



# Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 2

Leonardo Tullio  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**LEONARDO TULLIO**

(Organizador)

**Aplicações e Princípios do  
Sensoriamento Remoto  
2**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento remoto; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-48-2

DOI 10.22533/at.ed.482180110

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

No Volume II da obra “Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto” trazemos até você os mais diversos trabalhos da área, contando agora com 22 capítulos inéditos. Vimos a importância deste tema no Volume I e agora esperamos contribuir significativamente com outras aplicações em diversas áreas de atuação.

Percebemos que os avanços tecnológicos substituem algumas formas de agir e pensar, de maneira instantânea e a níveis de confiança altíssimos. Assim a contribuição e os avanços nas pesquisas são favorecidos com o uso de softwares aplicados ao Sensoriamento Remoto. Visto a necessidade de programas computacionais específicos para análise conjunta de dados sobre a imagem e de maneira rápida, percebemos a significativa atuação da tecnologia neste meio.

Neste sentido, ressaltamos a importância do conhecimento específico e aplicado, pois a tecnologia analisa a partir de comandos, porém, a análise e a definição do certo ou errado ainda está na dependência do operador, que exige conhecimento em sua realização. Aplicações práticas e com resultados significativos são fundamentais para o sucesso de uma pesquisa, a classificação seja ela supervisionada ou não, garante a interpretação fiel da realidade estudada. Porém, refinar as técnicas de análise e comparar os resultados são importantes.

Contudo, ressaltamos a necessidade do conhecimento avançado sobre o que se propõe a estudar e qual método mais adequado, pois a interação dos dois reflete a confiança e qualidade do resultado. Portanto, a busca por conhecimento é insaciável e nos faz aprender a cada capítulo desta obra.

Por fim, desejo bons estudos e muito conhecimento adquirido com as informações e resultados trazidos nos capítulos desta obra.

Leonardo Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DA PAISAGEM ATRAVÉS DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA UM ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SERRA DO NAVIO-AP	
<i>Érica Patrícia Viegas dos Santos</i>	
<i>Dário Rodrigues de Melo Junior</i>	
<i>Olavo Rodrigues Fagundes Neto</i>	
<i>Tasso Wesley Galeno Barreto</i>	
<i>Patrícia Helena Turola Takamatsu</i>	
<i>Fabiano Luís Belém</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DAS GEOFORMAS FLUVIAIS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE COM O AUXÍLIO DE IMAGENS ORBITAIS LANDSAT 8 - LINHARES, ES	
<i>Andressa Padovani Gil</i>	
<i>André Luiz Nascentes Coelho</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA ÁREA E ENTORNO DO PARQUE MUNICIPAL DUNAS DE ABRANTES, CAMAÇARI - BAHIA	
<i>Luiz Felipe Moura Bastos Borges</i>	
<i>Desiree Alves Celestino Santos</i>	
<i>Fábia Antunes Zaloti</i>	
<i>Saulo Medrado dos Santos</i>	
<i>Dária Maria Cardoso Nascimento</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, MG: UMA PROPOSTA PARA MELHOR ENTENDIMENTO DOS LIMITES E DA DINÂMICA ESPACIAL DAS SUPERFÍCIES EROSIVAS	
<i>Samia de Moura Passarella</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>54</b>
ASSIMILAÇÃO DE DADOS COM O MÉTODO LETKF NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE: A IMPORTÂNCIA DAS OBSERVAÇÕES DE SATÉLITE	
<i>Leonardo Nascimento Lima</i>	
<i>Luciano Ponzzi Pezzi</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>69</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE WUNDERLICHIA AZULENZIS	
<i>Alline Zagnoli Villela Motta</i>	
<i>Sollano Rabelo Braga</i>	
<i>Alessandra Morais Melo</i>	
<i>Nathalia Drummond Marques da Silva</i>	
<i>Cristiano Christofaro</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM EM SOROCABA (SP)	
<i>Darllan Collins da Cunha e Silva</i>	
<i>Deborah de Matos</i>	
<i>Renan Angrizani de Oliveira</i>	
<i>Vanessa Cezar Simonetti</i>	
<i>Roberto Wagner Lourenço</i>	



**CAPÍTULO 8 ..... 94**

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO À GCP'S EM MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO COM USO DE VANT

*José Adriano da Silva*  
*Vinicius Bitencourt Campos Calou*  
*Adunias dos Santos Teixeira*  
*Daniel Albiero*

**CAPÍTULO 9 ..... 105**

CORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (NDVI, NDWI E EVI) DE IMAGEM LANDSAT-8 COM ATRIBUTOS DO SOLO

*Barbara de Oliveira Sousa Castro*  
*Anderson Antonio da Conceição Sartori*  
*Flávia Luize Pereira de Souza*  
*Letícia Albano Benites*

**CAPÍTULO 10 ..... 117**

DESENVOLVIMENTO DE UM VANT DO TIPO QUADROTOR TOTALMENTE AUTÔNOMO DE ALTA PRECISÃO PARA SENSORIAMENTO REMOTO DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO POR CÂMERA MULTIESPECTRAL GEORREFERENCIADA

*Thiago Vieira Nogueira Coelho*  
*Lucas Moraes*  
*Rafael Falcí Campos*  
*Luis Carlos Carmo Jr.*  
*Daniel Discini Silveira*  
*André Luis Marques Marcato*  
*Alexandre Bessa dos Santos*

**CAPÍTULO 11 ..... 134**

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ALVOS PRÉ-SINALIZADOS PARA APOIAR LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS REALIZADOS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

*Glauber Carvalho Costa*  
*Igor de Carvalho Almeida*  
*Rafael Claudino da Silva*  
*Rafael Bazílio Viana*

**CAPÍTULO 12 ..... 144**

ESTUDO SOBRE O EMPREGO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO E ELEVAÇÃO, GERADOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL, PERFILAMENTO A LASER AÉREO, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 E WORLDDDEM, COM ÊNFASE EM PROJETOS VIÁRIOS

*Glauber Carvalho Costa*  
*Igor de Carvalho Almeida*  
*Rafael Claudino da Silva*  
*Rubens José Souza Galvão*  
*Rafael Bazílio Viana*

**CAPÍTULO 13 ..... 155**

FRONTEIRA AGRÍCOLA E A ESTRUTURA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIO RIACHÃO – OESTE DA BAHIA

*Crisliane Aparecida Pereira dos Santos*  
*Edson Eyji Sano*  
*Pablo Santana Santos*

**CAPÍTULO 14 ..... 165**

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À OCUPAÇÃO IRREGULAR POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO BAIRRO DE GRAMAME, EM JOÃO PESSOA – PB

*Erickson Melo de Albuquerque*  
*Cícero Fidelis da Silva Neto*  
*Marcos Leonardo Ferreira dos Santos*

**CAPÍTULO 15..... 175**

ÍNDICES TEXTURAIS DAS ÁREAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA FLONA DO TAPAJÓS (PARÁ), UTILIZANDO IMAGENS DE MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL FUSIONADAS.

*Marília Gabriela Lopes da Silva*  
*Tássio Franco Cordeiro*  
*Rodrigo Rafael Sousa de Oliveira*  
*Igor da Silva Narvaes*  
*Alessandra Rodrigues Gomes*  
*Marcos Adami*  
*Lucas José Mazzei de Freitas*  
*Dalton de Morisson Valeriano*

**CAPÍTULO 16..... 190**

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA APOIAR RESPOSTAS A EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS: A EXPERIÊNCIA DA UNIDADE ESTADUAL DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE AS INUNDAÇÕES DE 2015 NA BACIA DO RIO ACRE – ACRE/BRASIL

*Alan dos Santos Pimentel*  
*Vera Lúcia Reis*  
*Ylza Marluce Silva de Lima*  
*Luiz Alves dos Santos Neto*  
*Diana de Souza Bezerra*  
*Tatiane Mendonça de Lima*  
*Irving Foster Brown*

**CAPÍTULO 17 ..... 201**

INDICAÇÃO ESTATÍSTICA DE ÁREAS DE GARIMPO DE AMETISTA COM O USO DE IMAGENS ASTER

*Jean Marcel de Almeida Espinoza*  
*Deivid Cristian Leal Alves*  
*Silvia Beatriz Alves Rolim*  
*Jefferson Rodrigues dos Santos*  
*Maurício Soares Ortiz*  
*Miguel da Guia Albuquerque*

**CAPÍTULO 18..... 213**

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGENS NO TRIÂNGULO MINEIRO-MG

*Jorge Luís Silva Brito*  
*Roberto Rosa*  
*Mirna Karla Amorim da Silva*

**CAPÍTULO 19..... 222**

MÉTRICAS DE PAISAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR MEIO DA FUSÃO DA IMAGEM CBERS 4

*Caroline Bessi Fávero*  
*Anderson Antonio da Conceição Sartori*  
*Sidnei Fonseca Guerreiro*  
*Victor Munhoz Ruiz*  
*Rosane Maria Kaspary*  
*Martha Santana Martins*

**CAPÍTULO 20..... 240**

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA, NORTE DA AMAZÔNIA

*Maristela Ramalho Xaud*  
*Cláudia Maria de Almeida*  
*Haron Abraham Magalhães Xaud*

**CAPÍTULO 21..... 254**

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

*Gabriella Santos Arruda de Lima*

*Nilson Clementino Ferreira*

**CAPÍTULO 22..... 265**

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO SWAT PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A REGIÃO DE PETROLINA, ESTADO DE PERNAMBUCO

*Teônia Casado da Silva*

*Madson Tavares Silva*

*Danielle Teixeira Alves da Silva*

*Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão*

*Eduardo da Silva Margalho*

**SOBRE O ORGANIZADOR .....274**



## ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ALVOS PRÉ-SINALIZADOS PARA APOIAR LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS REALIZADOS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

### **Glauber Carvalho Costa**

Maia Melo Engenharia

Recife – Pernambuco

Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP

Recife – Pernambuco

### **Igor de Carvalho Almeida**

Maia Melo Engenharia

Recife – Pernambuco

### **Rafael Claudino da Silva**

Maia Melo Engenharia

Recife – Pernambuco

### **Rafael Bazilio Viana**

Maia Melo Engenharia

Recife – Pernambuco

**RESUMO:** A utilização de veículos aéreos não tripulado (VANT) para trabalhos de mapeamento, cresce anualmente no mercado de levantamento topográfico, sobretudo impulsionado pela oferta de novos equipamentos de custo mais acessível e de fácil manuseio operacional, entretanto ainda existe uma carência de trabalhos que comprovem definitivamente sua eficácia e confiabilidade quanto a precisão dos resultados alcançados, como também estudos que possam contribuir na melhora do seu desempenho posicional e altimétrico. Uma alternativa para otimizar o desempenho planialtimétrico dos resultados do levantamento topográfico utilizando VANT,

sobretudo em áreas onde é escasso ou inexistem pontos fotointerpretáveis como apoio a pontos de checagem a amarração, seria a implantação de marcos pré-sinalizados com coordenadas coletadas a partir de receptores GNSS geodésico e nível eletrônico. Os marcos implantados servem para apoiar as etapas de aerotriangulação e orientação das imagens durante as etapas de processamento, como também como pontos de checagem para verificação da escala cartográfica alcançada. Para esse estudo foram implantados e pré-sinalizados 14 marcos numa área que abrange uma interconexão rodoviária, no entroncamento entre as rodovias estaduais PB-044 e PB-008, com área total de aproximadamente 16,30 ha. Por fim, o presente artigo tem como objetivo mostrar as etapas destinadas a definição do tipo, cor, dimensão e distribuição espacial de marcos de apoio pré-sinalizados, numa área a ser levantada por aerofotogrametria empregando VANT munido de câmera de pequeno formato, sendo a área destinada a estudos de projetos viários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aerofotogrametria, Pré-sinalização, VANT.

**ABSTRACT:** The use of unmanned aerial vehicles (UAV) for mapping purposes increases annually in the survey market, mainly driven by the supply of new and more affordable equipment

and easy operational handling, but there is still a lack of studies that definitively prove its effectiveness and reliability in terms of the accuracy of the results achieved, as well as studies to contribute to the improvement of their positional and altimetry performance. An alternative to optimize the performance of planialtimetric results of topographic surveys that use UAV, especially in areas where photoidentifiable points are either scarce or nonexistent to support checkpoints and ground control points, would be the implementation of photogrammetric ground control targets with coordinates collected through GNSS geodetic receivers and electronic levels. The installed landmarks aim to support the triangulation step and the orientation of the images during the processing steps, as well as serve as check points in order to verify the cartographic scale achieved. In this study, 14 landmarks were installed and pre-marked in an area that covers a road connection at the junction of state highways PB-044 and PB-008, with a total area of approximately 16.30 hectares. Finally, this article aims to show the steps that lead to the definition of the type, color, size and spatial distribution of photogrammetric ground control targets in an area of interest for roadway design project purposes and surveyed by aerial photogrammetry using UAV fitted with small-format camera.

**KEYWORDS:** Aerophotogrammetry, Pre-signalization, UAV.

## 1 | INTRODUÇÃO

O emprego de alvos pré-sinalizados é uma prática utilizada em levantamentos aerofotogramétricos desde a era analógica, sendo inclusive recomendada atualmente por normas e instruções internacionais, para a fiscalização e execução de projetos viários a partir de levantamentos aerofotogramétricos convencionais e utilizando equipamentos digitais (US Army, 2002; NJDOT, 1998; CDOT,2015).

A prática de se utilizar marcos de apoio para otimizar a precisão dos levantamentos aerofotogramétricos, pode ser recomendado sobretudo nos levantamentos realizados com VANT, recomenda-se uso de marcos pré-sinalizados principalmente em áreas de levantamento (Tedesco et al, 2014; Ilescheck et al, 2016) em que os pontos fotoidentificáveis passíveis de ser utilizados como marcos de controle e apoio, são insuficientes ou até inexistentes. O uso dos marcos pré-sinalizados deverá ser bem planejado, pois sua implantação é feita antes do voo, e se realizada de forma inadequada, os marcos não poderão ser posteriormente fotoidentificados nas aeroimagens, perdendo assim sua utilidade, gerando ônus ao levantamento e prejudicando assim a qualidade do produto final, mas se corretamente executado em campo, proporcionam medições mais precisas das coordenadas dos pontos de apoio, e com isso aumentando a eficácia da fototriangulação e precisão do produto final (Costa e Silva, 2008; e Costa et al 2011).

Portanto, o presente artigo tem como objetivo mostrar as etapas destinadas a definição do tipo, cor, dimensão e distribuição espacial de marcos de apoio pré-sinalizados, numa área a ser levantada por aerofotogrametria empregando VANT,

munido de câmera de pequeno formato, sendo a área destinada a estudos de projetos viários.

## 2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

Como etapa inicial aos estudos, foi estabelecida primeiramente a localização, escala cartográfica pretendida e parâmetros do voo, sendo posteriormente dimensionadas e especificadas a pré-sinalização dos marcos de apoio ao aerolevanteamento.

### 2.1 Localização da Área do Aerolevanteamento

À área do aerolevanteamento localiza-se no litoral do estado da Paraíba, a cerca de 3,0km da cidade de Pitimbu/PB, contemplando o entroncamento entre as rodovias estaduais PB-044 e PB-008, com área total aproximadamente 16,30 ha (Figura 1).

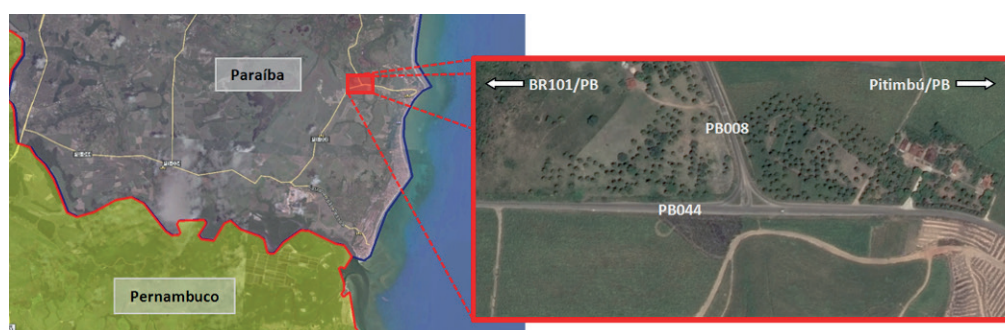


Figura 1 – Localização da área do aerolevanteamento.

### 2.2 Definição da Escala Cartográfica e Parâmetros do Voo

Com base no alcance e autonomia do VANT (quadrirotor DJI Phantom Vision 2), como também das especificações da câmera a ser empregada na aquisição das aeroimagens, foi estabelecido os parâmetros do voo, pois a escala cartográfica pretendida já era conhecida, já que o levantamento se destinava a estudos de projetos viários, e as escalas adotadas nesses levantamentos são 1/500, 1/1.000 e 1/2.000 para projetos executivos e 1/5.000 para projetos básicos rodoviários.

Com os dados de calibração da câmera, informações do alcance e autonomia de voo do VANT, foi estabelecida altura de voo e conseqüentemente a escala cartográfica a ser obtida, através do cálculo GSD (*Ground Sample Distance*). A resolução espacial GSD, corresponde ao tamanho do pixel no terreno, podendo ser calculado por:

$$\frac{f}{h_v} = \frac{d}{GSD}$$

Sendo,

$h_v$  = Altura de Voo,  $f$  = Distância Focal da Câmera e  $d$  = Dimensões Físicas do Pixel no Sensor CCD.

Como resultado final do planejamento do voo, obtivemos o indicado na tabela

1 abaixo, sendo estabelecida a altura média de vôo de 110m, com superposição longitudinal 70% e transversal 40%, resolução espacial média resultante de 5 cm, área recoberta por uma imagem no terreno de 147m x 196m, intervalo de tomadas das imagens de 5 segundos e velocidade de cruzeiro 2,00m/s.

Dados da Câmera		Parâmetros	
Distancia focal (f)		3,210 mm	2463 pixels
Formato da imagem	Lado maior: LG	5,714 mm	4384 pixels
	Lado menor: LP	4,286 mm	3288 pixels
Altura de Voo		110,00 m	-
Tamanho do pixel no terreno (GSD)		5 cm	-
Escala Cartográfica		1/500	-

Tabela 1 – Resumo dos parâmetros para a definição da Escala Cartográfica.

### 2.3 Definição das Dimensões e Tipo da Pré-Sinalização dos Marcos de Apoio

A definição do material, localização, cor, dimensões e dos marcos de pré-sinalizados deverá considerar aspectos operacionais de campo, custo de materiais e possibilitar a sua fotoidentificação nas aeroimagens coletadas com o VANT.

As dimensões das marcas dependem da escala cartográfica e sua equivalente de vôo da cobertura fotográfica que será realizada sendo o critério de partida para determinar a dimensão do alvo pré-sinalizado. Considerando "d" igual ao diâmetro do círculo central (ao lado do quadrado ou ao lado do triângulo respectivamente) como o único parâmetro variável em função do qual se constrói toda a marca, dever-se-á tomar "d" igual a um múltiplo ímpar da dimensão do pixel no terreno (normalmente de 3 a 5 vezes) (Figura 2a). A figura 2b indica dimensões restantes da marca de centro circular, que se podem adaptar às de centro quadrado ou triangular.

Não só a resolução da imagem, como também o contraste local, a luminosidade e as próprias condições atmosféricas na altura em que é realizado o vôo são fortemente determinantes para a boa visualização dos alvos pré-sinalizados na fotografia aérea e conseqüentemente para a precisão da sua medição.

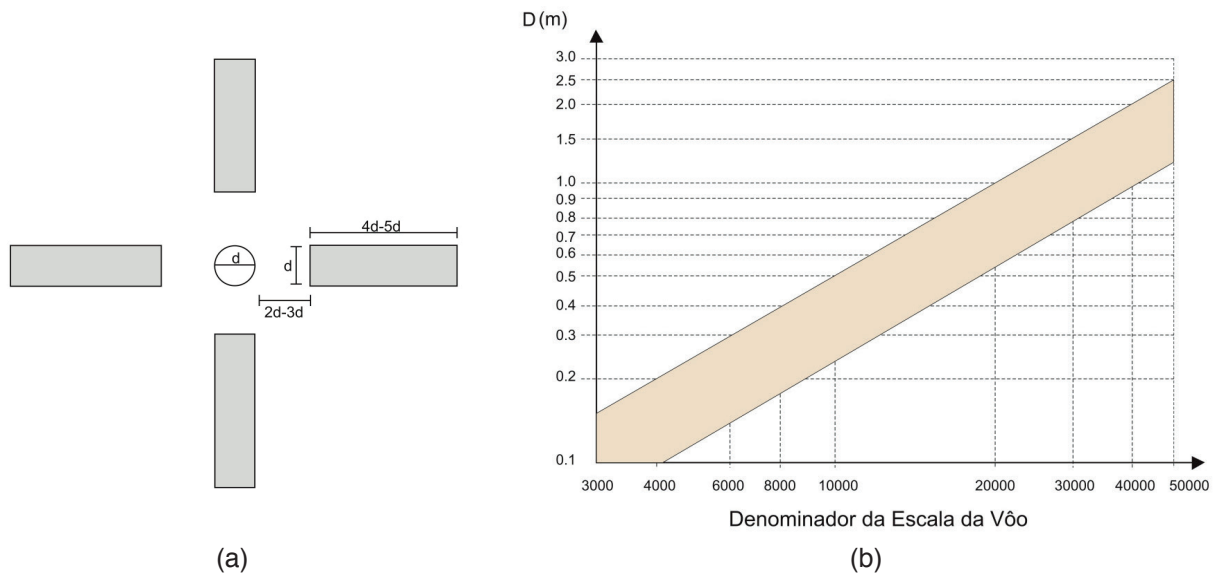
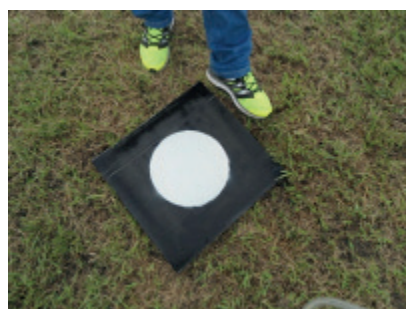


Figura 2 –Dimensões da pré-sinalização dos alvos (a) e gráfico da dimensão “d” em função das escalas de vôo (b), (adaptado de Redweik, 2007).

Tomando como referência as informações citadas acima foi estabelecida as dimensões para os marcos pré-sinalizados, conforme indicado na tabela 1 abaixo. Foram calculadas para as sinalizações do tipo cruz do tipo 3 e 4 (figuras 3c e 3d), as dimensões adotadas para a larguras de faixa foram  $d_{T_3}=0,150$  m e  $d_{T_4}=0,100$  m, e comprimentos de  $L_{T_3}=0,80$  m e  $L_{T_3}=0,90$  cm, já para a as demais sinalizações estudadas dos tipo 1 e 2 (figuras 3a e 3b), as dimensões adotadas para o diâmetro do círculo e largura, são respectivamente  $d_{T_1}=0,25$  m e  $D_{T_2}=0,500$  m e comprimentos de  $L_{T_1}=0,50$  m e  $L_{T_2}=0,50$  m, essas medidas estão embasadas na resolução do pixel (distância amostral do terreno), conforme mostra a linha 5 da Tabela 1, que está associada a escala cartográfica de 1/500, e conseqüente a escala de vôo associada foi de 1/3.000 a 1/4.000, sendo a região de influência considera a indicada pela cor vermelha no gráfico da figura 2b acima.

Antes da definição final do tipo de sinalização a ser adotada, foram realizados teste de vôo com o VANT em campo, utilizando os quatro tipos de sinalização, com formato, tamanho, tipos de cores, conforme mostrado na figura 3.



Pré-sinalização Tipo 1 – (a)



Pré-sinalização Tipo 2– (b)





Pré-sinalização Tipo 3– (c)



Pré-sinalização Tipo 4– (d)



Painel geral – (e)

Figura 3 – Detalhes das pré-sinalizações Tipos 1, 2, 3 e 4.

Foram realizados testes preliminares de vôo com altura de 110 m no campus da UFRPE, compatível com o planejamento de vôo previamente estabelecido e correspondente à estaca cartográfica final desejada sobre os marcos de calibração, sendo verificada as pré-sinalização tipos 1, 2, 3 e 4.

Com os testes de vôo realizados, foi eleita a pré-sinalização que obteve melhor resultado segundo os critérios elencados abaixo:

- Facilidade de transporte e implantação em superfícies planas/ondulada.
- Acuidade visual na imagem aérea.
- Custo de implantação (materiais e ferramentas).
- Tempo de implantação.
- Dificuldade na confecção da pré-sinalização em tecido.

Pode-se verificar um dos resultados do teste, na figura 4 indicada abaixo, onde foram eleitas as pré-sinalizações tipos 1 e 4, sendo a do tipo 1 em pintura na cor branca e preta (contrastando com superfícies pavimentadas com asfalto) e a do tipo 4 em tecido na cor branca (contrastando com superfícies em cobertura de vegetação e solo). A cor branca foi escolhida por apresentar maior contraste aos tipos de coberturas presentes na área do levantamento (vegetação de cana-de-açúcar, pavimento asfáltico e leito natural de vias vicinais), sendo essa cor a que apresentou mais contraste a cobertura



presente.

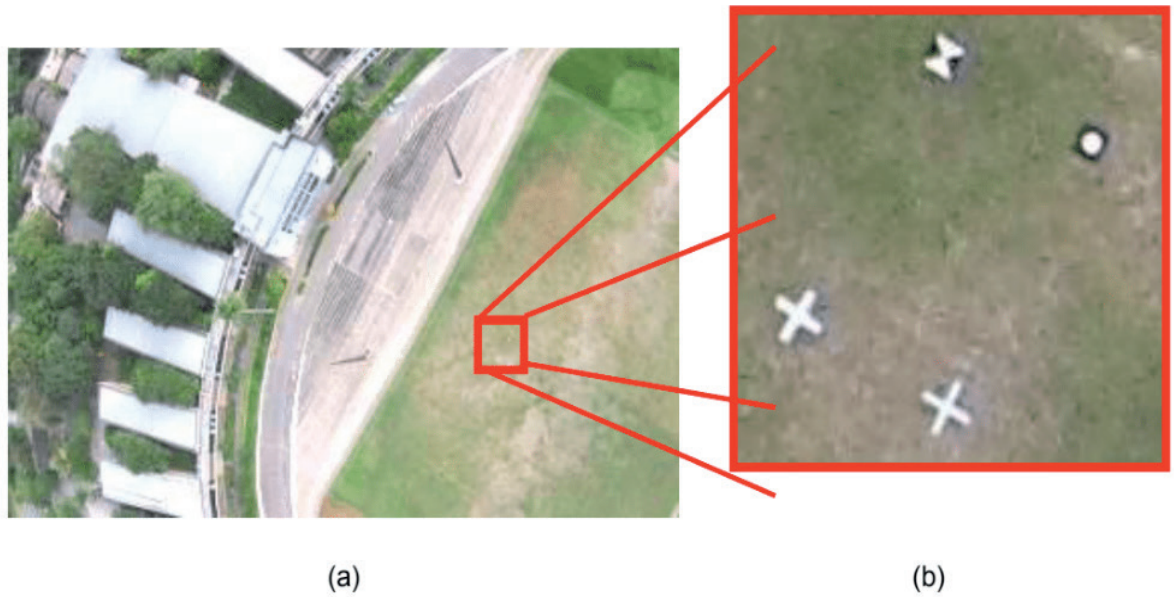


Figura 4 – Visualização do resultado do vôo teste das pré-sinalizações.

## 2.4 Implantação dos Marcos de Apoio

Com os parâmetros do vôo definidos, foi planejada a localização e quantidade dos marcos de apoio pré-sinalizados necessários, para isso foi utilizado o programa de desenho gráfico Microstation, juntamente com imagens orbitais pertencentes ao banco de dados do Google Earth (Figura 5). Os marcos pré-sinalizados foram posicionados primeiramente nas extremidades e nas áreas de sobreposição entre as faixas de vôo, e em pontos com ausência de pontos fotoidentificáveis, como também ao longo da rodovia existente (PB-004), sendo esse último implantado com densidade de pontos superior ao mínimo necessário, objetivando aumentar a precisão planialtimétrica do aerolevanteamento nesse local, pois era o principal local de estudo da área a ser levantada.



Figura 5 – Vista do programa Microstation com o planejamento das faixas de Vôo e posição dos marcos pré-sinalizados.

Após definição da localização, tipo e dimensão dos pontos de apoio a serem implantados e pré-sinalizados em campo, foram iniciados os trabalhos de campo que precedem o aerolevanteamento. Para essa tarefa foi utilizado receptor GNSS geodésico Zênite 2 (figura 6a) para obtenção das coordenadas geodésicas dos marcos e nível com mira falante (figura 6b) para a determinação das altitudes ortométricas, totalizando 14 marcos de apoio, sendo todos os marcos implantados e pré-sinalizados antes do sobrevoo da área a ser levantada.

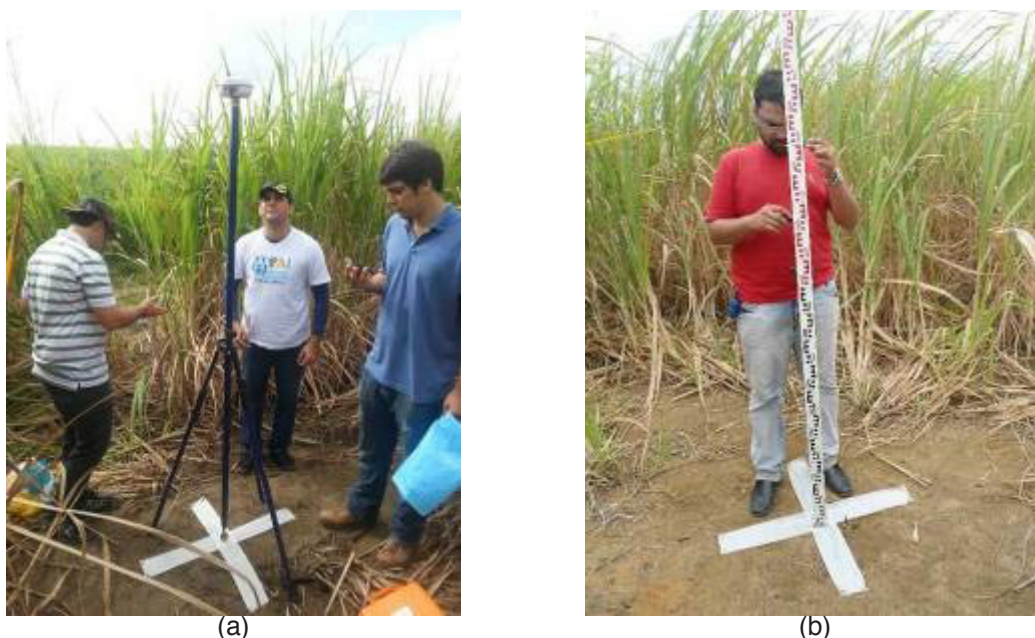


Figura 6 – Implantação dos marcos de apoio do aerolevanteamento com VANT.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da implantação e levantamento dos marcos de apoio pré-sinalizados foram implantados 14 marcos pré-sinalizados, conforme posição e distribuição espacial na área levantada, e mostrada na figura 7 indicada abaixo.



Figura 7 - Localização dos marcos pré-sinalizados utilizados como marcos de apoio (GCP) e marcos de controle (Check Point).

Como observado na figura 8, a visualização dos marcos pré-sinalizados tipo 1, implantados ao longo da PB-044 no asfalto (figura 8a) (pintura - implantado no asfalto) e Tipo 4 (b) (tecido – implantado no solo) nas figuras 8a e 8b ficou bem nítida,



comprovando, portanto, que as imagens obtidas pelo veículo aéreo não tripulado (VANT) utilizando o procedimento de cálculo descrito anteriormente foi adequado.

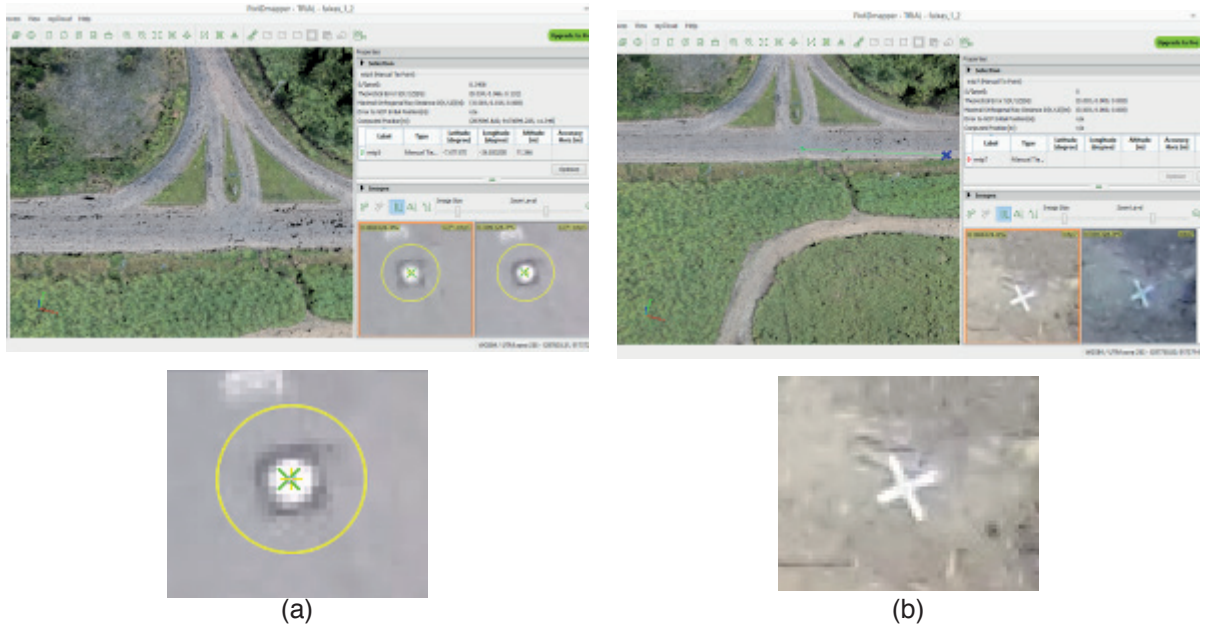


Figura 8 – Visualização das imagens aérea no software PIX4D, identificando no detalhe os alvos pré-sinalizados do Tipo 1 (a) e Tipo 4 (b).

É importante destacar que a área do levantamento no presente artigo é constituída predominantemente de vegetação densa, que neste caso era de monocultura de cana-de-açúcar, dificultando assim a obtenção de pontos nítidos, apresentando baixo contraste para a fotoidentificação dos pontos de controle, porém como apresentado nas figuras 8a (tipo 1) e 8b (tipo 4), os marcos pré-sinalizados estão perfeitamente visíveis.

Como observado em teste realizado com sinalização de cor diferenciada, a cor branca obteve melhor resultado quanto à visualização em superfície sem vegetação, ou seja, o marco ficou mais nítido e obteve melhor contraste em relação a sinalização na cor amarela (figura 9).



Figura 9 – Detalhe da sinalização com tecido implantados de cor Branca e Amarela.

## 4 | CONCLUSÕES

A adoção de alvos pré-sinalizados envolve custos adicionais no planejamento, implantação e medições em campo, entretanto proporciona uma melhora na qualidade posicional dos levantamentos aerofotogramétricos, pois quanto maior a quantidade de pontos de apoio, melhor os resultados da aerotriangulação, logo a adoção de marcos pré-sinalizados, principalmente em áreas onde os pontos fotoidentificáveis são escassos e ou inexistente, passa a ser uma alternativa na melhoria da qualidade dos levantamentos realizados com VANT, e como observado no presente estudo, o planejamento proposto para escolha da forma, dimensões e cor dos alvos, obteve êxito, já que todos os alvos pré-sinalizados foram fotoidentificados com clareza em todas as aeroimagens durante o processamento fotogramétrico, podendo dessa forma propiciar otimização nos resultados da aerotriangulação.

## REFERÊNCIAS

- CDOT. Departamento of Transportation the State of Colorado. **Survey Manual Chapter 4 Aerial Surveys**. Estados Unidos, 2015. Disponível em: <<https://www.codot.gov/business/manuals/survey/chapter-4/chapter4.pdf>> Acesso em: 6 out. de 2016.
- Costa, G. C.; SILVA, D. C. **Pré-sinalização de pontos de apoio em aerofotogrametria com câmara de pequeno formato**. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Anais eletrônicos. Recife - PE, 2012. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/>>. Acesso em: 3 out. 2016.
- Costa, G. C., SILVA, D. C., Silva, M. S. **Discussão sobre o emprego da pré-sinalização de marcos planialtimétricos em mapeamento aerofotogramétrico**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais eletrônicos. Curitiba-PR, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1506.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2016.
- NJDOT. Department of Transportation the State the New Jersey. **Minimum Guidelines for Aerial Photogrammetric Mapping**. Estados Unidos: 1998. Disponível em: <<http://www.state.nj.us/transportation/eng/documents/photogrammetry/pdf/Photogrammetric.pdf>> Acesso em: 6 out. de 2016.
- Tedesco, A. N. S.; Acco, I. R. B.; Souza, J. C. **Estudo da geometria de imagens obtidas por VANT em faixa de duto, a partir de pontos de apoio GPS**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento, XXV Expositocarta. Anais eletrônicos. Gramado-RS, 2014. Disponível em: <[http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/528/CT04-84\\_18351425.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/528/CT04-84_18351425.pdf)> Acesso em: 4 out. 2016.
- U.S ARMY. U.S. Army Corps of Engineers. **Photogrammetric Mapping – EM 1110-1-1000 – Engineer Manual (Series Engineering and Design)**. Estados Unidos, 2002. Disponível em: <<http://corpslakes.usace.army.mil/employees/policy/EM/EM-1110-1-1000.pdf>> Acesso em: 6 out. de 2016.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Leonardo Tullio** Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-48-2



9 788585 107482