alta no canal 4 de infravermelhos próximos e uma baixa reflexão no canal 3 de infravermelhos visíveis (ver gráfico).

Figura 14: Imagem de índice espectral NDVI



Fonte: Print de Tela de Mosaico PIX4D – Apresentações de MARQUES, P. A. S - 2018

Softwares de processamento

O Pix4d Mapper Pro é um software suíço que tem caído nas graças dos usuários, um dos principais motivos é que este software recebe diversas atualizações, novas funções são lançadas constantemente com foco na usabilidade e soluções específicas para nichos de mercados como mineração, agricultura de precisão, meio ambiente, construção civil, arqueologia, etc.

Agisoft PhotoScan é o primeiro software do mercado para processamento de dados provenientes de Drone. Ele é um software russo que já era utilizado para modelagem 3D, o foco do software era a fotogrametria terrestre e geração de modelos tridimensionais de prédios, estátuas, monumentos, etc.

Uma alternativa ao processamento local de imagens, como já explicamos anteriormente, são as plataformas de processamento em nuvem. Neste caso as imagens são enviadas (upload) para servidores que processam de acordo com a necessidade.

- Processamento avançado de dados de nuvem de pontos
- Manipulação de modelos digitais de terrenos (MDTs) dimensionáveis
- Processamento raster
- Fluxo de trabalho híbrido, combinando imagens raster e vetorizadas
- Ferramentas para retificar imagens e produzir textura 3D
- Processamento de imagens espectrais

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, et. al. Aplicação de drones na agricultura. Separata de: BORÉM, et al. **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. cap. 4, p. 42-50. ISBN 978-65-86235-37-1.

AMARAL, Lucas Rios do; FIGUEIREDO, Gleyce Kelly Dantas. Geoprocessamento Aplicado ao Gerenciamento de Lavouras. Separata de: BORÉM, et al. **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. cap. 5, p. 51-65. ISBN 978-65-86235-37-1.

BENARDI, A. C. de C. et. al., editores técnicos. Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar Brasília, DF: 596 p. ; ed. II. Embrapa, 2014.

FORMAGGIO, Antonio Roberto; SANCHES, Ieda Del’Arco. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. ISBN 978-85-7975-277-3.

GIOVANINI, Adenilson. **Semiologia Gráfica**: Origem e variáveis visuais. 2019. Disponível em: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/semiologia-grafica-aplicada-e-cartografia-tematica/>. Acesso em: 19 jun. 2023

MOLIN, José Paulo e AMARAL, Lucas Rios do e COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ROSA, Roberto. **Introdução ao Geoprocessamento**. Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia. Jun. 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5551878/mod_resource/content/2/Apostila_Geop_rrosa.pdf. Acesso: 07 mar. 2023

The European Space Agency. **Earth Explorers The Earth’s True Shape**. 2010. Fotografia. Disponível em: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2010/04/Earth_Explorers_The_Earth_s_true_shape. Acesso em: 19 Jun. 2023

VILLAR, Flora; ROSAS, Jorge; PINTO, Francisco. Imagens e sensoriamento remoto aplicado à gestão agrícola. Separata de: BORÉM, et al. **Agricultura Digital**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. ISBN 978-65-86235-37-1.





EMATER
Minas Gerais

AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

CIÊNCIAS AGRÁRIAS