

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

VINÍCIUS BARBOSA ZANIN JUAREZ

**ANÁLISE QUALI - QUANTITATIVA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO –  
MDT OBTIDO POR LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL E  
IMAGEM DIGITAL.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS/PR

2018

VINÍCIUS BARBOSA ZANIN JUAREZ

**ANÁLISE QUALI - QUANTITATIVA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO –  
MDT OBTIDO POR LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL E  
IMAGEM DIGITAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Profa. Dra. Maria Madalena Santos da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Raoni Wainer Duarte Bosquilia

DOIS VIZINHOS/PR

2018



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE QUALI - QUANTITATIVA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO – MDT OBTIDO POR LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL E IMAGEM DIGITAL.**

por

**VINÍCIUS BARBOSA ZANIN JUAREZ**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 29 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dra. (Maria Madalena Santos da Silva)

Orientador(a)

---

Prof. Dra. (Alyne Raminelli Siguel Feminino)  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. (Lucas da Silva Domingues)  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. (André Pellegrini)  
Membro titular (UTFPR)

Dedico este trabalho ao meu pai Cesar Zanin Juarez

E à minha mãe Maria Amélia Barbosa Juarez.



## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho se tornou realidade devido à várias pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com este projeto.

Em especial, agradeço ao apoio, amor e confiança da minha família que mesmo longe estavam presentes em todas as minhas decisões não medindo esforços para que eu concluísse minha graduação.

Agradeço a minha namorada Gabriela Osowski Varpechoski pelo auxílio em todas as fases que se deram no decorrer deste trabalho, pelo incentivo e acima de tudo pelo seu amor e companheirismo que me deram forças para seguir adiante na realização dos meus objetivos.

Agradeço de coração a minha orientadora profa. Dra. Maria Madalena Santos da Silva pela paciência, compreensão, apoio, orientação, amizade e imensurável ajuda em todos os sentidos.

Ao meu co-orientador prof. Dr. Raoni Wainer Duarte Bosquilia agradeço a orientação, paciência e apoio que foram de inestimável valia.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos amigos que contribuíram com a realização deste trabalho, o incentivo foi fundamental para que isso se tornasse possível.

## **RESUMO**

JUAREZ, Vinícius Barbosa Zanin. Análise quali-quantitativa do Modelo Digital do Terreno - MDT obtido por levantamento topográfico convencional e imagem digital. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos/PR, 2018.

O presente trabalho objetivou uma análise quali-quantitativa do Modelo Digital do Terreno (MDT) em uma área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos/PR obtido por levantamento topográfico com estação total, equipamento GNSS e imagem digital obtida por Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT. A partir dos dados coletados nas diferentes metodologias, foram gerados dois MDTs no programa Quantum Gis® comparando estatisticamente as variáveis Z (altura). As análises realizadas mostraram uma correlação muito forte entre os dados obtidos pelas diferentes metodologias e um erro na precisão, aceitável para utilização do produto na área agrária. Com isso, comprovou-se que é possível a realização de um levantamento planialtimétrico a partir de uma imagem de VANT, se adotados pontos de controle na área a se trabalhar aumentando assim a precisão e agilidade no processo e elaboração do produto final.

**Palavras chave:** tecnologia, geotecnologias, GNSS, planialtimétrico, VANT.

## **ABSTRACT**

**JUAREZ, Vinícius Barbosa Zanin. QUALI - QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE DIGITAL TERRAIN MODEL - DTM OBTAINED BY CONVENTIONAL TOPOGRAPHIC SURVEY AND DIGITAL IMAGE.** Course Completion Work (Graduation in Forest Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos / PR, 2018.

The present work aimed at a qualitative-quantitative analysis of the Digital Terrain Model (DTM) in an experimental area of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná in Dois Vizinhos / PR obtained by topographic survey with total station, GNSS and digital image obtained by Air Vehicle Unmanned - UAV. From the data obtained by the different methodologies, two DTM's were generated in Quantum Gis ® comparing statistically the Z (height) variables. The analyzes carried out showed a very strong correlation between the different methodologies and an acceptable error in the agrarian area, showing that it is possible to carry out a planialtimetric survey from a UAV image if control points were adopted in the area to be worked, thus increasing precision.

**Keywords:** technology, geotechnology, GNSS, planialtimetric, UAV.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Divisões e subdivisões da Topografia.....	17
Figura 2: Captação de uma imagem pelo sensor. ....	18
Figura 3: Segmento espacial do sistema GPS. ....	21
Figura 4: Método de posicionamento relativo com uma estação de referência e uma estação a se determinar.....	22
Figura 5: Sistema de coordenadas com acréscimos de constantes à origem do sistema. ....	23
Figura 6: GPS topográfico instalado no campo.....	25
Figura 7: Mapas de localização. Estado do Paraná, município de Dois Vizinhos e UTFPR-DV. ....	26
Figura 8 a e b: Domínios da UTFPR Campus Dois Vizinhos e área de realização do estudo. ....	27
Figura 9: Localização dos pontos de controle. ....	28
Figura 10: Visualização aérea de um dos alvos implantados a campo.....	29
Figura 11: Marco geodésico da UTFPR- DV (BASE UTFPR). ....	29
Figura 12: Posicionamento do equipamento GPS Topográfico rover. ....	30
Figura 13: Chuva de pontos obtida no caminhamento com GNSS. ....	31
Figura 14: Decolagem do VANT. ....	32
Figura 15: VANT e equipamento de controle. ....	32
Figura 16: Modelo Digital de Terreno e curvas de nível da área experimental sem a adição dos pontos de controle.....	48
Figura 17: Modelo Digital de Terreno e curvas de nível da área experimental com a adição de pontos de controle.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas UTM - SIRGAS Fuso 22S do ponto base situado no interior da UTFPR – Dois Vizinhos.....	30
Tabela 2: Pontos de controle obtidos pelo levantamento GNSS.....	33
Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.....	35
Tabela 4: Coordenadas dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescidos da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.....	45
Tabela 5: pontos distribuídos pela área para análise estatística.....	46
Tabela 6: Coordenadas dos 14 pontos na área de estudo, sendo H sem pontos de controle (com PC) e H do GPS com caminhada (H GPS CAM).....	46

## Sumário

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>15</b>
<b>3. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Objetivos específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Topografia .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.1. Levantamentos topográficos com Estação Total .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Sensoriamento Remoto.....</b>	<b>17</b>
4.2.1. Radiação Eletromagnética - REM .....	19
4.2.2. Resolução Espacial.....	19
4.2.3. Resolução Espectral .....	19
4.2.4. Resolução Radiométrica.....	20
4.2.5. Resolução Temporal.....	20
<b>4.3. Posicionamento por GNSS.....</b>	<b>20</b>
4.3.1.1. Posicionamento relativo.....	21
4.3.1.2. Posicionamento relativo estático.....	22
4.3.1.3. Posicionamento relativo cinemático .....	22
4.3.2. Coordenadas UTM .....	22
<b>4.4. VANT .....</b>	<b>23</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1. Descrição do local.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2. Equipamentos utilizados .....</b>	<b>26</b>
5.2.1. VANT.....	26

5.2.2. GPS .....	26
<b>5.3. Metodologia .....</b>	<b>28</b>
5.3.1. Confeção dos alvos .....	28
5.3.2. Pontos de controle .....	29
5.3.3. Levantamento relativo cinemático.....	30
5.3.4. Planejamento e execução de vôo .....	31
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A relação do homem com a tecnologia é um tema muito antigo. Mesmo antes de entender a si próprio, o homem entendia que com o aprimoramento de técnicas e ferramentas, sua vida se tornava cada vez mais fácil e cômoda.

O processo de ocupação do solo se determina com o encontro de restrições naturais e possíveis efeitos sobre os diversos sistemas encontrados. Isso pode reproduzir alguns impactos paisagísticos que devem ser estudados e analisados para que alternativas sejam disponibilizadas a fim de melhorar as atividades no planeta (AMARAL e RIOS, 2012).

Entretanto, a ação antrópica vem modificando a paisagem natural para os seus diversos fins como a agricultura, construção civil, estradas, etc. e, frente a isso, o uso de tecnologias que possibilitem estudar e melhorar essas ações, se tornam cada vez mais indispensáveis ao homem.

Véras Júnior (2003) e Doubek (1989), citam a Topografia como ciência que se utiliza de métodos e instrumentos para relatar e reproduzir graficamente uma parte do terreno para uma superfície plana. Já Borges (1992) citou a Topografia como uma ciência que se une à geometria aplicada observando e resolvendo algumas adversidades de forma que se correlacionem prática com teoria.

Já o Modelo Digital de Terreno – MDT retrata um evento ocasionado em um dado local na superfície terrestre, sendo esse um dos resultados obtidos a partir dos dados manipulados pelo geoprocessamento, em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Há de se salientar que coletar os dados para gerar os modelos digitais, não se tem a necessidade de estar diretamente na região geográfica escolhida para estudá-la, podendo-se obter dados qualitativos e quantitativos, com relativa precisão.

Aliado a isso, a tecnologia VANT vem sendo cada vez mais utilizada e aprimorada pela possibilidade de obtenção de imagens e prestação de serviços com a localização e medição planialtimétrica de áreas, estimativa de produção, entre outras. Com isso, o Veículo Aéreo Não Tripulado torna-se um atrativo às empresas de diversos ramos.

Silva e Costa (2010) citaram que a Fotogrametria apresenta enorme vantagem aos métodos convencionais de obtenção de dados topográficos com a fotointerpretação, obtendo um levantamento do local a se estudar em menor tempo e também em locais com iminente risco ou inacessíveis.

É fato que as tecnologias geodésicas vêm se tornando cada vez mais indispensáveis no campo de trabalho pela sua versatilidade e precisão.

Desta forma, o presente trabalho objetiva aliar duas tecnologias, a Topografia convencional e a imagem digital obtida com o uso de um VANT, ou seja, fotogrametria digital) para provar a eficácia da fotogrametria na concepção de dados 3D, em menor tempo e com um menor custo.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A tecnologia do Veículo Aéreo não Tripulado - VANT vem sendo muito difundida e utilizada para diversos fins. Este trabalho irá complementar os vários estudos científicos que validam e comprovam a qualidade geométrica dos produtos gerados.

Este trabalho tem como objetivo avaliar os dados gerados do modelo digital do terreno – MDT obtidos com o VANT frente aos dados reais de campo.

Essa pesquisa contribuirá com dados científicos onde a comparação dos produtos gerados por essa nova tecnologia irá corroborar com as demais pesquisas que necessitam da legalização desta tecnologia para sua ampla utilização.

### **3. OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a precisão do Modelo Digital de Terreno - MDT, gerado a partir dos dados obtidos por imagens digitais de um Veículo Aéreo não Tripulado – VANT, quando confrontado com dados de campo obtidos por levantamento Sistema Global de Navegação por Satélites – GNSS de uma área localizada na UTFPR campus Dois Vizinhos no município de Dois Vizinhos, Paraná.

#### **3.1. Objetivos específicos**

O presente trabalho tem por objetivos específicos:

- a) Realizar o planejamento e execução de um voo com o Veículo Aéreo não tripulado – VANT, realizar o levantamento utilizando equipamento GNSS pelo método relativo cinemático;
- b) Obter os modelos digitais de terreno – MDTs da imagem digital obtida pelo VANT e pelo levantamento GNSS;
- c) Implantar pontos de controle e apoio próximos a área de estudo, utilizando a técnica de posicionamento relativo estático com equipamento GNSS;
- d) Realizar uma análise comparativa entre as coordenadas Z geradas pelas duas metodologias.



## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

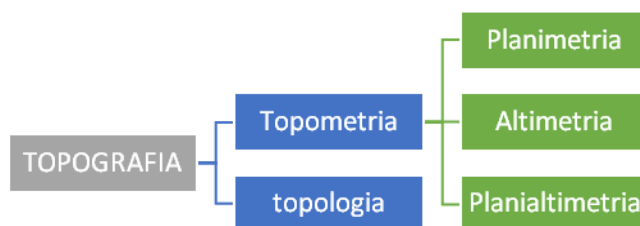
### 4.1. Topografia

A Topografia foi descoberta da necessidade do homem de delimitar suas terras e geri-la da melhor forma (VEIGA, et al., 2012).

A Topografia compreende uma porção limitada da superfície da Terra e se divide em Topologia e topometria, como apresentado na FIGURA 1. Véras Júnior (2003) interpreta a Topologia como uma ciência que estuda as formas exteriores da superfície terrestre; a topometria ele explica que objetiva medir elementos característicos de uma certa área dividindo-se em planimetria e planialtimetria.

Os levantamentos Planimétricos e planialtimétricos tem suas particularidades onde, a planimetria visa apenas medir coordenadas X e Y, não se tendo conhecimento do relevo de um local. Já a planialtimetria, além das duas coordenadas X e Y, a altimetria determina o relevo, a coordenada Z (altura) de um ponto (VEIGA et al., 2012).

Figura 1: Divisões e subdivisões da Topografia.



Fonte: Adaptado pelo autor de (COELHO JUNIOR, et.al., 2014).

#### 4.1.1. Levantamentos topográficos com Estação Total

A estação total é um aparelho eletrônico semelhante ao teodolito utilizado para encontrar ângulos e distâncias; dentre estas, encontram-se distâncias horizontais, desníveis, coordenadas a partir de uma orientação prévia, etc (VEIGA, et al. 2012).

### 4.2. Sensoriamento Remoto

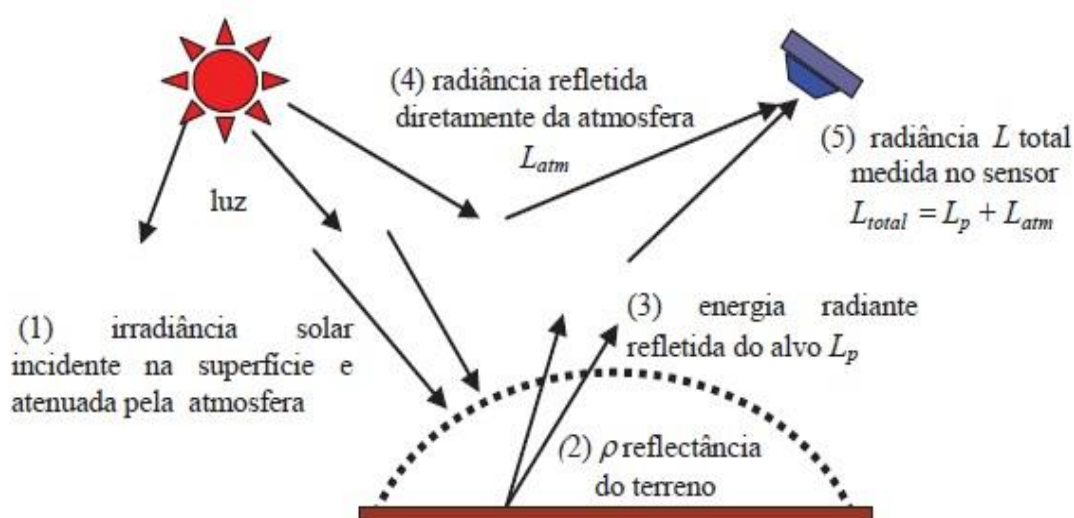
O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como a aquisição de algumas informações de objetos sem a necessidade do contato físico com o mesmo (ELACHI, 1987).

Com o avanço da tecnologia cada vez mais objetos são criados com diversas finalidades ao uso humano, a tecnologia espacial é uma delas.

Sendo uma tecnologia, o Sensoriamento Remoto permite-nos a obtenção de imagens da superfície da Terra por reflexão de energia emitida na superfície da mesma. (FLORENZANO, 2013).

O Sensoriamento Remoto se desenvolveu juntamente com a evolução da fotografia, onde em 1840, Arago já defendia o uso das mesmas para o uso da topografia, mas foi Aimé Laussedat, oficial do corpo de engenheiros da França que entrou em 1849 para um programa que usou fotos para fins de mapeamentos topográficos. Mais adiante no tempo, utilizou-se desde balões, pipas até pombos para a tomada de fotografias aéreas de áreas extensas (ELACHI; VAN ZYL, 2005).

Figura 2: Captação de uma imagem pelo sensor.



Fonte: Adaptado pelo autor de MENESES & ALMEIDA, 2012.

O Sensoriamento Remoto deriva das fotografias aéreas, imagens a muito utilizadas para diversas finalidades, sendo um avanço em todas as áreas multidisciplinares e integrando cada vez um número maior de profissionais (FLORENZANO, 2013).

Os sensores utilizados nas plataformas aplicadas ao sensoriamento remoto possuem quatro tipos de resoluções, espacial, espectral, temporal e radiométrica. Estas resoluções permitem trabalhos em diferentes áreas e aplicações, como por exemplo, em levantamentos e

monitoramentos ambientais, mapeamentos, desmatamentos, entre outros, e, desenvolvem-se com muita rapidez. (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A radiação refletida (ou emitida) é transformada pelo sensor em uma imagem de distribuição espacial. Muitas transformações importantes ocorrerão nas propriedades da imagem como propriedades radiométricas, geométricas e espaciais. Geralmente o sensor degrada a imagem e, isso é importante entender para que se possa criar algoritmos e interpretar os resultados (SHOWENGERDT, 2007).

#### 4.2.1. Radiação Eletromagnética - REM

A Radiação Eletromagnética (REM) é dada por ondas eletromagnéticas com diversas características físicas que não precisam de um meio para serem propagadas, um exemplo é o sol, que ao entrar em contato com a superfície terrestre proporciona alguns fenômenos físicos como a absorção, reflexão e refração da energia (Fitz, 2008).

A REM se deriva em ionizante e não ionizante onde pode-se citar exemplos como o infravermelho, ultravioleta, laser, micro-ondas, entre outros (MEDEIROS; SANCHES, 2016).

#### 4.2.2. Resolução Espacial

Dá-se pelo tamanho do componente de um espaço da imagem representado no terreno. Este componente só poderá ser identificado quando o seu tamanho for no mínimo igual ao do elemento da resolução espacial, por exemplo, uma caixa de 10x10 metros precisaria de uma resolução espacial de pelo menos 10 metros (MENESES, 2012).

Com a missão espacial norte americana realizada em 1999, lançando o satélite Ikonos-II, começou a ser possível a obtenção de imagens com um metro de resolução (FLORENZANO, 2013).

#### 4.2.3. Resolução Espectral

De elevado grau de importância dos sensores está a obtenção de imagens conjuntas. A resolução espectral envolve a quantidade de bandas, a largura dessas bandas e as posições que as bandas estarão no espectro eletromagnético (MENESES, 2012).

A captação de energia refletida pelo objeto é dada de acordo com a largura das faixas e quanto maior o número de bandas, melhor será a resolução espectral do sensor (FLORENZANO, 2013)

#### 4.2.4. Resolução Radiométrica

É a capacidade de diferenciar a energia a ser refletida pelos elementos determinando assim os espaços dos valores que representam a imagem. Esses valores estão vinculados a níveis de cinza (FLORENZANO, 2013).

#### 4.2.5. Resolução Temporal

A frequência de visita e revisita de um sensor em um mesmo local, em um determinado intervalo de tempo. O ciclo está relacionado às características orbitais da plataforma (altura, velocidade, inclinação), e também ao ângulo total de abertura do sensor (MENESES, 2012).

### 4.3. Posicionamento por GNSS

A crescente mudança no mundo da navegação por satélite faz com que o homem esteja sempre se aperfeiçoando e se inteirando das tecnologias dos Sistemas Globais de Navegação por Satélites – GNSS, sigla do inglês, (*Global Navigation Satellite System*). O GNSS é a união dos sistemas mais conhecidos, o americano GPS e o russo GLONASS. É perceptível que ambos os sistemas em muitos anos vem favorecendo pesquisas na área de Geodésia, Sensoriamento Remoto, entre outras além das atividades na engenharia onde empregam cada vez mais precisão e confiabilidade (Li et al., 2015).

Satélite dentre suas várias classificações é dado como um corpo que gravita em torno de um astro de maior massa, ou seja, é um objeto que orbita um planeta, a Terra, no caso do Sensoriamento Remoto, e são desenvolvidos pelo homem onde giram em torno da Terra a fim de coletar e armazenar dados referentes ao astro orbitado (MOREIRA, 2012).

Com altitude e velocidade sempre constante, os satélites artificiais orbitam o planeta e estes, podem ou não serem movidos por energia, sendo ou não controlados remotamente (AMSAT, 2016).

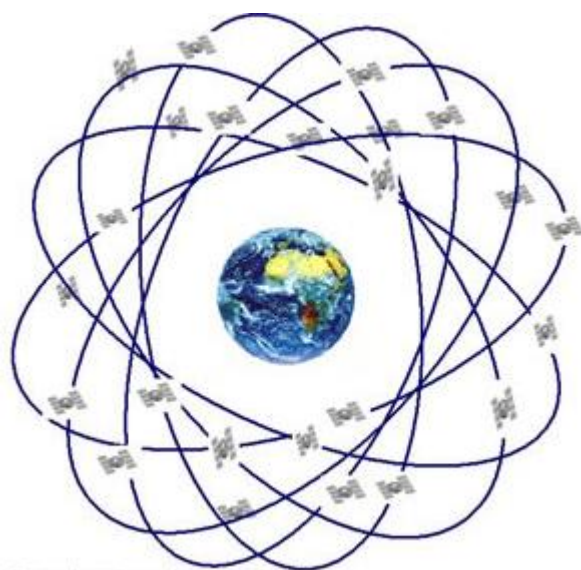
. Com este sistema pode-se encontrar um ponto em qualquer lugar do planeta estando em casa, por exemplo. Os primeiros sistemas de navegação disponíveis foram o GPS (*Global Positioning System*) norte americano e o GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) russo, ambos desenvolvidos a princípio para uso militar e, mais tarde, incorporados à projetos civis (DELAZERI, 2005).

Os sistemas globais fundamentais na composição do GNSS são o GPS (*Global Positioning System*) e o GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya*), criado na antiga URSS e hoje a cargo da Rússia.

Ainda existem outros dois sistemas, o Beidou/Compass, chinês, com 16 satélites em sua constelação, sendo 5 MEO (*Medium Earth Orbit*), semelhantes ao GPS (ALVES et al., 2013).

De acordo com Schonemann et al., 2011, fora os sistemas mais conhecidos, também fazem parte do GNSS os SBAS (*Satellite Based Augmentation System*) como por exemplo o WASS (*Wide Area Augmentation System*), o EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), o MSAS (*Multifunctional Satellite Augmentation System*), entre outras iniciativas semelhantes, proporcionando conformidade, plenitude e disponibilidade do sistema.

Figura 3: Segmento espacial do sistema GPS.



Fonte: Embrapa, 2018.

#### 4.3.1.1. Posicionamento relativo

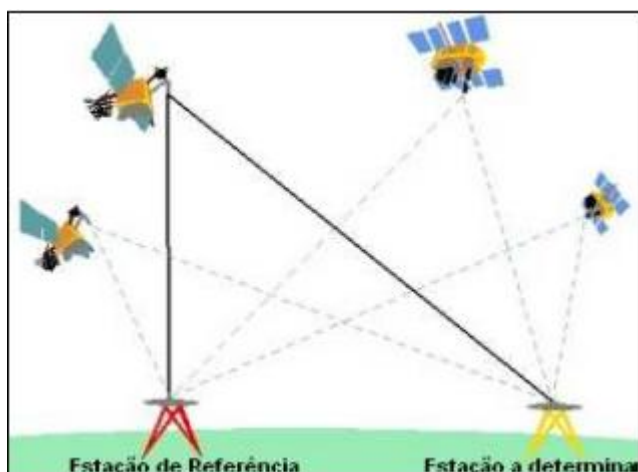
Antigamente, para se realizar essa técnica deveria se ter dois ou mais receptores, hoje em dia, apenas um receptor poderá realizar o posicionamento relativo. No posicionamento relativo, a posição de um ponto é determinada com relação à de outro (s), cujas coordenadas são conhecidas. Estes pontos com coordenadas conhecidas são chamados de estações de referência ou base. Para realizar o posicionamento relativo, o usuário deve utilizar dados de dois ou mais receptores que rastreiem, simultaneamente, os mesmos satélites. Dentre os

sistemas de posicionamento relativo estão os métodos relativo estático, estático rápido, cinemático e stop and go (MONICO, 2007).

#### 4.3.1.2. Posicionamento relativo estático

Esse método consiste em dois ou mais receptores buscam concomitantemente os satélites visíveis em um período de no mínimo 20 minutos podendo levar algumas horas. Quando leva até vinte minutos, o posicionamento é chamado relativo estático rápido e o tempo de observação é proporcional ao comprimento da linha base (MONICO, 2007).

Figura 4: Método de posicionamento relativo com uma estação de referência e uma estação a se determinar.



Fonte: Adaptado pelo autor de IBGE, 2006.

#### 4.3.1.3. Posicionamento relativo cinemático

Os dados obtidos através desse método podem ser obtidos após ou durante a coleta (tempo real). Quando o objeto a ser posicionado está em movimento, aplicam-se as técnicas de posicionamento relativo cinemático ou DGPS; um receptor permanece fixo num ponto com coordenadas conhecidas, o outro se desloca sobre a trajetória de interesse para a coleta de dados (MONICO, 2007).

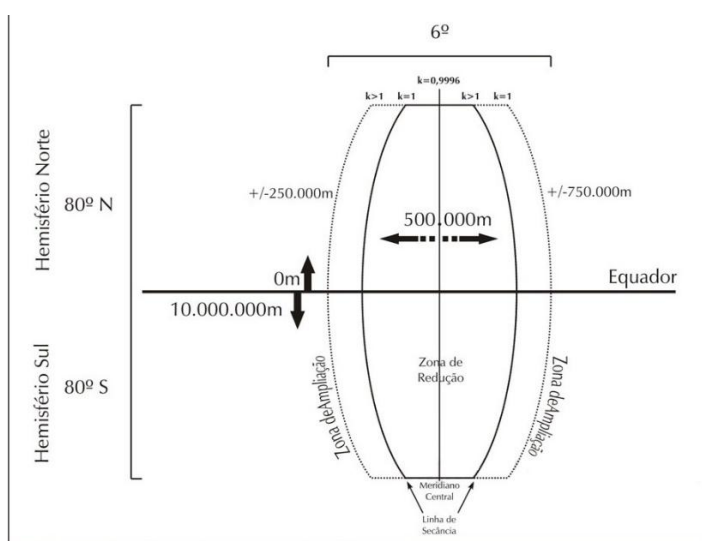
#### 4.3.2. Coordenadas UTM

As coordenadas UTM são as projetam a Terra em uma superfície plana, conservando formas e ângulos com comprimentos lineares. Ela é baseada no cilindro transversal secante ao elipsoide terrestre. Como sistema de medida, a Terra é dividida em 60 fusos de 6° de

amplitude de cada longitude tendo um meridiano central para cada fuso. (FLORENZANO, 2011).

Para evitar coordenadas negativas, são inseridas constantes à origem do sistema de coordenadas, conforme demonstrado na figura 7. Para a linha do Equador, que faz referência ao eixo das ordenadas do hemisfério sul, acrescenta-se 10.000.000 m com valores decrescentes nesta direção; 0 m para a linha do Equador, que faz alusão ao eixo das ordenadas do hemisfério norte, com valores crescentes nesta direção; e para o meridiano central, 500.000 m, com valores crescentes do eixo das abscissas em direção ao leste (IBGE, 2005).

Figura 5: Sistema de coordenadas com acréscimos de constantes à origem do sistema.



Fonte: Adaptado pelo autor de UFSM, 2018.

#### 4.4. VANT

O progresso na área da aerofotogrametria com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados – VANTs não é tão antigo, logo, essa tecnologia ainda não está estabelecida como um método normatizado de imageamento da superfície terrestre, seus usos estão inseridos na área da vigilância, levantamentos meteorológicos, agricultura de precisão, entre outros (MEDEIROS, 2007)

A câmera digital permite demonstrar fenômenos naturais onde há uma captura de uma gama de informações. O upgrade no uso do UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), permitiu aos estudiosos da área geográfica documentar partes antes profundas de objetos como os afloramentos geológicos, pedreiras de superfície, entre outros. Os milhares de pontos gerados (nuvem de pontos) são processados automaticamente em coordenadas 3D por softwares

fotogramétricos onde os dados podem também conter informações RGB de cada pixel. (Molčíková e Hurčíková, 2013).

Os modelos 3D criados com base em dados fotogramétricos proporcionam uma melhor compreensão do espaço. As relações entre objetos geológicos e geólogos, permitem vincular várias informações a um modelo como um mapa geológico, secções transversais geológicas, modelo 3D do território, entre outros. (Pukanská et al., 2014).

De acordo com a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2018, as aeronaves remotamente pilotadas – ARP podem ser operados em áreas somente em áreas com no mínimo 30 metros horizontais de distância de pessoas que não fazem parte da operação, podendo o operador, lidar com um instrumento por vez. Além disso, caso a ARP seja operada acima de 400 pés acima do nível do solo, haverá a necessidade de cadastro da ferramenta e o piloto deverá ter licença e habilitação. Há de se salientar que o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial número 94/2017 é complementar às normas de operação estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA e pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL.



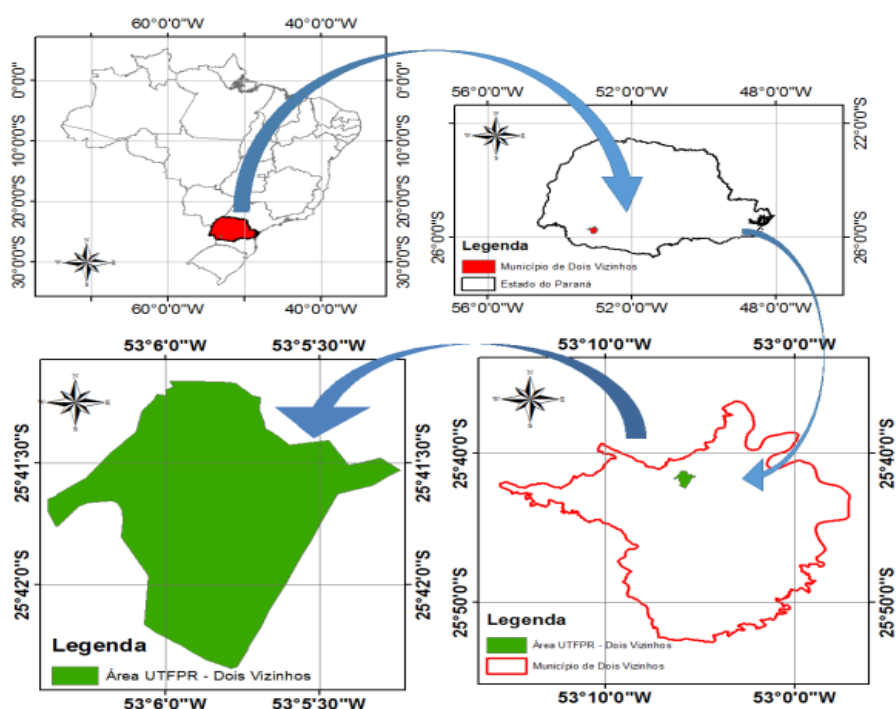
## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Descrição do local

Este trabalho foi executado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, em uma área agricultável localizada a alguns metros do ginásio poliesportivo da universidade, mais precisamente, entre o plantio de pinus e eucalipto ali presentes e a Estação Meteorológica da Universidade como demonstrado nas figuras 6 e 7 (a e b).

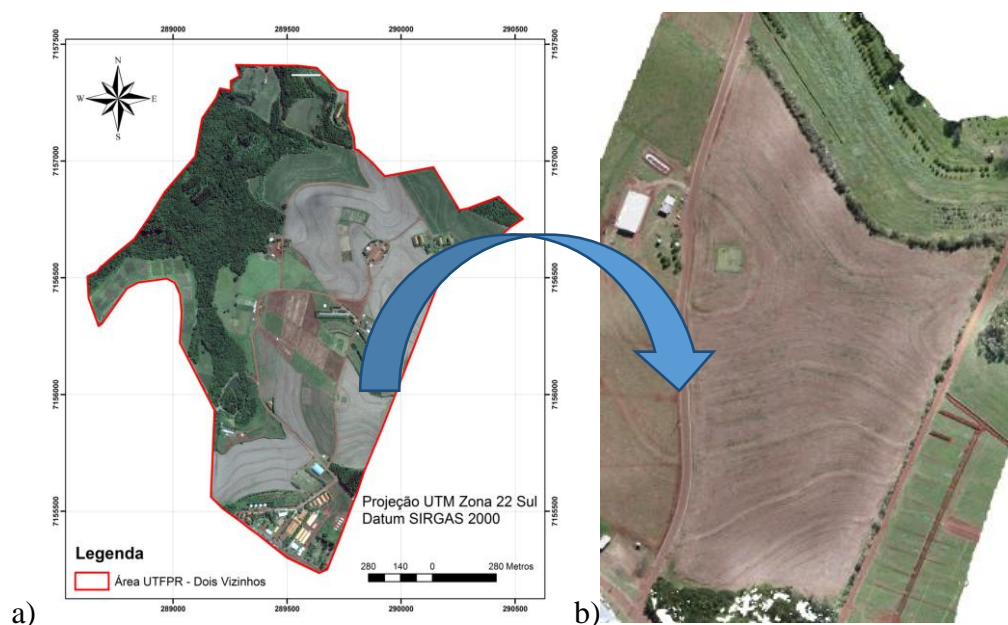
O município de Dois Vizinhos - PR se localiza dentre as coordenadas  $25^{\circ}44'35''$  S e  $53^{\circ}04'30''$  W. Sua altitude média é de 509 metros acima do nível do mar. Está situado no 3° planalto paranaense, na mesorregião geográfica do Sudoeste do Paraná (EMBRAPA, 2006).

Figura 6: Mapas de localização. Estado do Paraná, município de Dois Vizinhos e UTFPR-DV.



Fonte: SILVA, 2016.

Figura 7 a e b: Domínios da UTFPR Campus Dois Vizinhos e área de realização do estudo.



Fonte: O autor, 2017.

## 5.2. Equipamentos utilizados

### 5.2.1. VANT

Para a tomada de fotografias aéreas foi utilizado o VANT denominado Phantom 3 Advanced com GPS integrado que conta com uma câmera com um sensor Sony EXMOR 1/2.3" Pixels efetivos: 12.4 M (total pixels: 12.76 M). O vôo foi realizado no período da manhã com um clima bom, o que facilitou a execução do levantamento, levando apenas 16 minutos num total de 445 fotos.

### 5.2.2. GPS

Para o levantamento GNSS utilizou-se de um GPS geodésico para georeferenciar cinco pontos de controle nas extremidades e caminhamento pelo interior da área através do método de posicionamento estático rápido e em seguida o posicionamento cinemático para um maior recobrimento da área, o que proporciona mais credibilidade ao levantamento. O

levantamento cinemático foi realizado deslocando-se nos sentidos norte-sul e posteriormente no sentido leste-oeste.

Figura 8: GPS topográfico instalado no campo.



Fonte: O autor, 2017.

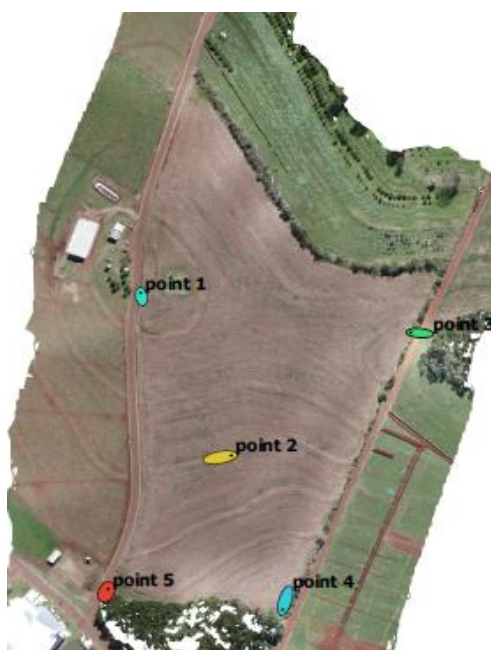
### 5.3. Metodologia

Para desenvolvimento da metodologia foram necessárias algumas etapas de trabalho.

#### 5.3.1. Confecção dos alvos

A primeira etapa prática se deu com a confecção de alvos em EVA branco com um círculo negro desenhado no centro para melhor localização no campo quando tomadas as fotos aéreas.

Figura 9: Distribuição dos alvos e posteriores pontos de controle.



Fonte: O autor, 2017.

Os alvos eram quadrados e tinham como dimensões 15x15 cm, suficiente para visualização nas fotos. Foram implantados um total de 5 alvos distribuídos nas extremidades e próximo ao centro da área de estudo como demonstrado nas figuras 15 e 16. A distribuição dos alvos nas extremidades e no centro, melhora a geometria da figura no momento de ajustar o mosaico.

Figura 10: Visualização aérea de um dos alvos implantados a campo.



Fonte: O autor, 2017.

### 5.3.2. Pontos de controle

A segunda etapa foi a determinação das coordenadas dos pontos de controle, utilizando equipamento GNSS e técnica de posicionamento relativo estático rápido. A determinação de pontos de controle georreferenciados servem de apoio para diversos levantamentos dando confiabilidade para eles, inclusive para o levantamento com o VANT. Exatamente nos mesmos locais onde foram colocados os alvos, estacionou e nivelou-se o equipamento GPS Topográfico *rover* (figura 18), enquanto que outro equipamento GNSS geodésico foi montado e nivelado no ponto denominado BASE UTFPR como mostra a figura 17. O equipamento permaneceu ligado por 25 minutos em cada um dos cinco pontos, onde assim levantou-se as coordenadas E, N e H dos mesmos.

Figura 11: Marco geodésico da UTFPR- DV (BASE UTFPR).



Fonte: O autor, 2017.

Figura 12: Posicionamento do equipamento GPS Topográfico rover.



Fonte: O autor, 2017.

### 5.3.3. Levantamento relativo cinemático

Para iniciar o levantamento o equipamento GNSS foi instalado no marco denominado BASE UTFPR que possui coordenadas UTM de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Coordenadas UTM - SIRGAS Fuso 22S do ponto base situado no interior da UTFPR – Dois Vizinhos.

PONTO	E (m)	N (m)	Z (m)
<b>BASE.UTFPR</b>	289451,312	7155400,285	557,889

Fonte: O autor, 2018.

Em seguida, após o deslocamento até o local de estudo, realizou-se o caminhamento em sentido norte-sul e leste-oeste para um maior recobrimento da área para dar uma melhor confiabilidade nos dados levantados.

Figura 13: Distribuição de pontos obtidos pelo caminhamento com GNSS.



Fonte: O autor, 2018.

#### 5.3.4. Planejamento e execução de voo

O planejamento de voo foram realizados no laboratório de Topografia e Geoprocessamento que se encontra na UTFPR-DV onde foram inseridas as coordenadas da área de estudo obtidas através do *Google Earth* e as mesmas foram inseridas no *software* do VANT Phantom-4, com recobrimento lateral de 75%, recobrimento longitudinal de 85% e com uma resolução espacial de 3 centímetros. Após o planejamento, realizou-se a execução do voo (figuras 20 e 21) na área de estudo. A altura de voo foi de 134 metros com duração de 16 minutos onde obteve-se um total de 445 imagens para gerar o mosaico de dados.

Figura 14: Decolagem do VANT.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 15: VANT e equipamento de controle.



Fonte: O autor, 2017.



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a melhor técnica para se utilizar dados obtidos de VANT de forma confiável em relação a altitude, coordenada H ou Z. Sabe-se que devido ao modelo adotado pelo sistema GPS/GNSS a coordenada com maior possibilidade de incerteza é justamente a coordenada Z. Isto se dá, pois, o modelo de elipsóide adotado para o cálculo das coordenadas, estima a distância entre o Centro de Massa da Terra (CMT) e a superfície física. Daí a origem do erro, mesmo após várias iterações de correção.

Sendo assim, as análises feitas a seguir, abordará a correlação entre os pontos coletados diretamente do VANT (SEM PC), pontos coletados com VANT acrescidos da altura de voo (134 m) (SEM PC 134), pontos obtidos com VANT e processados com pontos de controle estabelecidos na área de estudo (COM PC) e pontos obtidos com levantamento GNSS (CAM).

Cabe ressaltar que se utilizou o levantamento com GNSS (CAM) com verdade de campo ou testemunha, visto que vários foram os testes realizados.

Como resultado da implantação dos pontos de controle e levantados por levantamento estático-rápido com equipamento GNSS, obteve-se os pontos listados na tabela 2.

Tabela 2: Pontos de controle obtidos pelo levantamento GNSS.

<b>PONTOS GEORREFERENCIADOS</b>				
<b>Pontos de Controle</b>	<b>E(m)</b>	<b>N(m)</b>	<b>H(m)</b>	<b>Descrição do ponto</b>
<b>1</b>	289719,342	7155964,142	560,439	Superior estrada
<b>2</b>	289796,195	7155818,643	551,216	Ponto central
<b>3</b>	289945,683	7155927,475	559,990	Superior cerca
<b>4</b>	289694,166	7155705,570	545,959	Inferior cerca
<b>5</b>	289839,955	7155675,386	539,345	Inferior estrada

Fonte: O autor.

O levantamento da área de estudo a partir do vôo com o VANT, resultou em um conjunto de pontos onde cada coordenada representa o centroide de cada foto gerada para posterior montagem do mosaico. A relação de coordenadas destes pontos pode ser observada na tabela 3.

A referida tabela apresenta as coordenadas E e N de cada ponto, além de outras duas informações em relação a coordenada H. A primeira coluna de H, apresenta as coordenadas obtidas do voo com o VANT sem nenhum processamento ou ajuste da altitude (SEM PC). A segunda coluna de H apresenta as coordenadas dos mesmos pontos, no entanto, agora inserindo-se no processamento as coordenadas dos pontos de controle apresentados na tabela 3, forçando com isso um ajustamento da altitude existente na área.

Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.

Ponto	Coordenadas levantadas pelo VANT				Diferença em H (com PC e sem PC)
	E (m)	N (m)	H sem PC (m)	H com PC (m)	
1	289696,851	7155706,357	416,541	545,773	-129,232
2	289714,52	7155699,731	414,734	544,304	-129,571
3	289739,699	7155691,779	413,442	543,069	129,627
4	289760,903	7155691,779	412,860	542,235	129,375
5	289791,825	7155682,061	410,809	540,311	129,501
6	289823,630	7155678,085	409,991	539,414	129,422
7	289834,232	7155670,576	414,242	539,730	125,488
8	289840,858	7155686,920	410,272	539,511	129,239
9	289807,286	7155687,362	410,654	540,027	129,373
10	289833,348	7155695,313	410,656	539,861	129,205
11	289815,679	7155695,755	411,158	540,346	129,187
12	289775,922	7155710,774	414,334	543,167	128,833
13	289784,757	7155695,755	412,237	541,461	129,225
14	289752,068	7155713,425	415,645	544,420	128,775
15	289728,656	7155715,633	416,399	545,301	128,902
16	289728,656	7155727,119	417,744	546,257	128,513
17	289752,068	7155728,002	417,357	545,638	128,282
18	289778,573	7155735,512	416,650	544,831	128,181
19	289797,567	7155707,240	412,715	541,674	128,959
20	289815,237	7155726,677	414,006	542,449	128,443
21	289795,800	7155726,677	414,860	543,474	128,615
22	289749,859	7155750,973	419,137	546,850	127,713
23	289779,898	7155746,555	417,774	545,577	127,803
24	289818,771	7155731,536	414,417	542,845	128,428
25	289828,489	7155712,983	412,169	541,002	128,833
26	289858,969	7155724,468	413,508	541,933	128,425
27	289837,766	7155736,837	414,537	542,831	128,294
28	289845,275	7155711,216	412,186	540,979	128,793

(continua)

Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.

Ponto	Coordenadas levantadas pelo VANT				
	E (m)	N (m)	H sem GPS (m)	H com GPS (m)	Diferença em H (com PC e sem PC)
29	289846,601	7155759,366	416,797	544,515	127,718
30	289817,446	7155758,482	417,927	545,457	127,529
31	289806,844	7155743,905	416,161	544,288	128,127
32	289790,058	7155764,225	419,984	547,197	127,213
33	289770,621	7155769,526	420,612	547,870	127,258
34	289739,258	7155778,802	422,122	549,296	127,175
35	289729,539	7155745,230	419,271	547,343	128,071
36	289737,491	7155761,133	420,676	548,254	127,579
37	289737,491	7155796,914	423,475	550,403	126,928
38	289758,694	7155794,263	423,037	549,839	126,802
39	289768,413	7155805,748	423,825	550,401	126,576
40	289797,567	7155783,661	421,444	548,271	126,826
41	289801,985	7155800,889	423,088	549,570	126,482
42	289814,353	7155779,244	420,260	547,116	126,856
43	289829,814	7155769,526	418,243	545,735	127,491
44	289865,595	7155773,943	419,230	546,351	127,120
45	289864,270	7155791,171	421,123	547,924	126,801
46	289843,067	7155788,079	420,451	547,297	126,847
47	289842,183	7155806,190	422,270	548,846	126,576
48	289882,381	7155811,933	425,162	551,106	125,944
49	289860,294	7155816,350	423,794	550,064	126,270
50	289847,484	7155836,670	425,018	551,163	126,145
51	289820,980	7155806,190	422,964	549,476	126,512
52	289811,703	7155828,277	424,735	550,972	126,238
53	289785,640	7155829,161	425,628	551,782	126,154
54	289791,825	7155816,792	424,985	551,180	126,195
55	289767,529	7155822,534	425,158	551,531	126,373
56	289747,651	7155817,234	424,706	551,331	126,624
57	289741,025	7155834,461	426,016	552,485	126,469
58	289762,670	7155838,879	426,397	552,594	126,197
59	289784,757	7155855,665	427,494	553,440	125,946
60	289801,543	7155839,321	426,081	552,096	126,015
61	289825,839	7155855,665	427,282	553,082	125,800
62	289825,839	7155842,855	426,062	552,056	125,994
63	289877,522	7155841,088	427,514	553,017	125,503
64	289889,008	7155823,860	426,331	552,117	125,786
65	289900,493	7155858,757	430,204	555,438	125,234
66	289867,362	7155864,058	429,275	554,665	125,390
67	289858,528	7155887,029	430,177	555,635	125,458

(Continua)

Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.

Ponto	Coordenadas levantadas pelo VANT				
	E (m)	N (m)	H sem GPS (m)	H com GPS (m)	Diferença em H (com PC e sem PC)
68	289846,159	7155866,267	428,286	553,959	125,673
69	289822,747	7155882,169	428,806	554,541	125,735
70	289800,218	7155872,009	428,418	554,213	125,795
71	289786,082	7155888,795	429,444	555,266	125,822
72	289772,388	7155864,500	428,048	554,010	125,962
73	289738,374	7155853,898	427,348	553,695	126,347
74	289745,884	7155875,985	428,750	554,866	126,116
75	289731,748	7155905,582	431,070	557,187	126,117
76	289753,835	7155902,489	430,827	556,764	125,937
77	289782,990	7155923,693	431,077	557,075	125,998
78	289798,451	7155906,907	429,944	555,865	125,920
79	289830,256	7155901,606	430,152	555,837	125,685
80	289819,213	7155919,717	430,113	556,144	126,031
81	289858,969	7155919,717	430,667	556,574	125,907
82	289885,474	7155889,679	431,370	556,696	125,326
83	289910,653	7155877,752	432,079	557,100	125,021
84	289915,070	7155893,213	432,834	558,133	125,298
85	289892,541	7155911,324	432,153	557,618	125,466
86	289938,482	7155923,693	434,190	559,700	125,510
87	289953,943	7155960,799	429,374	557,035	127,661
88	289959,244	7155977,585	426,227	555,090	128,863
89	289939,808	7155977,585	425,839	554,621	128,782
90	289937,599	7155966,542	427,599	555,693	128,094
91	289918,162	7155938,712	431,106	557,530	126,424
92	289936,715	7155949,756	430,064	557,211	127,147
93	289904,027	7155928,994	431,805	557,747	125,943
94	289909,769	7155950,197	429,493	556,618	127,125
95	289874,430	7155928,994	430,873	556,918	126,045
96	289883,707	7155938,712	430,345	556,735	126,390
97	289904,027	7155972,726	426,500	554,774	128,274
98	289881,056	7155963,450	427,702	555,309	127,608
99	289891,658	7155955,056	428,339	555,602	127,263
100	289851,901	7155940,037	429,859	556,307	126,448
101	289829,373	7155973,610	427,992	555,683	127,691
102	289847,926	7155967,425	427,779	555,447	127,667
103	289833,790	7155949,314	429,512	556,246	126,734
104	289819,654	7155938,712	430,000	556,405	126,405
105	289801,985	7155953,290	430,666	557,249	126,582
106	289779,014	7155944,013	431,903	558,110	126,207

(Continua)

Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.

Ponto	Coordenadas levantadas pelo VANT				Diferença em H (com PC e sem PC)
	E (m)	N (m)	H sem GPS (m)	H com GPS (m)	
107	289760,903	7155920,159	431,706	557,661	125,955
108	289748,534	7155951,964	433,538	559,674	126,136
109	289733,515	7155938,712	433,044	559,225	126,181
110	289750,301	7155934,295	432,816	558,777	125,962
111	289786,524	7155975,377	431,160	558,184	127,024
112	289775,480	7155964,775	432,391	558,937	126,545
113	289732,190	7155966,100	433,889	560,450	126,561
114	289751,626	7155964,333	433,513	559,941	126,428
115	289749,418	7155979,794	433,195	560,095	126,900
116	289842,183	7155984,211	427,077	555,141	128,064
117	289870,454	7155974,493	426,477	554,627	128,150
118	289848,367	7155996,801	425,659	554,433	128,774
119	289884,148	7155981,340	425,465	554,043	128,578
120	289807,727	7155979,131	429,724	557,112	127,389
121	289825,397	7155997,684	427,276	555,758	128,482
122	289774,597	7155991,500	431,272	558,687	127,415
123	289724,239	7155994,592	433,274	560,713	127,439
124	289723,355	7155945,117	432,935	559,393	126,458
125	289726,447	7155864,721	428,400	554,726	126,327
126	289723,797	7155823,197	425,212	551,994	126,782
127	289720,263	7155885,924	429,498	555,851	126,352
128	289739,258	7155994,150	432,810	560,203	127,393
129	289757,369	7155999,010	431,368	559,185	127,817
130	289740,141	7156022,422	430,850	559,285	128,435
131	289741,025	7156046,718	429,235	558,951	129,715
132	289748,534	7156061,295	427,580	558,036	130,456
133	289751,626	7156027,281	430,095	558,912	128,817
134	289777,247	7156007,403	430,197	558,295	128,097
135	289811,703	7155999,893	427,742	556,152	128,411
136	289793,150	7156010,495	428,730	557,232	128,501
137	289785,640	7156033,907	427,635	557,057	129,423
138	289787,407	7156068,363	425,174	556,158	130,985
139	289815,237	7156018,446	426,729	555,815	129,086
140	289831,140	7156016,679	425,666	554,919	129,253
141	289814,795	7156040,533	425,243	555,268	130,025
142	289797,567	7156079,848	423,550	555,313	131,763
143	289775,480	7156109,445	422,697	555,783	133,086
144	289764,437	7156139,041	420,897	555,587	134,690
145	289754,277	7156106,352	423,984	556,806	132,823

(Continua)

Tabela 3: Coordenadas do levantamento com o VANT.

Ponto	Coordenadas levantadas pelo VANT				
	E (m)	N (m)	H sem PC (m)	H com PC (m)	Diferença em H (com PC e sem PC)
146	289753,393	7156081,615	425,835	557,324	131,490
147	289772,830	7156079,848	425,122	556,594	131,472
148	289765,320	7156038,324	428,630	558,000	129,370
149	289769,738	7156053,785	427,338	557,485	130,147
150	289800,660	7156052,018	425,426	555,844	130,418
151	289790,500	7156099,726	422,514	555,219	132,705
152	289766,204	7156124,022	422,015	555,819	133,804
153	289814,795	7156065,271	423,142	554,545	131,403
154	289870,269	7155745,897	418,147	544,165	126,018
155	289885,691	7155787,343	421,496	548,200	126,704
156	289722,800	7155773,849	421,882	549,320	127,438
157	289711,234	7155735,295	418,770	547,082	128,312

Fonte: O autor, 2018.

A tabela 4 evidencia a diferença de altura encontrada pelo VANT sem o processamento com pontos de controle (H sem PC) e com processamento de pontos de controle (H com PC). Nota-se uma diferença de mais de 120 metros. Isso por que sem os pontos de controle no campo, não se há uma amarração no terreno para poder trazer o modelo para uma realidade de campo. Já com a adoção dos pontos de controle, as coordenadas H chegam a uma boa proximidade do relevo de Dois Vizinhos que é em média 550 metros.

Ainda para fins comparativo, utilizou-se o procedimento de incluir-se a altura de voo (134 m) aos pontos gerados pelo voo do VANT sem processá-los com pontos de controle.

A tabela 4 apresenta as coordenadas Z dos 159 pontos obtidos pelo VANT sem pontos de controle e acrescidos da altura de vôo (SEM PC 134) e na coluna seguinte os pontos processados com pontos de controle (COM PC).

Tabela 4: Coordenadas UTM dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescidos da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
1	289696,9	7155706	550,541	545,773	-4,768
2	289714,5	7155700	548,734	544,304	-4,429
3	289739,7	7155692	547,442	543,069	-4,373
4	289760,9	7155692	546,86	542,235	-4,625
5	289791,8	7155682	544,809	540,311	-4,499
6	289823,6	7155678	543,991	539,414	-4,578
7	289834,2	7155671	548,242	539,73	-8,512
8	289840,9	7155687	544,272	539,511	-4,761

(Continua)



Tabela 4: Coordenadas UTM dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescidos da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
9	289807,286	7155687,362	544,654	540,027	-4,627
10	289833,348	7155695,313	544,656	539,861	-4,795
11	289815,679	7155695,755	545,158	540,346	-4,813
12	289775,922	7155710,774	548,334	543,167	-5,167
13	289784,757	7155695,755	546,237	541,461	-4,775
14	289752,068	7155713,425	549,645	544,42	-5,225
15	289728,656	7155715,633	550,399	545,301	-5,098
16	289728,656	7155727,119	551,744	546,257	-5,487
17	289752,068	7155728,002	551,357	545,638	-5,718
18	289778,573	7155735,512	550,65	544,831	-5,819
19	289797,567	7155707,24	546,715	541,674	-5,041
20	289815,237	7155726,677	548,006	542,449	-5,557
21	289795,8	7155726,677	548,86	543,474	-5,385
22	289749,859	7155750,973	553,137	546,85	-6,287
23	289779,898	7155746,555	551,774	545,577	-6,197
24	289818,771	7155731,536	548,417	542,845	-5,572
25	289828,489	7155712,983	546,169	541,002	-5,167
26	289858,969	7155724,468	547,508	541,933	-5,575
27	289837,766	7155736,837	548,537	542,831	-5,706
28	289845,275	7155711,216	546,186	540,979	-5,207
29	289846,601	7155759,366	550,797	544,515	-6,282
30	289817,446	7155758,482	551,927	545,457	-6,471
31	289806,844	7155743,905	550,161	544,288	-5,873
32	289790,058	7155764,225	553,984	547,197	-6,787
33	289770,621	7155769,526	554,612	547,87	-6,742
34	289739,258	7155778,802	556,122	549,296	-6,825
35	289729,539	7155745,23	553,271	547,343	-5,929
36	289737,491	7155761,133	554,676	548,254	-6,421
37	289737,491	7155796,914	557,475	550,403	-7,072
38	289758,694	7155794,263	557,037	549,839	-7,198
39	289768,413	7155805,748	557,825	550,401	-7,424
40	289797,567	7155783,661	555,444	548,271	-7,174
41	289801,985	7155800,889	557,088	549,57	-7,518
42	289814,353	7155779,244	554,26	547,116	-7,144
43	289829,814	7155769,526	552,243	545,735	-6,509

(Continua)

Tabela 4: Coordenadas dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescentados da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
44	289865,595	7155773,943	553,230	546,351	-6,880
45	289864,270	7155791,171	555,123	547,924	-7,199
46	289843,067	7155788,079	554,451	547,297	-7,153
47	289842,183	7155806,19	556,270	548,846	-7,424
48	289882,381	7155811,933	559,162	551,106	-8,056
49	289860,294	7155816,35	557,794	550,064	-7,730
50	289847,484	7155836,67	559,018	551,163	-7,855
51	289820,980	7155806,19	556,964	549,476	-7,488
52	289811,703	7155828,277	558,735	550,972	-7,762
53	289785,640	7155829,161	559,628	551,782	-7,846
54	289791,825	7155816,792	558,985	551,18	-7,805
55	289767,529	7155822,534	559,158	551,531	-7,627
56	289747,651	7155817,234	558,706	551,331	-7,376
57	289741,025	7155834,461	560,016	552,485	-7,531
58	289762,670	7155838,879	560,397	552,594	-7,803
59	289784,757	7155855,665	561,494	553,440	-8,054
60	289801,543	7155839,321	560,081	552,096	-7,985
61	289825,839	7155855,665	561,282	553,082	-8,200
62	289825,839	7155842,855	560,062	552,056	-8,006
63	289877,522	7155841,088	561,514	553,017	-8,497
64	289889,008	7155823,86	560,331	552,117	-8,214
65	289900,493	7155858,757	564,204	555,438	-8,766
66	289867,362	7155864,058	563,275	554,665	-8,61
67	289858,528	7155887,029	564,177	555,635	-8,542
68	289846,159	7155866,267	562,286	553,959	-8,327
69	289822,747	7155882,169	562,806	554,541	-8,265
70	289800,218	7155872,009	562,418	554,213	-8,205
71	289786,082	7155888,795	563,444	555,266	-8,178
72	289772,388	7155864,5	562,048	554,01	-8,038
73	289738,374	7155853,898	561,348	553,695	-7,653
74	289745,884	7155875,985	562,75	554,866	-7,884
75	289731,748	7155905,582	565,07	557,187	-7,883
76	289753,835	7155902,489	564,827	556,764	-8,063
77	289782,99	7155923,693	565,077	557,075	-8,002
78	289798,451	7155906,907	563,944	555,865	-8,08

(Continua)

Tabela 4: Coordenadas UTM dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescentados da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
79	289830,256	7155901,61	564,152	555,837	-8,315
80	289819,213	7155919,72	564,113	556,144	-7,969
81	289858,969	7155919,72	564,667	556,574	-8,093
82	289885,474	7155889,68	565,37	556,696	-8,674
83	289910,653	7155877,75	566,079	557,1	-8,979
84	289915,07	7155893,21	566,834	558,133	-8,702
85	289892,541	7155911,32	566,153	557,618	-8,534
86	289922,138	7155909,56	567,801	558,953	-8,848
87	289938,482	7155923,69	568,19	559,7	-8,49
88	289945,992	7155940,04	566,517	558,962	-7,555
89	289953,943	7155960,8	563,374	557,035	-6,339
90	289959,244	7155977,59	560,227	555,09	-5,137
91	289939,808	7155977,59	559,839	554,621	-5,218
92	289937,599	7155966,54	561,599	555,693	-5,906
93	289918,162	7155938,71	565,106	557,53	-7,576
94	289936,715	7155949,76	564,064	557,211	-6,853
95	289904,027	7155928,99	565,805	557,747	-8,057
96	289909,769	7155950,2	563,493	556,618	-6,875
97	289874,43	7155928,99	564,873	556,918	-7,955
98	289883,707	7155938,71	564,345	556,735	-7,61
99	289904,027	7155972,73	560,5	554,774	-5,266
100	289881,056	7155963,45	561,702	555,309	-6,392
101	289891,658	7155955,06	562,339	555,602	-6,737
102	289851,901	7155940,04	563,859	556,307	-7,552
103	289829,373	7155973,61	561,992	555,683	-6,309
104	289847,926	7155967,43	561,779	555,447	-6,333
105	289833,79	7155949,31	563,512	556,246	-7,266
106	289819,654	7155938,71	564	556,405	-7,595
107	289801,985	7155953,29	564,666	557,249	-7,418
108	289779,014	7155944,01	565,903	558,11	-7,793
109	289760,903	7155920,16	565,706	557,661	-8,045
110	289748,534	7155951,96	567,538	559,674	-7,864
111	289733,515	7155938,71	567,044	559,225	-7,819
112	289750,301	7155934,3	566,816	558,777	-8,038
113	289786,524	7155975,38	565,16	558,184	-6,976

(Continua)

Tabela 4: Coordenadas UTM dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescentados da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
114	289775,48	7155964,775	566,391	558,937	-7,455
115	289732,19	7155966,1	567,889	560,45	-7,439
116	289751,626	7155964,333	567,513	559,941	-7,572
117	289749,418	7155979,794	567,195	560,095	-7,1
118	289842,183	7155984,211	561,077	555,141	-5,936
119	289870,454	7155974,493	560,477	554,627	-5,85
120	289848,367	7155996,801	559,659	554,433	-5,226
121	289884,148	7155981,34	559,465	554,043	-5,422
122	289807,727	7155979,131	563,724	557,112	-6,611
123	289825,397	7155997,684	561,276	555,758	-5,518
124	289774,597	7155991,5	565,272	558,687	-6,585
125	289724,239	7155994,592	567,274	560,713	-6,561
126	289723,355	7155945,117	566,935	559,393	-7,542
127	289726,447	7155864,721	562,4	554,726	-7,673
128	289723,797	7155823,197	559,212	551,994	-7,218
129	289720,263	7155885,924	563,498	555,851	-7,648
130	289739,258	7155994,15	566,81	560,203	-6,607
131	289757,369	7155999,01	565,368	559,185	-6,183
132	289740,141	7156022,422	564,85	559,285	-5,565
133	289741,025	7156046,718	563,235	558,951	-4,285
134	289748,534	7156061,295	561,58	558,036	-3,544
135	289751,626	7156027,281	564,095	558,912	-5,183
136	289777,247	7156007,403	564,197	558,295	-5,903
137	289811,703	7155999,893	561,742	556,152	-5,589
138	289793,15	7156010,495	562,73	557,232	-5,499
139	289785,64	7156033,907	561,635	557,057	-4,577
140	289787,407	7156068,363	559,174	556,158	-3,015
141	289815,237	7156018,446	560,729	555,815	-4,914
142	289831,14	7156016,679	559,666	554,919	-4,747
143	289814,795	7156040,533	559,243	555,268	-3,975
144	289797,567	7156079,848	557,55	555,313	-2,237
145	289775,48	7156109,445	556,697	555,783	-0,914
146	289764,437	7156139,041	554,897	555,587	0,69
147	289754,277	7156106,352	557,984	556,806	-1,177
148	289753,393	7156081,615	559,835	557,324	-2,51

(Continua)

Tabela 4: Coordenadas UTM dos pontos obtidos pelo VANT, sem pontos de controle acrescidos da altura de voo (SEM PC 134), com pontos de controle (COM PC), diferença entre essas coordenadas Z.

<b>PONTO</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>Z (sem PC 134) (m)</b>	<b>Z (com PC) (m)</b>	<b>Diferença entre Z (sem PC 134) e Z com PC) (m)</b>
149	289772,83	7156079,848	559,122	556,594	-2,528
150	289765,32	7156038,324	562,63	558	-4,63
151	289769,738	7156053,785	561,338	557,485	-3,853
152	289800,66	7156052,018	559,426	555,844	-3,582
153	289790,5	7156099,726	556,514	555,219	-1,295
154	289766,204	7156124,022	556,015	555,819	-0,196
155	289814,795	7156065,271	557,142	554,545	-2,597
156	289870,269	7155745,897	552,147	544,165	-7,982
157	289885,691	7155787,343	555,496	548,2	-7,296
158	289722,8	7155773,849	555,882	549,32	-6,562
159	289711,234	7155735,295	552,77	547,082	-5,688

Fonte: O autor, 2018.

A tabela 5, mostra com clareza a diminuição na diferença entre alturas na coordenada H. Utilizando-se os pontos obtidos com o VANT sem pontos de controle e acrescidos a altura de voo a eles, a diferença cai para menos de 10 metros, uma diferença ainda significativa, mas um pouco mais próxima do padrão desejado. Isso se explica pelo fato de que o VANT talvez subtraia a altura de voo por não estar orientado com os pontos de controle.

O caminhar com equipamento GNSS método relativo estático-rápido, resultou em 2994 pontos e cuja listagem foi e exportada do arquivo CAD.

Devido a esse grande volume de dados gerados foram escolhidos 14 pontos distribuídos aleatoriamente pela área de estudo. Esses pontos são apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Coordenadas dos pontos coletados com caminhamento GNSS distribuídos pela área para análise estatística.

<b>Pontos</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>
2	289.714,520	7.155.699,731
5	289.791,825	7.155.682,061
15	289.728,656	7.155.715,633
30	289.817,446	7.155.758,482
34	289.739,258	7.155.778,802
44	289.865,595	7.155.773,943
55	289.767,529	7.155.822,534
71	289.786,082	7.155.888,795
84	289.915,070	7.155.893,213
95	289.904,027	7.155.928,994
106	289.819,654	7.155.938,712
114	289.775,480	7.155.964,775
148	289.753,393	7.156.081,615
157	289.885,691	7.155.787,343

Fonte: O autor, 2018.

A tabela 6 apresenta os valores das coordenadas E e N, e ainda as coordenadas H (COM PC) e H obtido com caminhamento (H GPS CAM). Também apresenta a diferença entre as coordenadas Z com pontos de controle e caminhamento e o cálculo do percentual de erro entre as duas coordenadas.

Tabela 6: Coordenadas dos 14 pontos na área de estudo, sendo H sem pontos de controle (com PC) e H do GPS com caminhamento (H GPS CAM).

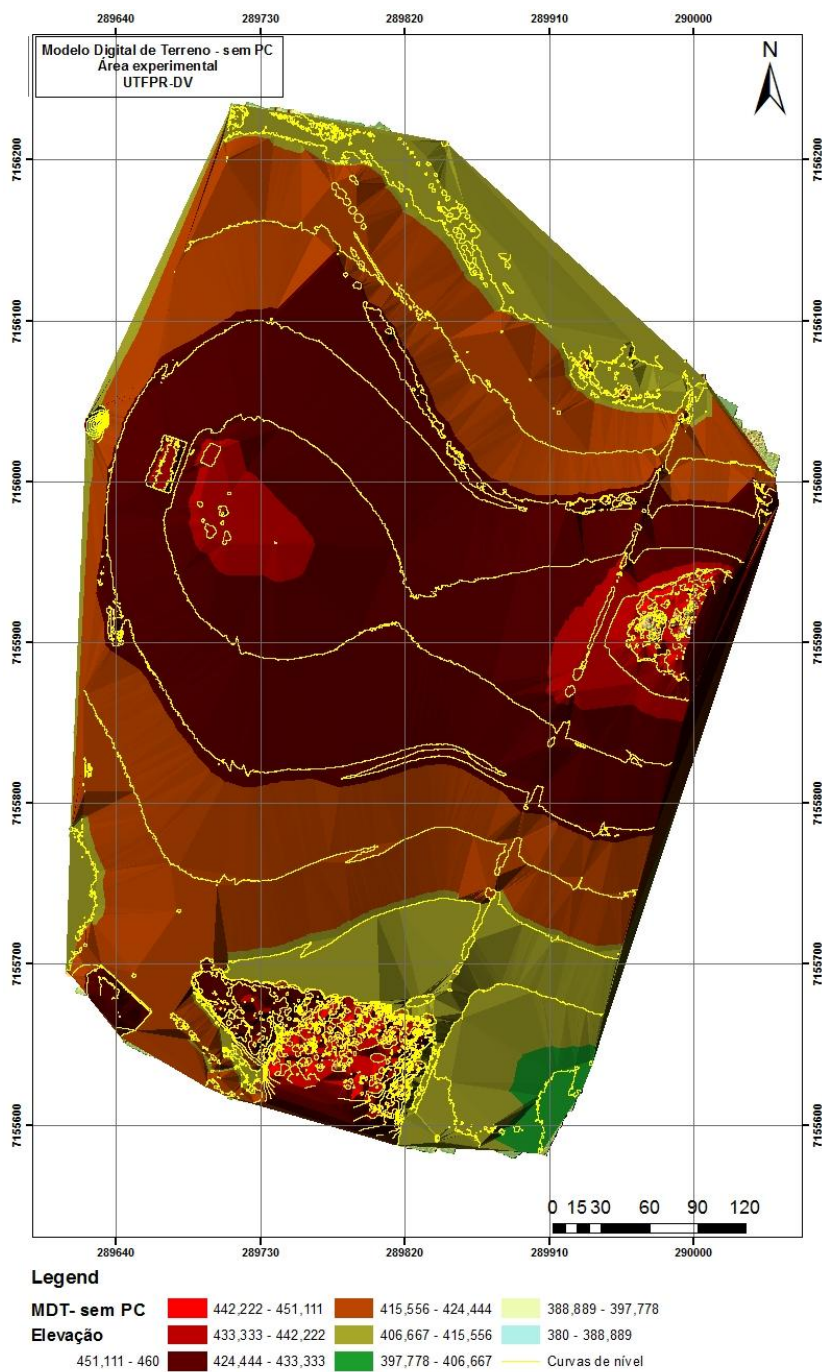
<b>Pontos</b>	<b>E (m)</b>	<b>N (m)</b>	<b>H VANT com PC (m)</b>	<b>H GPS CAM (m)</b>	<b>Diferença (m) (H com PC e H CAM)</b>	<b>% erro</b>
2	289714,52	7155699,731	544,304	544,166	-0,138	-0,025
5	289791,825	7155682,061	540,311	540,945	0,634	0,117
15	289728,656	7155715,633	545,301	545,164	-0,137	-0,025
30	289817,446	7155758,482	545,457	545,369	-0,088	-0,016
34	289739,258	7155778,802	549,296	549,943	0,647	0,118
44	289865,595	7155773,943	546,351	546,061	-0,29	-0,053
55	289767,529	7155822,534	551,531	551,154	-0,377	-0,068
71	289786,082	7155888,795	555,266	555,116	-0,15	-0,027
84	289915,07	7155893,213	558,133	558,355	0,222	0,04
95	289904,027	7155928,994	557,747	557,339	-0,408	-0,073
106	289819,654	7155938,712	556,405	556,168	-0,237	-0,043
114	289775,48	7155964,775	558,937	558,792	-0,145	-0,026
148	289753,393	7156081,615	557,324	557,845	0,521	0,093
157	289885,691	7155787,343	548,2	548,638	0,438	0,08

Fonte: O autor, 2018.

A Tabela 6, tendo o levantamento GNSS como testemunha, mostra que a adoção de pontos de controle faz com que os pontos gerados pelo VANT cheguem muito próximos da realidade de campo. As coordenadas H do levantamento GNSS e do levantamento com o VANT sendo processado com os pontos de controle estão muito próximas. Isso mostra a importância da adoção desses pontos georreferenciados mesmo para o levantamento com VANTS.

A figura 16 mostra o Modelo Digital de Terreno – MDT sem pontos de controle, gerado no programa QuantumGis®, um *software* livre de Sistema de Informação Geográfica – SIG que permite a edição e análises de dados georeferenciados. O MDT foi gerado a partir de um MDS criado com os pontos coletados pelo VANT. (Apêndice A)

Figura 16: Modelo Digital de Terreno e curvas de nível da área experimental sem a adição dos pontos de controle.



Fonte: O autor, 2018.

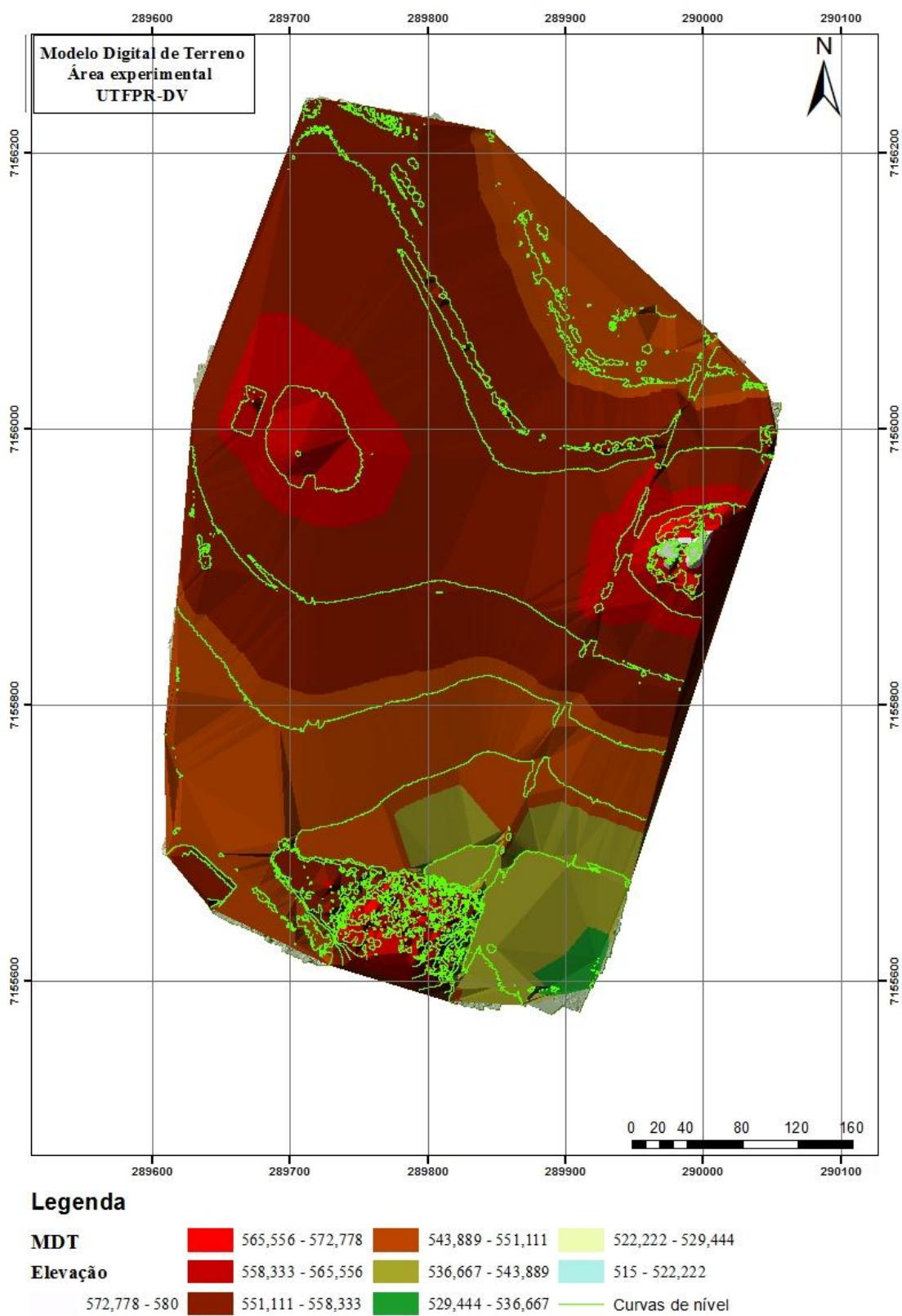


A Figura 16, mostra claramente o erro na coordenada H (altitude) obtida através do levantamento com o VANT como demonstrado anteriormente, porém, o modelo de elevação coincide com a verdade de campo, mostrando que apesar de apresentar uma altura extremamente menor, o modelo segue um padrão de elevação correlato ao modelo com pontos de controle.

Isto ocorre, pois, o processamento dos dados coletados pelo VANT sem ajustamento de pontos de controle, não tem informação da superfície física para orientá-la em relação a altitude real do local.

A figura 17, mostra o Modelo Digital de Terreno – MDT sem pontos de controle, gerado no programa QuantumGis®, um software livre de sistema de informação geográfica – SIG que permite a edição e análises de dados georeferenciados. O MDT foi gerado a partir de um MDS criado com os pontos coletados pelo VANT e ao MDS foram adicionados os pontos de controle dando assim uma referência ao modelo (Apêndice B).

Figura 17: Modelo Digital de Terreno e curvas de nível da área experimental com a adição de pontos de controle.



Fonte: O autor, 2018.

A figura 17, em relação a elevação do terreno, mostra uma grande aproximação das altitudes em relação aos dados apresentados anteriormente. Também se evidencia a semelhança entre o MDT sem pontos de controle, isso corrobora o fato de que há uma correlação entre os dois modelos, apesar da distância entre eles na coordenada H.

Há de se salientar que as coordenadas E e N são muito próximas, o que faz com que os mapas sejam tão semelhantes.

## 7. CONCLUSÃO

O planejamento e a execução do vôo foram realizados com sucesso, sendo que ao total foram geradas 495 fotos digitais. A coleta de dados permitiu a geração de MDT da área para análise visual dos dados coletados.

A partir dos dados coletados com VANT e GNSS foi possível gerar os MDTs apresentados nos apêndices A e B que representam as variações do relevo de acordo com os dados coletados.

A estratégia de implantar pontos de controle na área mostrou-se muito eficiente para uma representação do relevo mais próxima a realidade de campo. O ganho em qualidade do levantamento de dados, torna-se muito superior ao tempo dispendido na implantação e coleta de dados dos pontos de controle na área.

A distribuição geométrica dos pontos de controle na área, também é um fator importante a se considerar. Neste trabalho optou-se por 5 pontos de controle sendo um em cada extremidade da área e um ponto central. Essa distribuição garante uma confiabilidade geométrica no ajustamento dos dados.

A importância da inclusão de pontos de controle se dá para aumentar a acurácia do mapeamento aéreo. O VANT utilizado possui em seu sistema um GPS de navegação com precisão de 5 a 10 metros, o que indica que um ponto coletado por ele pode estar em um raio de 5 a 10 metros, ou seja, possui um erro de 5 a 10 metros em relação ao terreno. Logo, utilizar pontos de controle influencia positivamente na diminuição desse erro

Quanto ao levantamento com GNSS no método cinemático para obter dados da área no sentido norte-sul e leste-oeste houve êxito, resultando em 2994 pontos, sendo que o intervalo de coleta de dados foi de 1 segundo e máscara de obstrução com 10° de elevação. Esse levantamento foi utilizado como verdade de campo para altimetria da área de estudo.

A não adoção de pontos de controle faz com que o levantamento não seja satisfatório, pois não se tem amarrações no terreno para trazer o modelo para uma realidade de campo, logo, para o objetivo do trabalho (altimetria) não é indicado.

Incluindo-se a altura de vôo e comparando-se com a coordenada Z utilizando os pontos de controle, percebe-se um erro médio de 6,38 metros. Essa precisão é padrão do GPS de navegação, o mesmo GPS utilizado no VANT. Pode ser utilizado para alguns levantamentos, dependendo da precisão requerida. A metodologia aplicada é válida por que foi compatível ao que se propôs no trabalho.

Foi provado que se pode confiar no MDT obtido pela metodologia VANT, mas se define que são necessários pontos de controle.

A utilização dessa metodologia tornou-se muito viável e superior se comparadas às metodologias tradicionais. Além da agilidade na tomada de pontos, na facilidade de manuseio, segurança, entre outras, o levantamento com o uso do VANT torna-se preciso com a utilização de pontos de controle bem-dispostos na área a ser trabalhada.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. B. M.; ABREU, P. A. G.; SOUZA, J. S., **GNSS: Status, modelagem atmosférica e métodos de posicionamento**, Rev. Bras. Geom., v.1, 2013.

AMSAT, **O que são Satélites**, Disponível em < <http://www.amsat.org/amsat-new/information/faqs/portegues/>> acesso em: 03/05/2016.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil, **Drone**. Disponível em <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>> . acesso em 01/06/2018.

AVION INSURANCE, **FOR UAV PROFESSIONALS & DRONE ENTHUSIASTS UAV & Drone Insurance. Florida, 2018.**

BORGES, A.C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda, v.2. 232p. 1992.

COELHO, Y. G. V., **Análise multitemporal e atualização do mapa do uso e ocupação do solo do Câmpus da UTFPR-DV**, pag 20, Dois vizinhos – PR, 2015.

ELACHI, C.; VAN ZYL, J., **Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, Second Edition**, página 1-4, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **GPS – Global Positioning System**, Campinas – SP, 2018.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A., **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Pearson (r)**, Rev. Política hoje, Vol 18, n.1, 2009.

FITZ, P. R., **Geoprocessamento sem complicação**, pag. 99, cap 6, São Paulo-SP, 2008.

FLORENZANO, T. G., **Iniciação em Sensoriamento Remoto, 3ª edição**, pg. 1 a 20 - (2011).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Normas e especificações para levantamentos GPS**, 2006.

LI, et. al., **Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou**, Scientific Reports, fevereiro de 2015.

MEDEIROS, L. N.; SANCHEZ, T. G., **Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation**. Braz. J. otorhinolaryngol. vol 82 no.1 São Paulo, Jan/Fev. 2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Brasília – DF, 2012.

MOLČÍKOVÁ, S. and HURČÍKOVÁ, V.: **The possibilities of map layouts creation in ArcGIS. In: SGEM 2013: 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: Informatics, geoinformatics and remote sensing: conference proceedings: volume 1**. Junho, 2013, Albena, Bulgaria.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS. Descrição, fundamentos e aplicações**, segunda edição, São Paulo, 2007.

MOREIRA, M. A., **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação, 4ª edição**, pg 137- Viçosa, 2012.

DELAZARI, L. S., **GNSS Muito além do mapeamento**, 2005.

PRETO, F. **Um pouco da história da fotografia**. 2003.

PUKANSKÁ, K., Bartoš, K. and Sabová, J.: **Comparison of Survey Results of the Laser Scanning**. In: Inžynieria Mineralna. Vol. 33, no. 1 (2014).

SCHÖNEMANN, E.; MATTHIAS, B.; SPRINGER, T. **A new Approach for GNSS Analysis in a Multi-GNSS and Multi-Signal Environment.** Journal of Geodetic Science. v.1, n.3, 2011.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing (Third Edition) Models and Methods for Image Processing,** páginas 75-126, XIV.

SILVA, D., C.; Costa, G., C. **Aerofotogrametria em Projetos de Estradas.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE, jul-2010.

TELECO, **Comunicação via Satélite,** Disponível em <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialsatcom.pdf>> acesso em: 03/05/2016.

UFSM, Laboratório de Cartografia, **UTM – Universal Transversa de Mercator,** disponível em <[http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com\\_content&view=article&id=26:utm-universal-transversa-de-mercator&catid=14:basico&Itemid=30](http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com_content&view=article&id=26:utm-universal-transversa-de-mercator&catid=14:basico&Itemid=30)> acesso em 01/06/2018.

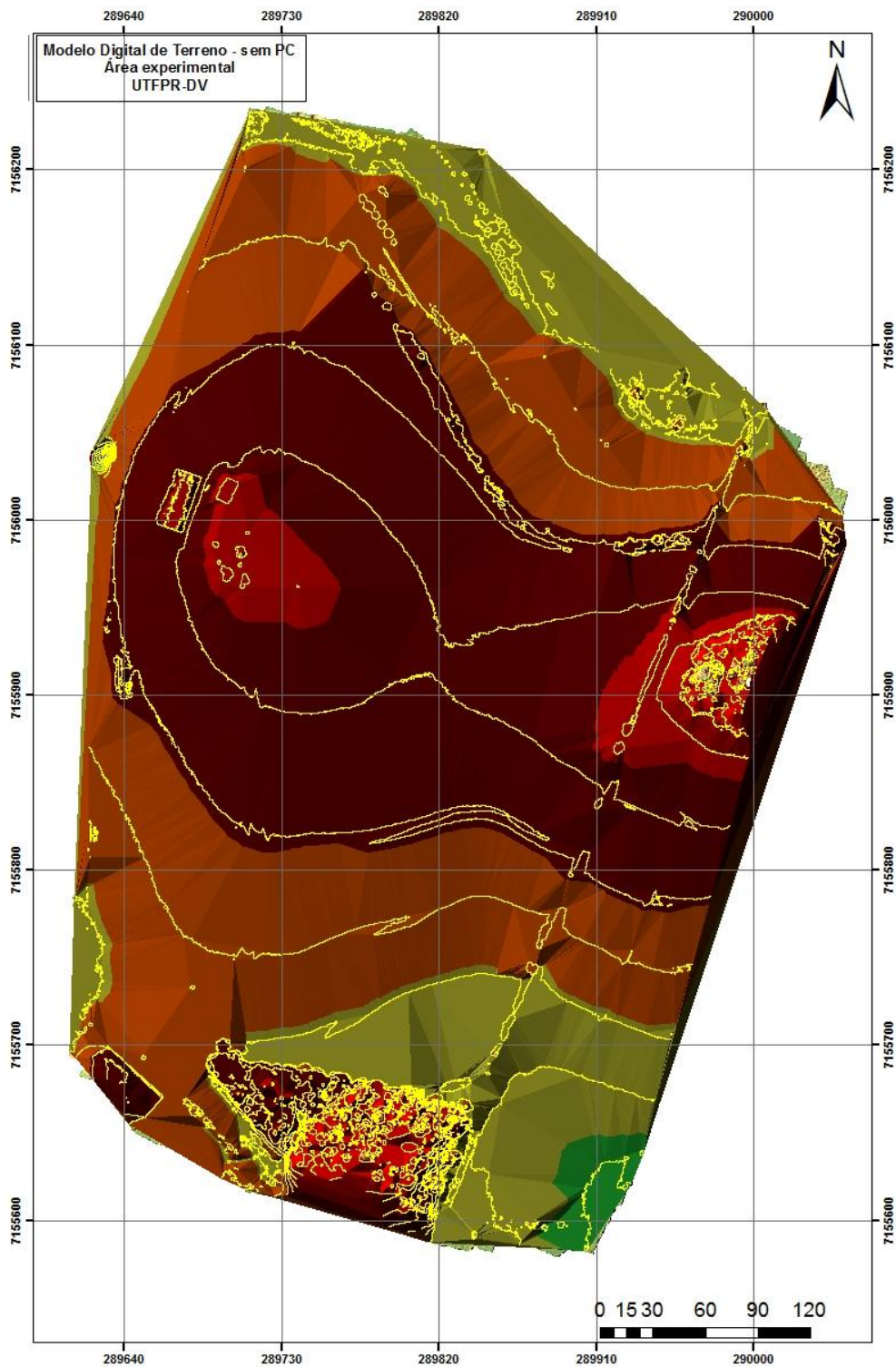
VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M.A.Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia.** Universidade Federal do Paraná. 2012.

VÉRAS JÚNIOR, L., **Topografia - Notas de aula.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2003.



## APÊNDICE A

### Modelo Digital de Terreno – MDT sem pontos de controle (unidade m)

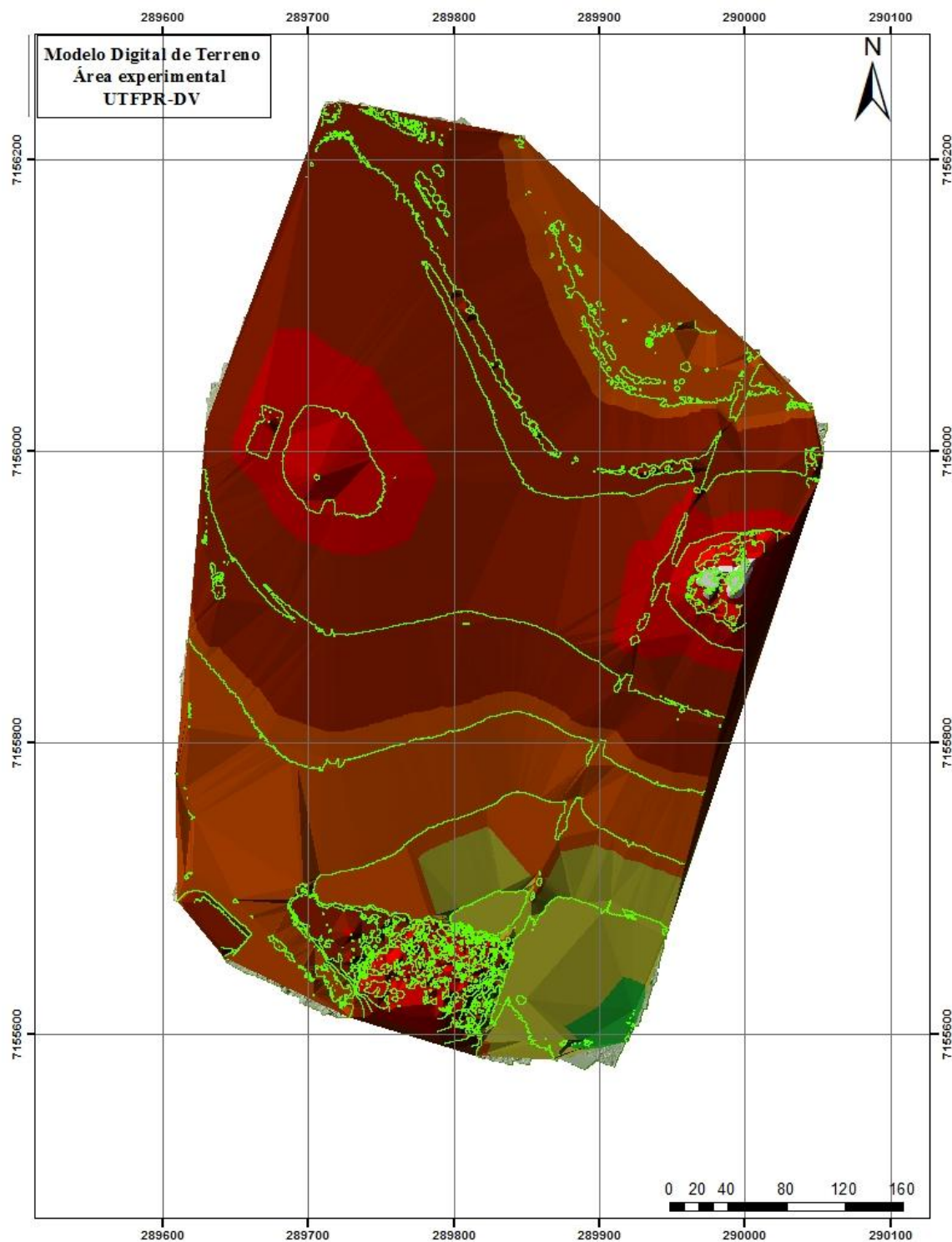


#### Legend










<b>MDT- sem PC</b>	<span style="color: red;">■</span> 442,222 - 451,111	<span style="color: orange;">■</span> 415,556 - 424,444	<span style="color: yellow;">■</span> 388,889 - 397,778
<b>Elevação</b>	<span style="color: darkred;">■</span> 433,333 - 442,222	<span style="color: olive;">■</span> 406,667 - 415,556	<span style="color: cyan;">■</span> 380 - 388,889
	<span style="color: brown;">■</span> 451,111 - 460	<span style="color: green;">■</span> 397,778 - 406,667	<span style="color: yellow;">—</span> Curvas de nível

## APÊNDICE B

### Modelo Digital de Terreno – MDT com pontos de controle (unidade m)



#### Legenda

<b>MDT</b>	 565,556 - 572,778	 543,889 - 551,111	 522,222 - 529,444
<b>Elevação</b>	 558,333 - 565,556	 536,667 - 543,889	 515 - 522,222
	 572,778 - 580	 529,444 - 536,667	 Curvas de nível