



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

WALTER ROSSI CERVI

**AVALIAÇÃO DA ALTIMETRIA DE DADOS SRTM UTILIZANDO  
GNSS RTK COMO REFERÊNCIA**

---

LONDRINA  
2012

WALTER ROSSI CERVI

**AVALIAÇÃO DA ALTIMETRIA DE DADOS SRTM UTILIZANDO  
GNSS RTK COMO REFERÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Geociências da Universidade Estadual de  
Londrina, para obtenção do título de  
Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nardini  
Gomes

LONDRINA  
2012

WALTER ROSSI CERVI

**AVALIAÇÃO DA ALTIMETRIA DE DADOS SRTM UTILIZANDO  
GNSS RTK COMO REFERÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profº Dr. Luciano Nardini Gomes  
(Orientador)/UEL

---

Profº Dr. Carlos Alberto Hirata  
(Membro)/UEL

---

Profº Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto  
(Membro)/UEL

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Walter Cervi e Silvana Flávia Rossi Cervi, pela educação e suporte durante toda minha vida;

Dr. Laerte Guimarães Ferreira Junior e Dr. Manuel Eduardo Ferreira pelas dicas e instruções durante todos esses anos acadêmicos;

Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto pelo auxílio e orientação durante grande parte da graduação;

Dr<sup>a</sup> Eliane Tomiasi Paulino pela oportunidade de trabalho em projeto de pesquisa;

Ao orientador Dr. Luciano Nardini Gomes pela paciência, dedicação e comprometimento com o presente trabalho.

CERVI, Walter Rossi. **Avaliação da altimetria de dados SRTM utilizando GNSS RTK como referência.** 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

## RESUMO

As representações planialtimétricas se constituem banco de dados indispensáveis ao planejamento rural e ambiental. Quando projetos visam à adequação de grandes áreas, técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto possibilitam a geração de cartas altimétricas com relativa velocidade, quando comparado às técnicas topográficas convencionais e de georreferenciamento. Todavia, fundamental ao planejamento que se visa, é que as representações altimétricas sejam condizentes com a realidade do relevo no campo. O presente trabalho visou avaliar a fidelidade das curvas de nível obtidas a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), tendo como testemunha o levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado de uma propriedade rural média, utilizando para isso um receptor GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*). Os dados de ambos os materiais foram submetidos a programas computacionais para etapas de pré-processamento (SRTM- *offset* da área de estudo; extração dos valores altimétricos dos pixels/GNSS RTK – apuração do levantamento; definição da perimetral de estudo) e processamento (interpolação). Os resultados geraram plantas planialtimétricas com equidistâncias verticais (EV) de 5m, 10m e 20m. Com base nesses resultados foram estabelecidos perfis longitudinais da planta com EV de 5m em virtude da maior discrepância entre os dados utilizados para evidenciar os pontos onde houve maior distância entre as curvas sobrepostas. Desta forma concluiu-se que o uso de imagens SRTM para a componente topográfica de projetos que visam sistematização de terras, bem como a altimetria de projetos de irrigação e drenagem são insuficientes para obtenção de uma descrição detalhada das feições do terreno. Por outro lado ela possui certa confiabilidade na geração altimétrica de pré projetos agroambientais, como classificação de solos e quanto a capacidade de uso do solo.

**Palavras chave:** Planejamento rural e ambiental; SRTM; GNSS RTK; Planta Planialtimétrica; Perfil Longitudinal.

CERVI, Walter Rossi. **Altimetry Assessment from SRTM data using GNSS RTK as reference**. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

### ABSTRACT

Planialtimetric representations of a rural property is an important database and very essential to the rural planning and environmental planning. When some projects aim the large areas systematizations, remote sensing and GIS techniques allow a quick generation of altimetric maps in comparison with the regular topographic techniques and georeferencing. However, essential to the planning which aims, that is the altimetric representations need to be consistent with the field reality. The present work aimed to evaluate the contour accuracy from SRTM images (Shuttle Radar Topographic Mission), using GNSS RTK (*Global Navigation Satellite System – Real Time Kinematic*) georeferenced survey as reference in a regular rural property. The data were submitted to software for processing (SRTM – offset; extract the altimetric value of the pixel/GNSS RTK – edit the surveying; generate the perimeter) and processing steps (interpolation). The results generated planialtimetric maps with 5m, 10m and 20m vertical equidistances. By these results it was established 5m longitudinal profiles due to the large difference between the two data sets. In this context it is concluded that SRTM data is inadequate when aiming land systematization and irrigation projects. Nevertheless SRTM data is a good tool to preview projects like soil classification and land cover capacity.

**Key words:** Rural and environmental planning; SRTM; GNSS RTK; Planialtimetric Map; Longitudinal profile.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Módulo de funcionamento do levantamento em tempo real.....	14
<b>Figura 2</b> - Modelo de varredura por interferometria da missão SRTM.....	16
<b>Figura 3</b> - Área de estudo.....	17
<b>Figura 4</b> - Modelo conceitual.....	20
<b>Figura 5</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 5 metros gerada a partir de levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK .....	22
<b>Figura 6</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 5 metros gerada a partir de banco de coordenadas obtido por imagens SRTM .....	23
<b>Figura 7</b> – Comparação das plantas 5 e 6 (GNSS RTK e SRTM) .....	24
<b>Figura 8</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 10 metros gerada a partir de levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK .....	25
<b>Figura 9</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 10 metros gerada a partir de banco de coordenadas obtido por imagens SRTM .....	26
<b>Figura 10</b> – Comparação das plantas 8 e 9 (GNSS RTK e SRTM) .....	27
<b>Figura 11</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 20 metros gerada a partir de levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK .....	28
<b>Figura 12</b> – Planta planialtimétrica com curvas de 20 metros gerada a partir de banco de coordenadas obtido por imagens SRTM.....	29
<b>Figura 13</b> – Comparação das plantas 11 e 12 (GNSS RTK e SRTM).....	30
<b>Figura 14</b> – Cruzamento do perfis longitudinais apoiados na altimetria gerada com dados do levantamento GNSS RTK e imagens SRTM. ....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Valores altimétricos SRTM e GNSS RTK de cada estaca .....	32
<b>Tabela 2</b> - Diferença entre os valores altimétricos (em metros) .....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
2.1 Utilização da planialtimetria para planejamento rural e ambiental.....	11
2.2 Posicionamento pelo GNSS e método de levantamento RTK.....	13
2.3 Conceitos sobre SRTM.....	15
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	17
3.1 Área de estudo.....	17
3.2 Pré Processamento.. ..	18
3.3 Processamento.....	19
<b>4 RESULTADOS</b> .....	21
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	34
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	35

## 1. INTRODUÇÃO:

Um dos maiores desafios do primeiro setor é enquadrar a máxima eficiência da produção agrícola junto aos moldes de um desenvolvimento rural sustentável. A desordenada utilização de defensivos agrícolas, o manejo inadequado de maquinários, bem como o desmatamento de áreas prioritárias, são alguns dos fatores que contribuem para o aparecimento de problemas ambientais, como a compactação do solo, o assoreamento dos recursos hídricos, lixiviação e processos erosivos como um todo. Tendo em vista esta conjuntura, a partir do desenvolvimento científico e tecnológico no campo, muitas técnicas que possibilitam conciliar um planejamento rural e ambiental têm sido utilizadas, dentre elas se destacam as geotecnologias.

Grandes corporações associadas aos grandes produtores rurais brasileiros aderiram à geotecnologia para um melhor rendimento de sua safra e enquadramento às legislações ambientais. Por essa conjuntura o mercado vinculado à agricultura de precisão, equipamentos topográficos, produtos satelitários, tem crescido muito nos últimos anos. Entretanto, tais técnicas não estão ao alcance do pequeno e médio produtor, em virtude da inviabilidade financeira em adquiri-las, as quais seriam imprescindíveis para potencializar o aproveitamento de sua produção e recursos naturais.

Institutos de pesquisa, vinculado ao poder público, utilizam a pesquisa aplicada dessas técnicas visando um maior comprometimento social no planejamento e gestão territorial rural. Contudo, a disponibilidade dessas informações para o uso público ainda está aquém das que são comercialmente utilizadas. Portanto, cabe aos centros de pesquisa, ensino e extensão avaliarem a qualidade dos dados que são veiculados, verificar a sua aplicabilidade prática, e também produzir um resultado que seja útil socialmente.

Dentro das geotecnologias, a representação da planialtimetria de uma determinada área através da utilização de equipamentos topográficos e computacionais modernos, é uma condição necessária para estudos a cerca de planejamento rural e ambiental. Nesse sentido, quanto mais preciso for o material utilizado, melhores resultados poderão ser obtidos a fim de estabelecê-los como parâmetros de avaliação. Assim, subsidiar tomadas de decisão resulta em uma aplicabilidade social efetiva, uma vez que estabelece critérios para um planejamento rural estratégico.

Tendo em vista a necessidade de analisar as melhores formas de gestão territorial rural em pequenas e médias propriedades, e também estabelecer melhores relações custo benefício sob a ótica do uso da topografia de precisão, por meio de geotecnologias, empreendeu-se

neste trabalho a avaliação da qualidade das representações altimétricas de uma propriedade rural de 100 hectares, localizada em Bela Vista do Paraíso - PR. Para tanto, estabeleceu-se a geração de duas plantas topográficas planialtimétricas: a) a partir da utilização de um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de alta precisão; b) proveniente da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:**

### **2.1. Utilização de planialtimetria para planejamento rural e ambiental:**

Soluções de problemas e avaliação de oportunidades de negócio, de qualquer propriedade rural, necessitam a aquisição de dados gerados em campo ou externos à área. Em ambos os casos é importante avaliar qualidade e a abrangência dos dados usados para subsidiar tomadas de decisão. No tocante ao planejamento e gestão de um estabelecimento rural, o meio ambiente é um fator determinante e frequentemente determina variações importantes nos custos operacionais. (VELOSO, 1997). Camargo et al. (2005) ainda enfatizam, considerando que boa parte dos problemas de gestão de recursos naturais no meio rural é resultado do uso indiscriminado de agrotóxicos, do desmatamento de florestas ripárias e de técnicas de manejo inadequadas.

Dentre os problemas ambientais de ordem física mais acentuada em áreas agrícolas destaca-se a erosão do solo, ação esta que contribuirá para a perda da qualidade solo, bem como o assoreamento dos cursos d'água. Paiva et al. (2003) salienta que tais processos se sobressaem como os principais problemas ambientais, na qual são originados por fatores de ordem física como a pluviosidade e também por fatores sociais originados por uma ocupação desordenada sem critérios básicos de planejamento ambiental.

Além da prevenção de acidentes ambientais e o auxílio às práticas conservacionistas, as técnicas de planejamento agroambiental se constituem como um importante aliado ao produtor rural na melhoria da qualidade da produção agrícola. Tal afirmação pode ser atestada à luz dos experimentos de Silva e Silva (1985), na qual utilizaram fragmentos de rochas para a construção de cordões de contorno, tal experimento resultou, além de uma melhoria já comprovada da qualidade do solo (SILVA; PAIVA, 1985), em um maior rendimento das culturas de milho e feijão de corda.

A utilização de métodos topográficos, dado a sua transdisciplinaridade, estão diretamente ligadas ao planejamento (TESTONI; BACKES, 2009), seja ele em ambientes

rurais ou urbanos. Pela importância e variedade dos dados que oferece, destaca-se de forma especial a representação cartográfica, pois possibilita uma análise completa e integrada dos dados apurados em campo para a tomada de decisões fundamentais em práticas conservacionistas. Os resultados de um estudo topográfico são denominados de levantamento planialtimétrico, e está dividido em planimetria e altimetria. A planimetria trata da representação em projeção horizontal e revela em detalhes os objetos existentes na superfície, enquanto a altimetria é medição da altura relativa de tais objetos, parte que envolve o relevo, elemento de capital importância para projetos de uso e ocupação do solo e planejamento como um todo (GARCIA; PIEDADE, 1983). Portanto a planialtimetria é a junção das análises planimétricas e altimétricas de forma integrada, desta forma, um estudo com uma maior riqueza de detalhes (SÁ; MOLINA, 1995).

Conhecimento da planialtimetria de áreas é de fundamental importância quando se objetiva, além da geração de recursos, a conveniente preservação ambiental. Borges (1992) referindo-se às plantas planialtimétricas discorre que, através da mesma, o técnico visualiza vales, grotas, espigões, divisores de águas pluviais, terrenos mais ou menos íngremes, mais ou menos sinuosos, entre outros. Para Politano et al. (1990) as atividades de uso e manejo do solo, proteção de nascentes, infra-estrutura e sistemas viários entre outros, devem ser elaborados em consonância com as características das bacias hidrográficas em que vão ser implantadas, citando entre vários parâmetros básicos, a necessidade de mapeamento dos compartimentos do relevo.

A elaboração de uma planta planialtimétrica, pode se constituir em elemento básico para ações hoje consideradas nobres, uma vez que estão relacionadas à preservação ambiental. Stein (1999) destaca que para tornar possível a prevenção das erosões rurais, há que se tomar por base um mapa de classes de capacidade de uso do solo, conjuntamente com o mapa de risco de erosão. É conveniente ressaltar que tais mapas, nas quais os autores se referem, são embasados em cartas de declividade, que por sua vez é fundamentada em uma carta planialtimétrica.

Especificamente, no que tange o planejamento agroambiental, as representações X, Y, Z (planialtimétricas) de um determinado talhão rural também contribuem na extensão produtiva. Yang et al. (1998) utilizando tais atributos topográficos encontraram uma variação entre 13% e 35% nos campos de trigo no Noroeste dos EUA. Já Kutcher et al. (1999) estudaram a influência da topografia do terreno em relação a doenças no trigo, propondo dosagens de defensivos a partir de um estudo detalhado do relevo de uma determinada região.

Paralelamente, a geotecnologia tem evoluído significativamente nos últimos anos, motivada por diversos interesses sejam eles comerciais, jurídicos e científicos, muitos dos quais ligados às atividades desenvolvidas no meio rural (GIANEZINI et al., 2012). Logo, a entrada de produtos de alta precisão: Receptores GPS; espectrorradiômetro; Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), entre outros, tem-se facilitado muito o gerenciamento de áreas agrícolas com grande economia de tempo.

De tal modo, pesquisadores buscam calibrar a eficiência das novas geotecnologias, bem como aumentar a sua gama de aplicabilidade. Especificamente, Coelho (2003) comparou a eficiência de GPS de navegação e GPS geodésico na caracterização planialtimétrica de áreas para sistematização de terras em projetos de irrigação e drenagem, utilizando o método convencional de levantamento topográfico por estação total como testemunha, a partir da submissão dos dados junto ao *software* TOPOEVN.

## **2.2. Método de levantamento GNSS RTK:**

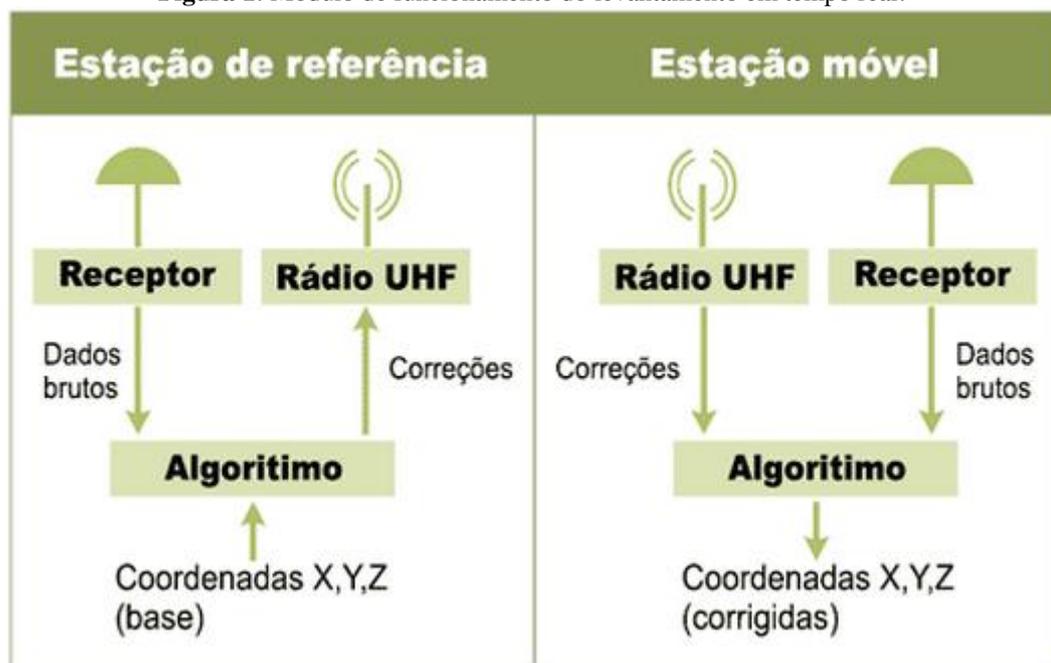
O sistema de posicionamento por satélites (GNSS – *Global Navigation Satellite System*) que mais recebeu investimentos ao longo dos anos, e que tem seu desenvolvimento mais avançado no século 21, é o sistema de posicionamento global NAVSTAR – GPS (*Navigation Satellite with Timing and Ranging – Global Positioning System*) dos EUA (SILVEIRA, 2008). A concepção do seu sistema permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, tenha a sua disposição no mínimo quatro satélites para serem rastreados (MONICO, 2008) (segundo dados do USNO – *United States Naval Observatory*, atualmente a constelação GPS contém 33 satélites ativos), uma vez que conhecendo as coordenadas dos satélites é possível estabelecer a localização do receptor. O autor ainda ressalta que apesar da maior constelação em atividade ser GPS, os receptores GNSS abrangem também o sistema GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*) da Rússia e GALILEO (*European Satellite Navigation System*) da Europa.

De maneira sintética, utiliza-se o GNSS para fins de navegação ou para a cartografia (geodésia). Na navegação, seja ela de característica marítima, terrestre ou aérea, existe a necessidade principal de reconhecer a localização de um objeto em tempo real. No que se referem aos levantamentos cartográficos, os dados coletados em campo são tratados laboratorialmente em um processo conhecido por levantamento pós processado (PRADO; KRUEGER, 2003). Contudo, algumas aplicações nas quais envolvem levantamentos cadastrais, hidrográficos, mineração, fiscalização, entre outros, demandam de receptores de

alta acurácia e agilidade para a obtenção dos dados (BLEPPER, 2007). Com o aumento do contingente de usuários, algumas técnicas de posicionamento pelo GNSS foram desenvolvidas, dentre elas se destaca o método *Real Time Kinematic* (RTK) (PRADO; KRUEGER, 2003).

O RTK é uma técnica de levantamento baseada no posicionamento relativo da portadora, ou seja, utiliza os sinais L1 (1575,42MHz e  $\lambda \sim 19\text{cm}$ ) e L2 (1227,60MHz e  $\lambda \sim 24\text{cm}$ ) (MONICO, 2008) com elevada precisão em tempo real. Costa et al. (2008) afirma que para a realização de um levantamento RTK é necessário um receptor instalado em uma estação com coordenadas conhecidas, denominado de estação de referência ou base RTK, um receptor móvel (rover), e um rádio de comunicação para enviar os dados da estação de referência RTK ao receptor móvel. O link de comunicação entre a estação de referência e o receptor móvel, desempenha um papel fundamental para o sucesso do levantamento RTK, tendo em vistas que as correções entre base e rover devem ser realizadas em tempo real. A figura 1 mostra o procedimento de correções entre as duas estações:

**Figura 1:** Módulo de funcionamento do levantamento em tempo real.



Fonte: MUNDOGEO, 2007.

Em qualquer tipo de levantamento, seja ele pós-processado ou em tempo real é importante considerar os fatores limitantes, dentre os quais se destacam o multicaminhamento, fator este, que se inclui quando se opera próximo a grandes construções, por circunstâncias referentes à condição do relevo ou pelo tipo de cobertura do relevo (áreas de mata densa, por exemplo). E, também, entre as distâncias das duas estações, se restringindo

a uma operação de até de 10 km devido ao alcance limitado do sinal do UHF do radio (BLEPPER, 2007).

Tendo como objetivo, diminuir a incidência dos fatores limitantes, o levantamento em tempo real implica uma série de configurações prévias, com a finalidade de ajustá-las à escolha do usuário para determinado tipo de trabalho que será realizado. Nesse sentido se destacam as máscaras de elevação, nas quais são configuradas para que se obtenha melhor geometria de satélites e padronize a leitura do receptor GNSS. Portanto, Rose et al. (2011) explica que se o equipamento foi configurado com uma máscara de elevação de 20°, significa que todos os sinais obtidos por satélites com esse ângulo de distância em relação à linha do horizonte serão excluídos. É importante frisar que o valor da máscara de elevação deve ser configurado conforme a estrutura do terreno. Em áreas com a influência de multicaminhamentos aconselha-se o uso de ângulos maiores (até 40°), em uma área agrícola, com baixa declividade, deve se optar por valores menores.

Com a entrada deste tipo de tecnologia no mercado e sua relativa facilidade de processamento, muitos trabalhos têm utilizado tal método, na qual resulta uma economia de tempo em campo e alta precisão. Todavia, os levantamentos geodésicos como um todo enfrentam grandes dificuldades em relação ao alto custo de desenvolvimento ou aquisição instrumental e à falta de recursos computacionais específicos e eficientes, conforme aponta Lima et al. (2002). Por isso, paralelamente, o sensoriamento remoto tem evoluído significativamente, a fim de se tornar uma importante fonte de informações da superfície terrestre para estudos de características topográficas (SANTOS et al., 2006).

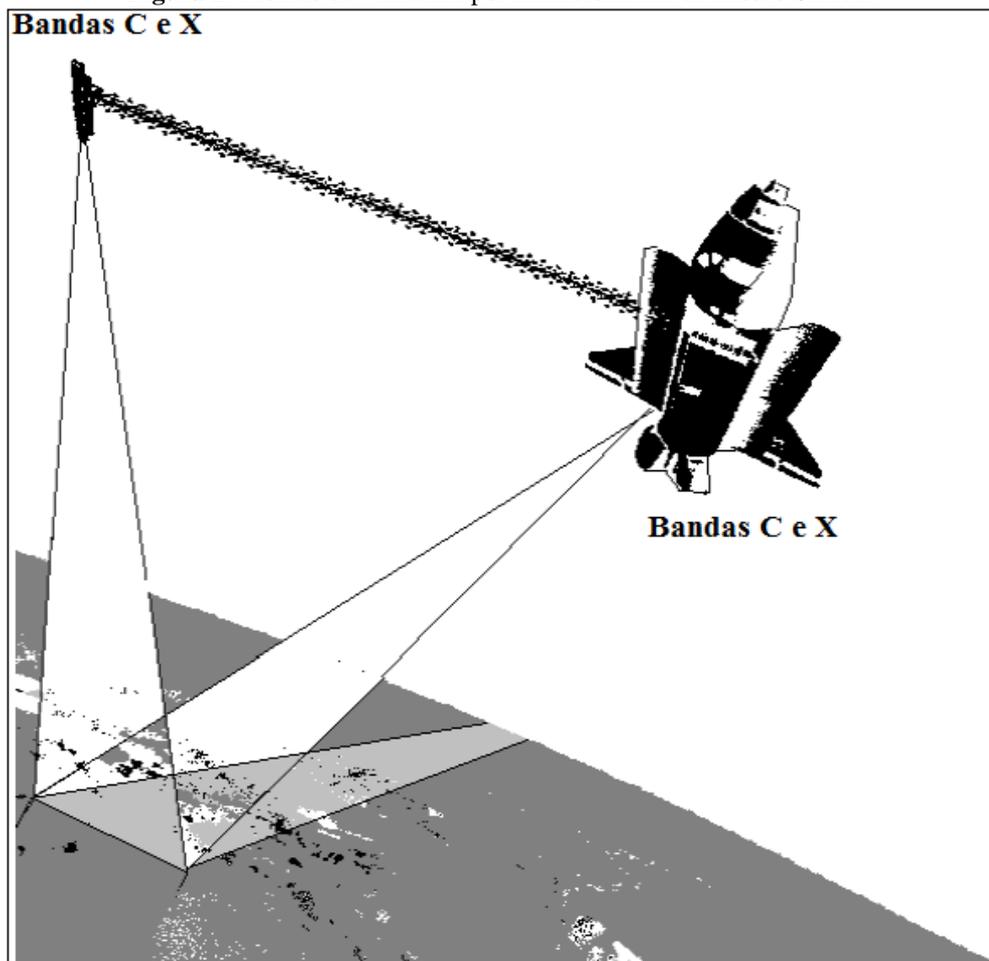
### **2.3. Conceitos sobre SRTM:**

O sensoriamento remoto permite a aquisição de parâmetros físico-químicos de uma determinada área de interesse. Para tanto, utiliza-se de sensores capazes de captar a radiação eletromagnética que é emitida e/ou refletida dos alvos terrestres e atmosféricos. Tais sensores podem ser classificados quanto à capacidade de operar sem ou com uma fonte de energia eletromagnética externa, caracterizando-se, respectivamente, como sensores ativos (emissores e receptores de ondas) e passivos (apenas receptores de sinais), por exemplo, respectivamente, o uso de imagens de radar, e imagens de sensores orbitais mais usuais como o *Thematic Mapper* da série Landsat (CARVALHO; BAYER, 2008).

A luz desses conceitos, os produtos SRTM fazem parte de um conjunto de imagens de radar e se distinguem dos demais produtos por serem sensores capazes de reproduzir altitudes,

trata-se de um modelo digital do terreno (MDT), ou seja, representa em três dimensões espaciais o relevo, latitude, longitude e altitude (x, y, z) (CARVALHO; BAYER, 2008). O projeto SRTM foi realizado conjuntamente pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dos EUA, e as agências espaciais DLR (*Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt*), da Alemanha, e ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*), da Itália. As informações foram coletadas a partir do ônibus espacial *Endeavour*, na qual utilizou um pacote interferométrico de abertura sintética (SAR), com sinais de micro-ondas nas bandas C ( $\lambda \sim 5,6\text{cm}$ ) e X ( $\lambda \sim 3\text{cm}$ ). Uma haste mecânica presa à nave levou em sua extremidade duas antenas receptoras SAR, contendo também as bandas espectrais C e X, propiciando a geração de uma angulação lateral responsável pelo fornecimento dos dados de elevação (figura 2). Ao fim de 11 dias de sobrevoo, percorrendo 176 órbitas ao total, foram gerados modelos tridimensionais de cerca de 80% da superfície terrestre (CHANG et al., 2004; SANTOS et al., 2006; BERRY et al., 2007; VALERIANO; ABDON, 2007).

**Figura 2:** Modelo de varredura por interferometria da missão SRTM.



Adaptado: VALERIANO, 2004.

O uso das imagens da missão SRTM tem se tornado cada vez mais frequente em estudos geológicos, hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos, dentre outros, em particular

para análises tanto quantitativas como qualitativas do relevo e seus agentes modificadores (CARVALHO; LATRUBESSE, 2004). Experimentos como de Medeiros et al. (2009), na qual utilizam cenas SRTM para a delimitação automática de bacia hidrográficas no Estado de Goiás e Distrito Federal, ou o de Campos et al. (2008) para mapeamento geomorfológico de uma bacia na região de Uberlândia (MG), demonstram a variabilidade de casos as quais podem aplicar tal ferramenta, mesmo trabalhando com diferentes tipos de escalas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS:

#### 3.1. Área de estudo

A área determinada como estudo de caso compreende uma propriedade rural, localizada na porção sul do município de Bela Vista do Paraíso – PR, cuja formação geológica pertence ao Grupo Serra Geral. A área total da propriedade contém aproximadamente 100 hectares e está situada entre as latitudes S 23°03' e S 23°04' e as longitudes W 51°13' e W 51°14' (figura 3).

**Figura 3:** Área de estudo.



**Fonte:** Googleearth.

A referida área foi escolhida por apresentar feições topográficas bem definidas, sendo constituída basicamente de um divisor de águas, por onde passa a estrada rural, e de dois vales, ao norte e ao sul do imóvel. Ressalta-se que, por se tratar de propriedade de exploração

agrícola totalmente mecanizada, a área não apresenta alterações abruptas de relevo, comum em áreas de serras e cuestas, apresentando assim um relevo com feições contínuas.

### 3.2. Pré Processamento

Empregaram-se neste levantamento os receptores GNSS RUIDE R90T (base e rover), ao todo foram coletados 1236 pontos contendo coordenadas (x, y, z), dentre os quais estão inseridos os pontos confrontantes, responsáveis pela delimitação digital da área de estudo. Os dados foram adquiridos junto à plataforma computacional CarlsonSurvCE (*Carlson Software, Inc.*), instalados em uma coletora. O arquivo do trabalho foi configurado no sistema geodésico *World Geodetic System – WGS 84*, estabelecendo uma máscara de elevação de 15° (optou-se por esse valor tendo em vista a norma de georreferenciamento proposta pelo INCRA, na qual autoriza o uso de receptores geodésicos para cadastramento de propriedades com valores até 15°), com os receptores em 1,7m em relação ao solo. Cumpre salientar que se admitiu um intervalo de tempo de 10 segundos para coleta dos pontos de maneira automática, somente a partir da fixação de ambiguidades, o que confere excelente qualidade de posicionamento com precisão milimétrica (MANUAL R90T, 2012).

Por se tratar de uma área rural, algumas regiões da área de estudo se encontravam em difícil acesso, na qual a possibilidade de atuação dos fatores limitantes do receptor foi evidente, com isso excluem-se da rota de levantamento as áreas sub-bosque e canais fluviais. Com a aquisição dos pontos coletados, foi possível a conversão dos arquivos para a análise do levantamento utilizando o software AutoCAD Map 3D 2012 (Autodesk®). Nesta etapa foi possível realizar a observação da arquitetura do levantamento, foram descartados os pontos que estavam muito próximos uns aos outros, eliminando assim a possibilidade de erros de interpolação na etapa do processamento dos dados.

Na análise do levantamento foram retirados ao todo 66 pontos julgados como possíveis geradores de erros para o produto final. Para a definição da poligonal digital, ou perímetro da área de estudo, fez-se a concatenação dos pontos considerados de fronteira. Portanto, ao final das duas últimas etapas foi possível preparar todo o levantamento para o processo de interpolação, eliminando-se a possibilidade de possíveis erros e também definindo o recorte ideal da área de estudo.

No que se refere à utilização dos produtos da missão SRTM, estes foram adquiridos junto ao *website* da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no escopo do projeto Brasil em Relevo. Especificamente foi adquirida para este experimento a folha SF-22-

YD em formato TIFF, e diferentemente dos dados retirados do receptor GNSS, utilizou-se para o tratamento dos dados da imagem a plataforma computacional ArcGIS 9.3 (ESRI®). Por se tratar de um SIG (Sistema de Informações de Geográfica) com várias ferramentas de processamento de dados, os processos foram divididos em: *offset* da área de estudo e extração por pontos dos valores dos pixels, respectivamente.

A criação do *offset* experimental em relação à área de estudo, contribuiu para eliminação do efeito de borda, de modo a preservar a topografia original (WALKER et.al., 2007) e não inferir na qualidade dos dados. Com a inserção da área de estudo oriunda dos dados do levantamento no programa, constituiu-se um *offset*, na qual foi configurado para extrapolar a área em 300m. Logo, através dessa área projetada, recortou-se a imagem, o que totalizou 477 pixels.

As imagens SRTM que recobrem a maioria das regiões globais possuem uma resolução espacial de aproximadamente 90 metros (3 *arcsec*) e estão em WGS 84 (referência elipsoidal e datum). Seus pixels possuem um diferencial em relação a outros produtos satelitários em virtude da existência da coordenada *z* em números inteiros, obtida pela interferometria (VALERIANO, 2004; RABUS et. al., 2003). Ainda utilizando o mesmo *software*, admitiu-se transformar os valores dos pixels em pontos, para que pudesse equalizar a entidade gráfica a qual seria interpolada, desse modo atribui-se os valores altimétricos à informação dos pontos.

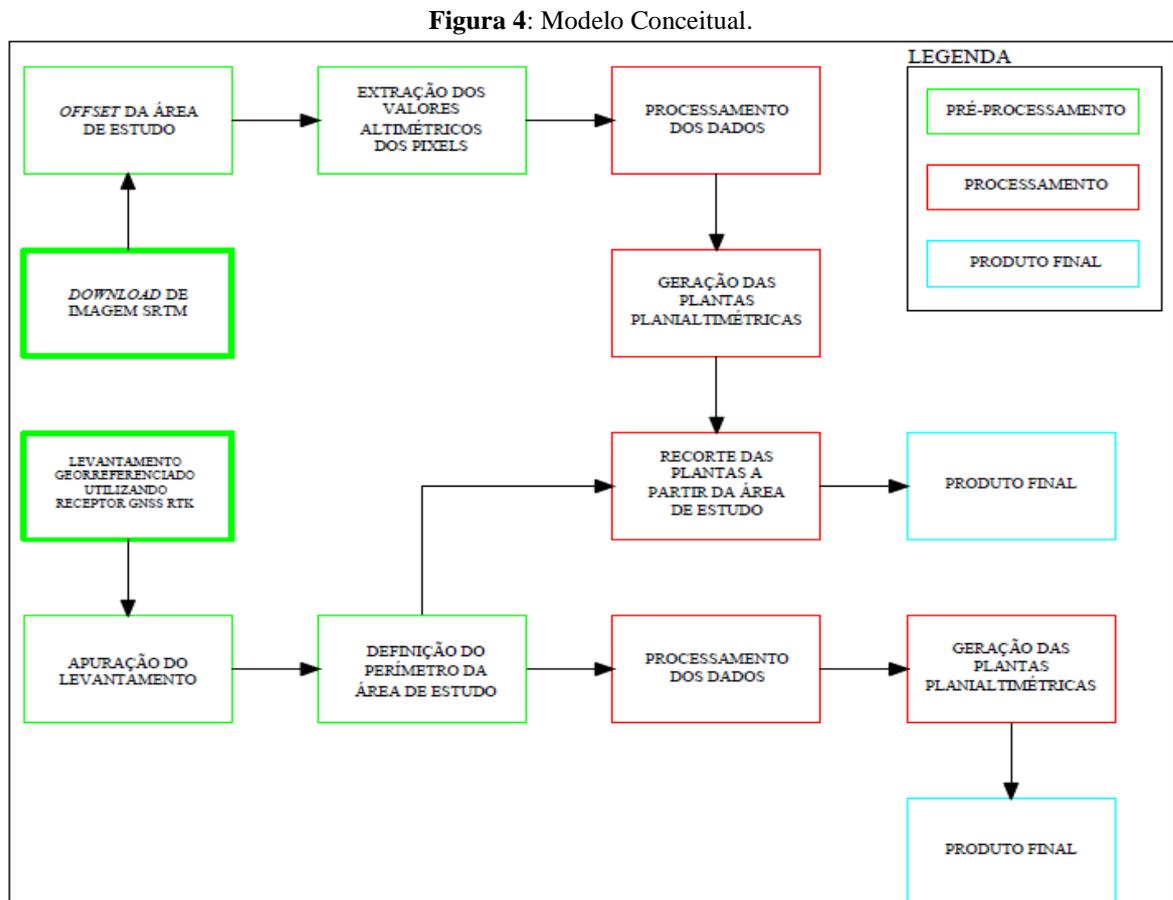
### 3.3. Processamento

De posse de todas as informações adquiridas pelos diferentes materiais, equalizando as entidades gráficas e a sequência cronológica, deu-se início ao processo de interpolação dos dados para geração de um MDE. Para tanto, padronizou-se os arquivos em DXF (*Drawing Exchange Format*) e os inseriu na plataforma computacional topográfica DataGEOSIS Office. O MDE gerado pelo *software* consiste em um processo de interpolação na qual é efetuada a triangulação mínima e máxima entre pontos, e para ambos os materiais utilizou-se os valores máximos: 150 e mínimo: 0,150. Seguindo a série, decidiu-se realizar a interpolação dos dados da referência (receptor GNSS) e posteriormente solicitou-se o mesmo procedimento para os dados da imagem. Com as grades triangulares geradas habilitou-se a opção para a criação das curvas de nível, ressalta-se que nesta fase realizaram-se sucessivos testes para a obtenção de uma malha linear suavizada ideal, ao total optou-se por quatro intervalos de suavizações nas curvas de nível. Outro fator decisivo no cumprimento deste experimento foi o estabelecimento

do nível de detalhamento da topografia do terreno através das equidistâncias verticais (EV) utilizadas para o cumprimento da comparação entre as planialtimetrias, na qual se decidiu utilizar as EV = 5m, 10m e 20m, em virtude da atenuidade das diferenças entre os produtos finais. Cumpre salientar que as EV utilizadas são de caráter semi detalhado, considerado suficiente para diversos planejamentos, não se optou pela utilização de EV = 1m, em virtude da distância entre as coordenadas obtidas das imagens SRTM variar na faixa de 90 metros, o que não geraria uma confiável altimetria com curvas de metro em metro.

Ao término desta etapa de processamento dos dados, que englobou interpolação, geração de MDE e criação de curvas de nível, obteve-se o produto final para os dados de referência. Pelo fato dos dados da imagem ainda não compreenderem a área de estudo em virtude da realização da etapa de *offset*, foi necessário recorte das linhas se encontravam externas à área. Para tanto, utilizou-se a ferramenta de edição vetorial *trim* para a exclusão dos contornos excedentes. Logo, adquiriu-se o produto final referente aos dados oriundos de imagem SRTM.

De maneira didática, a figura 4 apresenta o fluxo de trabalho contendo as principais etapas que foram trabalhadas para aquisição dos dados para realização da comparação entre as duas fontes de dados:



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

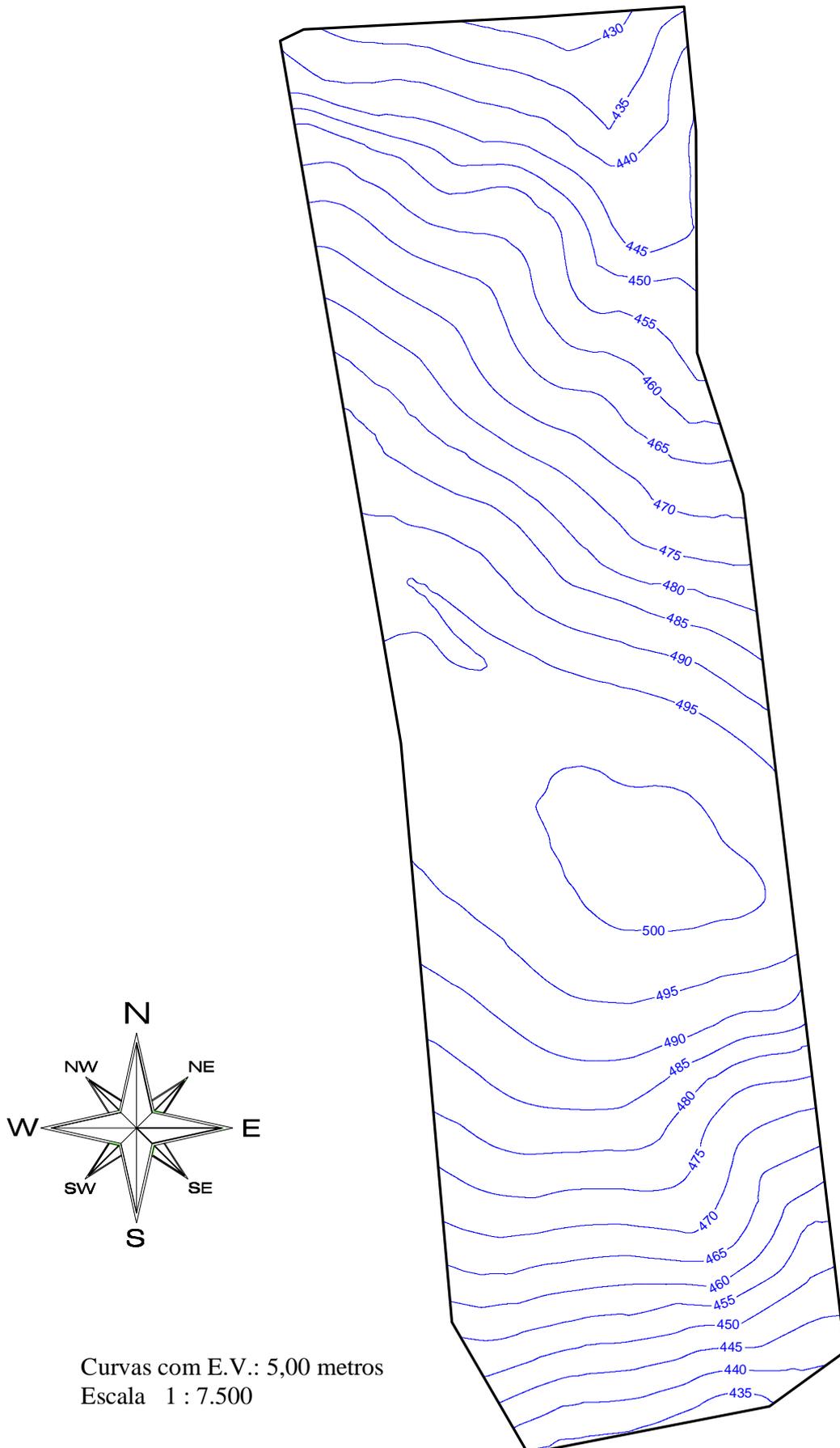
Os primeiros resultados, de caráter morfométricos, apontam uma área perimetral de estudo de 79,94 hectares em uma perimetral de 4360m, obtidos pela conexão entre os pontos coletados pelo levantamento em tempo real nas regiões de fronteiras da propriedade.

Em relação aos dados pontuais de altimetria a cota mínima adquirida pelos materiais foi 427,32m (GNSS RTK) e 427m (SRTM), já a cota foi máxima, respectivamente, foi de 502,87m e 504m. Em virtude da padronização elipsoidal em WGS 84, não houve distorções entre os levantamentos. Por outro lado, quando se compara os valores das isolinhas de EV = 5m, a cota mínima interpolada dos dados da referência foi 430m e a cota máxima 500m. Já os dados da imagem para EV = 5m estabelecem uma cota mínima de 435m, enquanto a cota máxima se mantém em 500m, o que denuncia uma divergência altimétrica entre os tratamentos. Em relação a vertente sul, as diferenças são ainda maiores: com valores mínimos de 435m (GNSS RTK) e 450m (SRTM) Tal constatação pode ser atestada a partir da verificação das plantas planialtimétricas com EV = 5m dos dados de referência (figura 5), dos dados de SRTM (figura 6) e da comparação através da sobreposição dos produtos (figura 7).

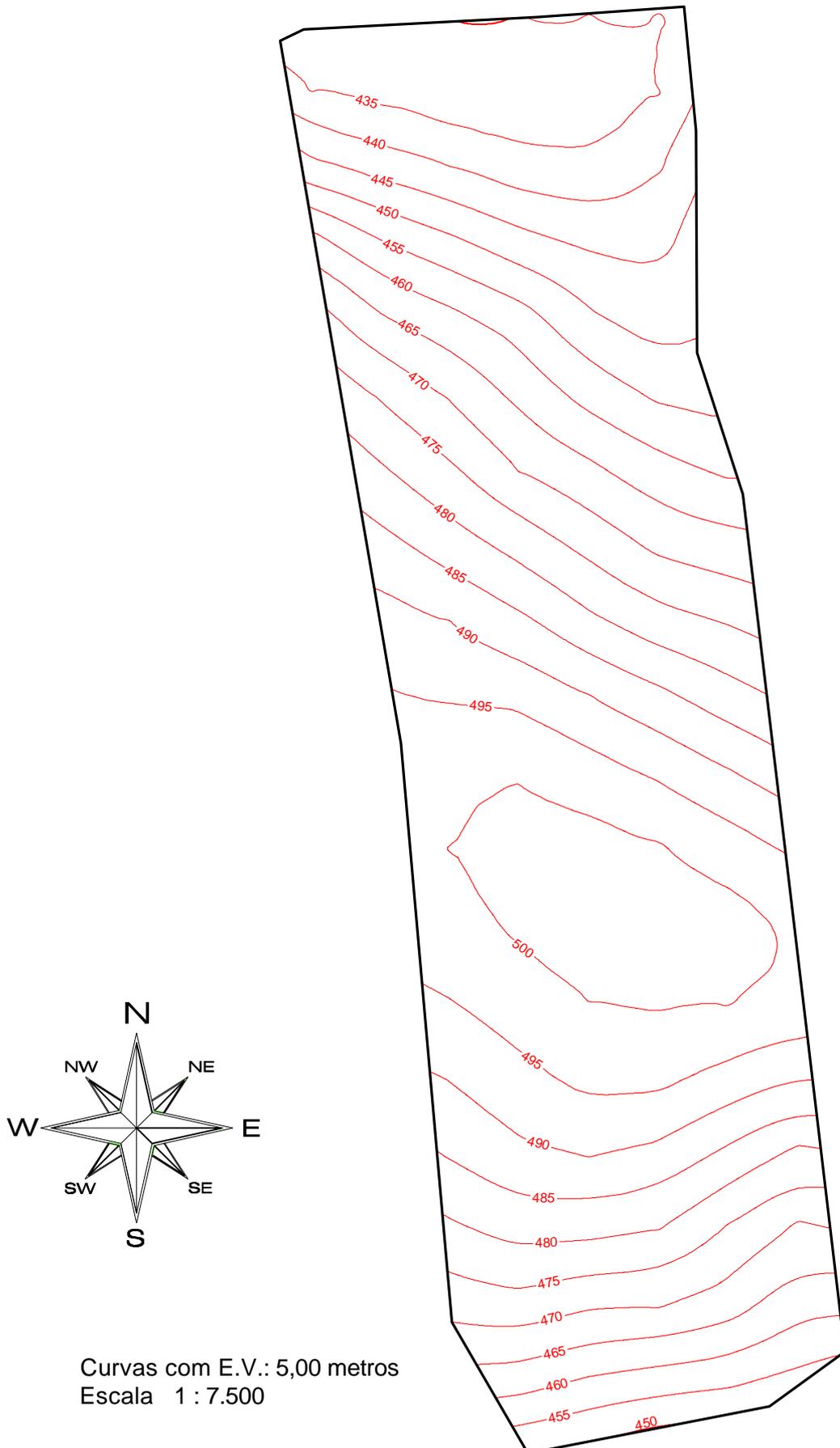
No entanto, quando se alterou os valores das curvas de nível para EV = 10m geraram os seguintes números: as cotas máximas de ambos os materiais mantiveram 500m, já na cota mínima do GNSS RTK obteve-se 430m, enquanto SRTM admitiu 440m, para vertente norte. Admitindo uma análise diretamente proporcional, testou-se EV = 20m, o que acarretou a igualdade dos valores mínimos para os dois segmentos de 440m (conservando 500m para as cotas máximas). Essas constatações permitem afirmar que os dados SRTM, à medida que aumenta a sua EV, se tornam mais condizentes com a realidade de campo. Respectivamente, os produtos finais de ambas as equidistâncias verticais estão representados pelas figuras 8 e 9 (EV = 10m) e figuras 11 e 12 (EV = 20m). Já a sobreposição pode ser verificada pelas figuras 10 e 13.

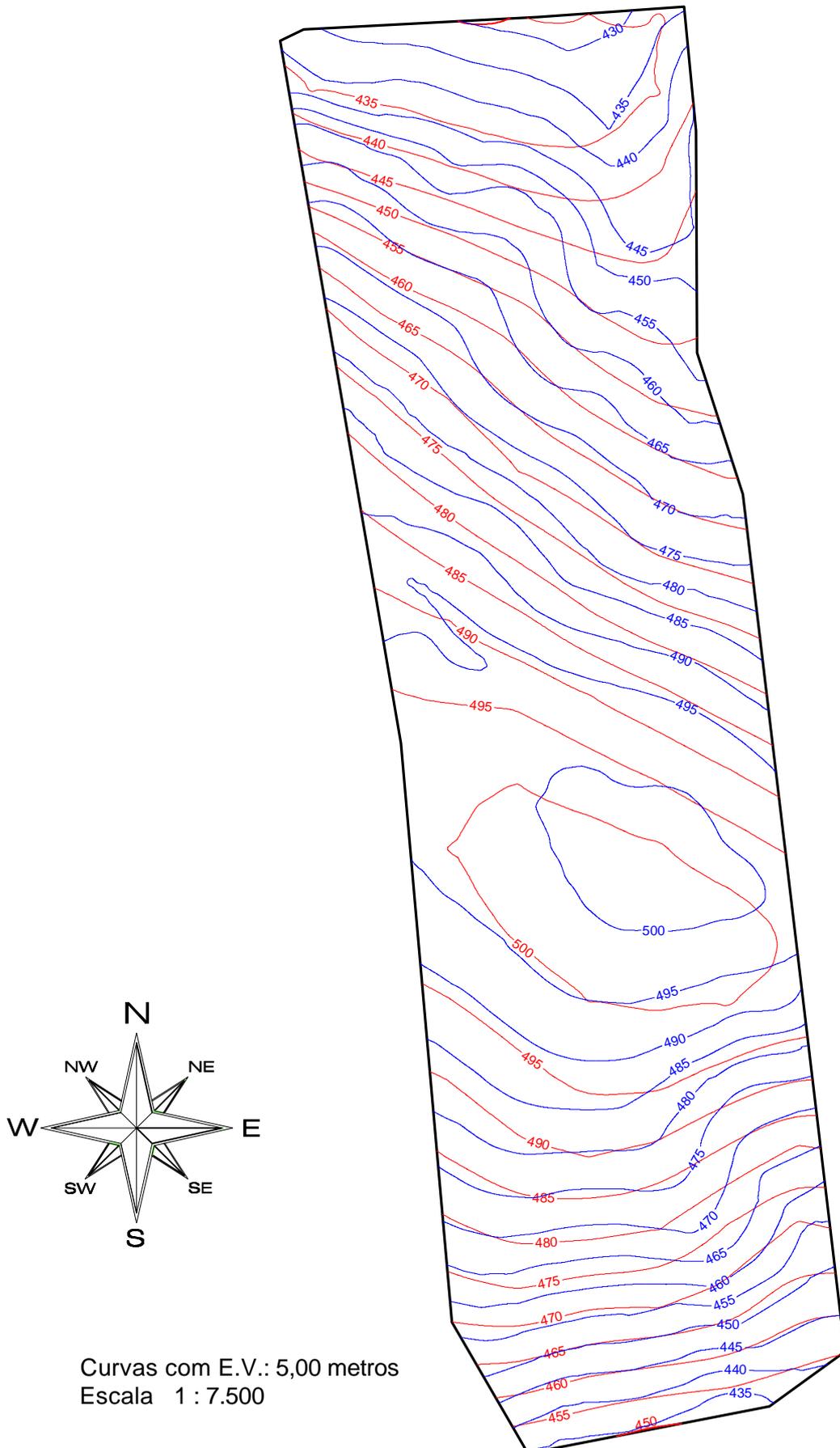
Ao analisar que as maiores alterações visíveis entre as curvas de nível, salientadas como hipótese no planejamento deste trabalho, ocorreram nas plantas que possuem a menor EV entre as curvas de nível, por essa constatação avaliou-se a possibilidade da geração de perfis longitudinais como uma variável de comparação, para que se evidencie as principais diferenças na toposequência estudada. Utilizou-se para tanto as plantas que contiveram maior discrepância entre as curvas de nível (EV = 5m).

**Figura 5:** Planta planialtimétrica com curvas de 5 metros gerada a partir do levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK.

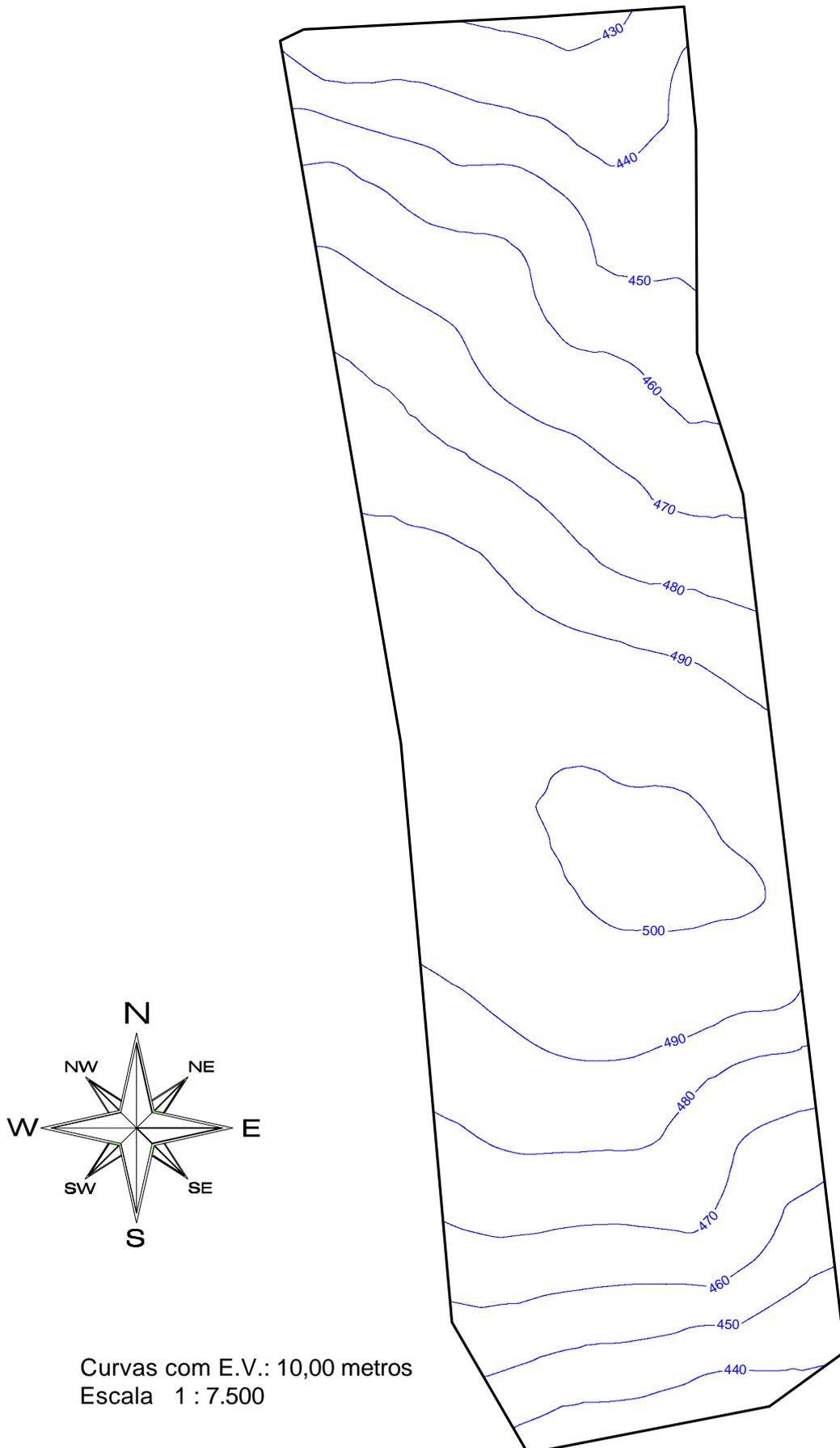


**Figura 6:** Planta planialtimétrica com curvas de 5 metros gerada a partir do banco de coordenadas obtido de imagens SRTM.

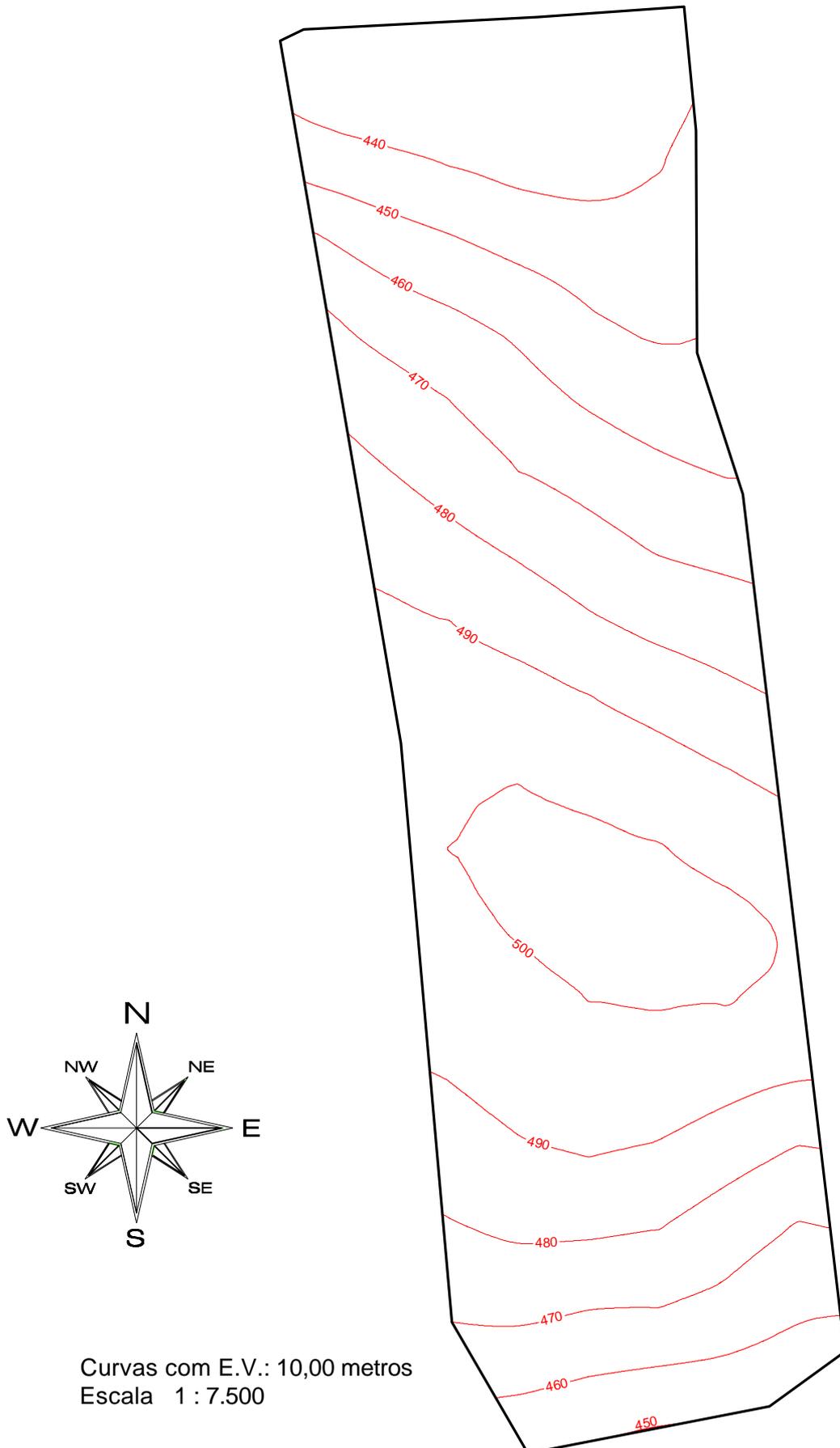


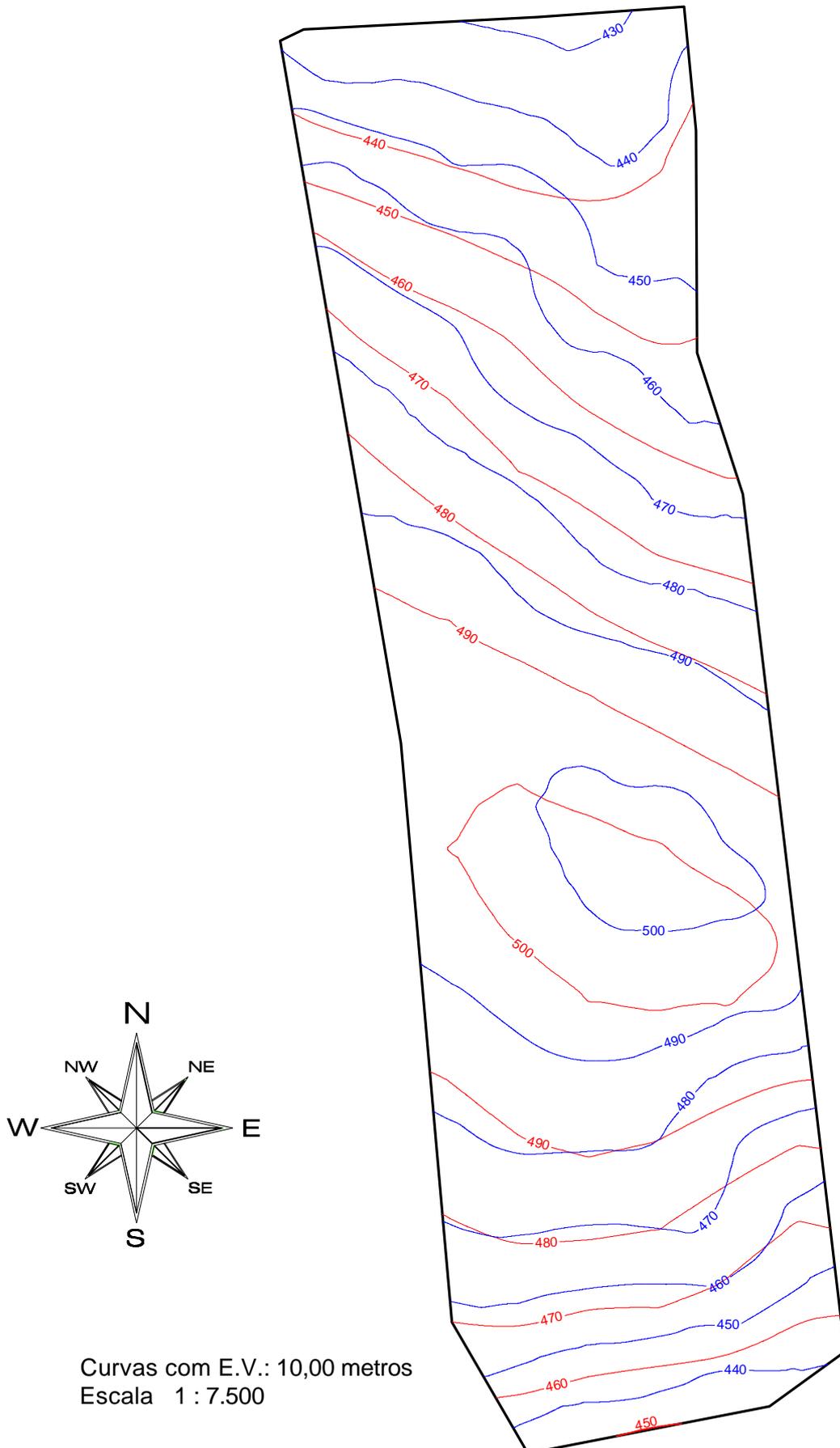
**Figura 7:** Comparação das plantas 5 e 6 (RTK e SRTM)

**Figura 8:** Planta planialtimétrica com curvas de 10 metros gerada a partir do levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK.

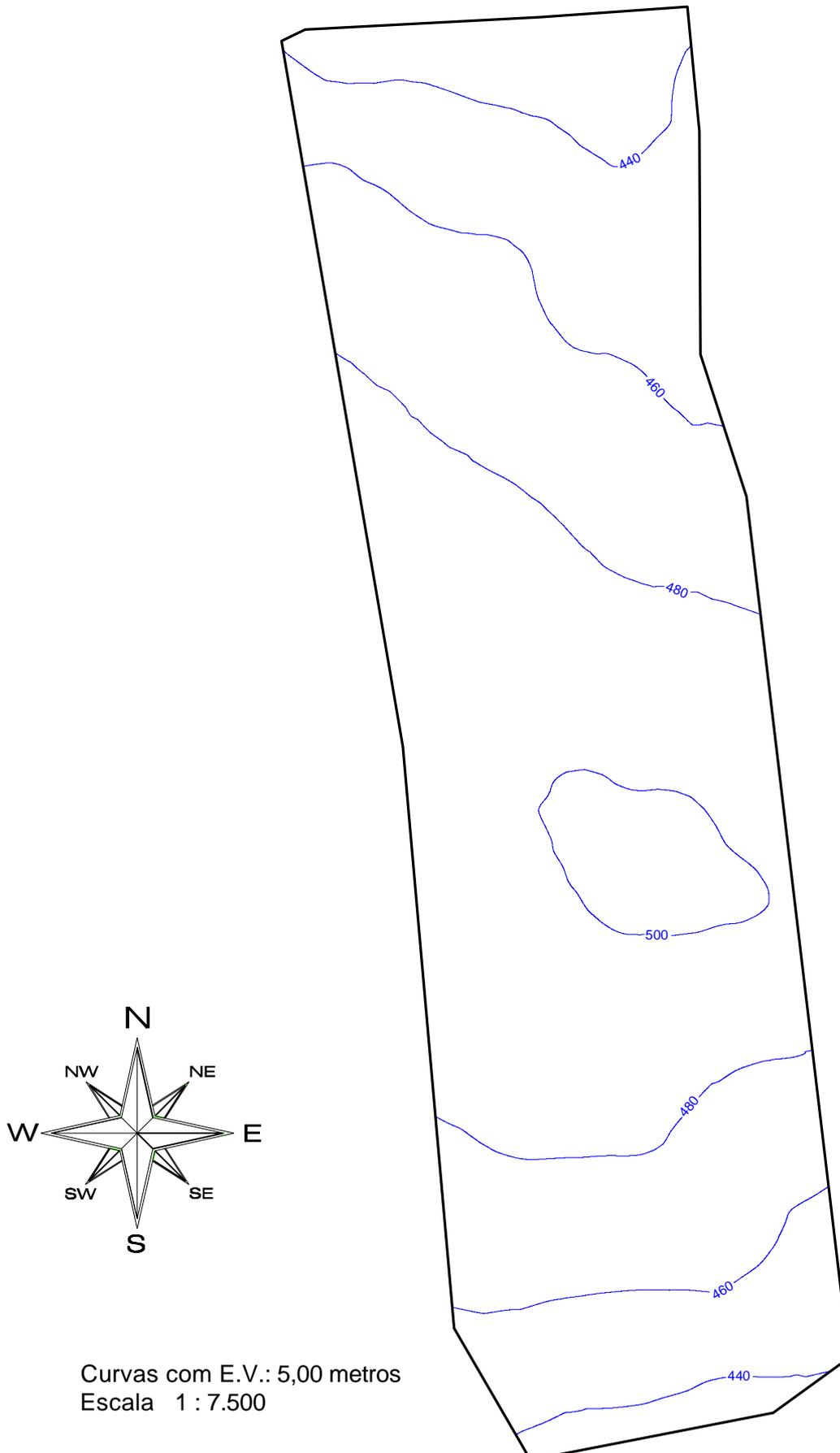


**Figura 9:** Planta planialtimétrica com curvas de 10 metros gerada a partir do banco de coordenadas obtido de imagens SRTM.

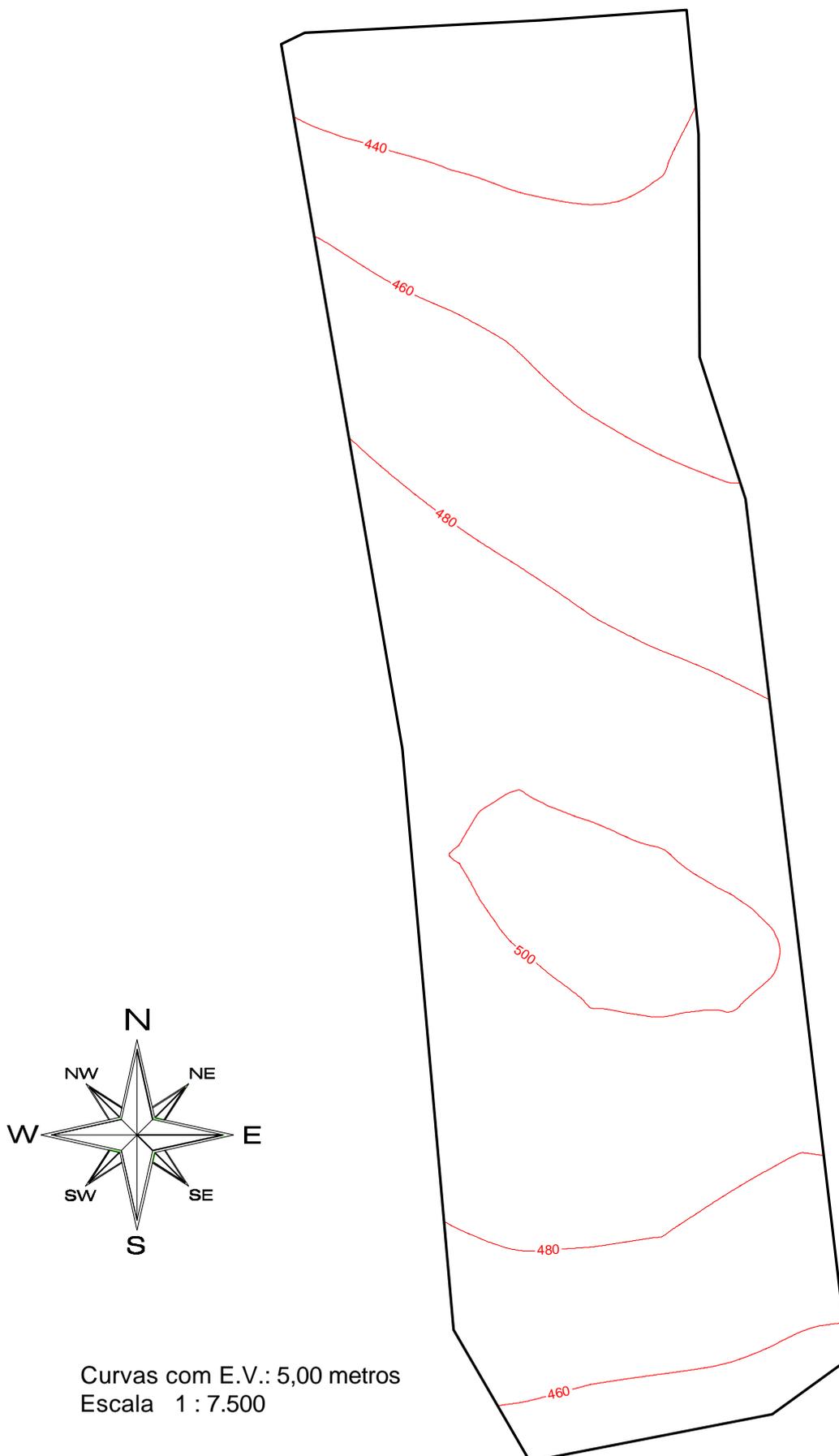


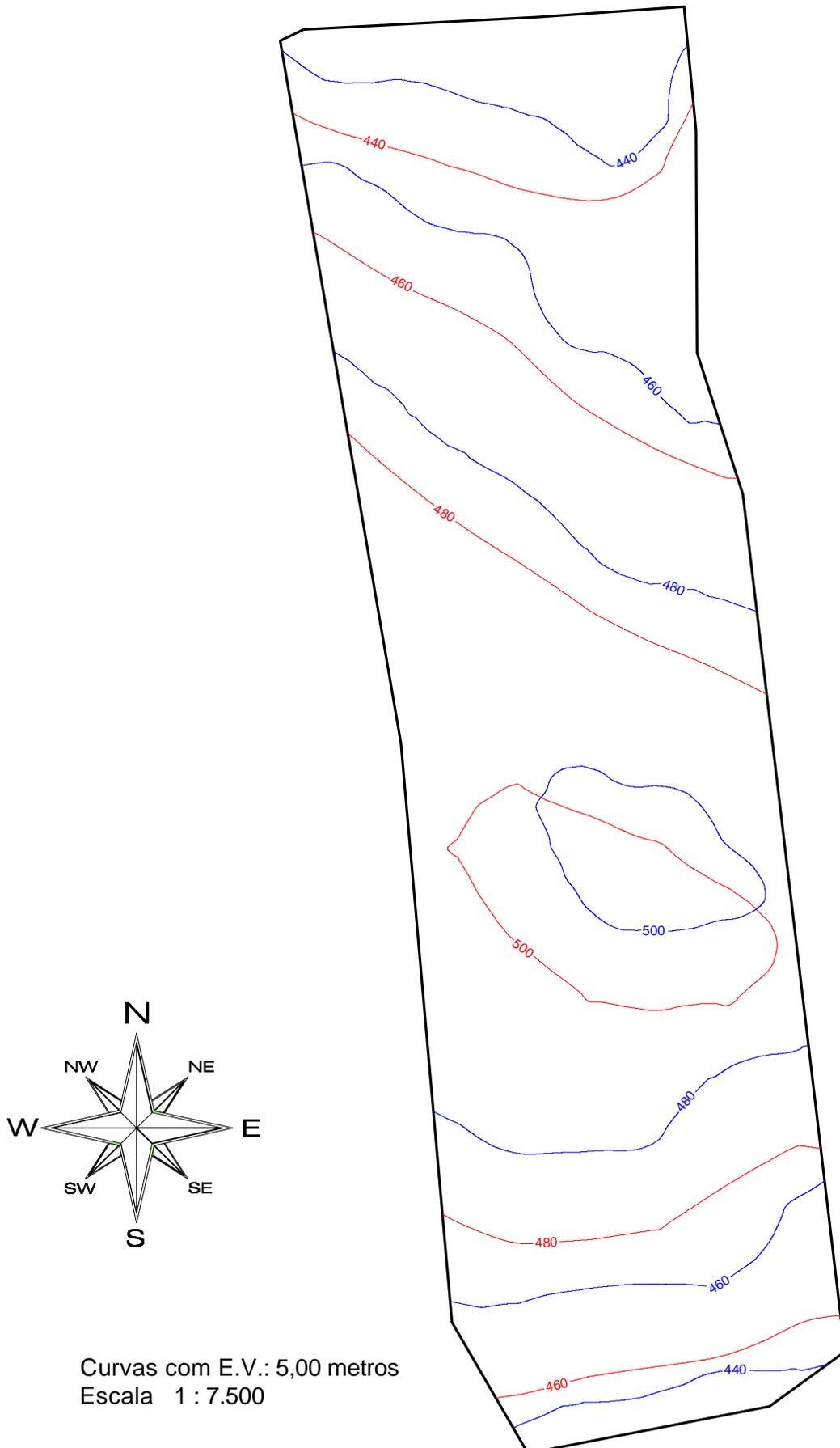
**Figura 10:** Comparação das plantas 8 e 9 (RTK e SRTM)

**Figura 11:** Planta planialtimétrica com curvas de 20 metros gerada a partir do levantamento topográfico utilizando receptor GNSS RTK.

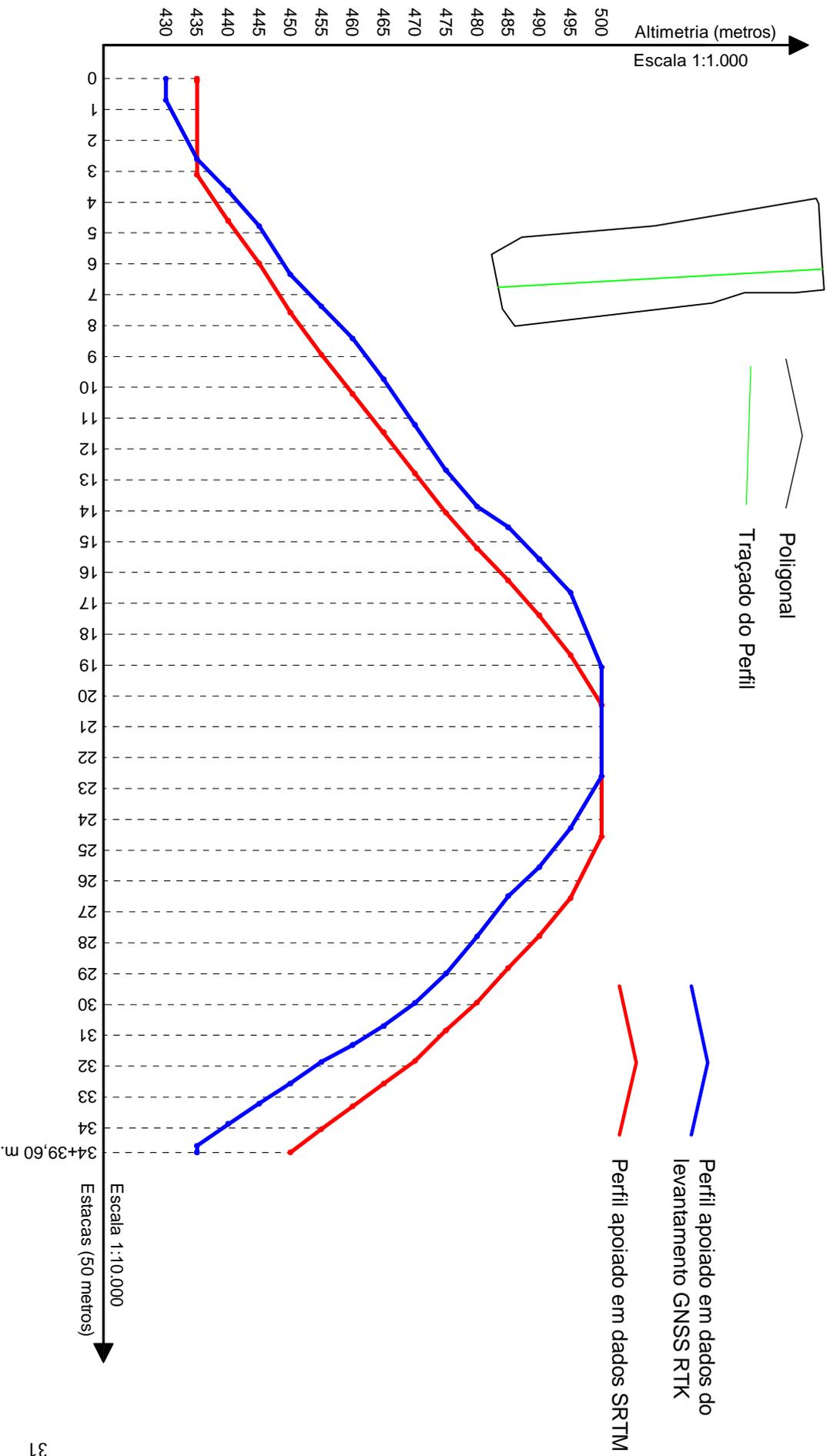


**Figura 12:** Planta planialtimétrica com curvas de 20 metros gerada a partir do banco de coordenadas obtido de imagens SRTM.



**Figura 13:** Comparação das plantas 11 e 12 (RTK e SRTM)

**Figura 14:** Cruzamento dos perfis longitudinais apoiados na altimetria gerada com dados do levantamento GNSS RTK e imagens SRTM



Comparando visualmente as cartas planialtimétricas sobrepostas ressalta-se que as curvas contendo EV = 20m (figuras: 11, 12, 13) possuem traçado semelhante entre os materiais, entretanto é possível notar um deslocamento das curvas em direção ao sul em relação ao levantamento referência (aproximadamente 100m). No que se refere às cartas com EV = 10m (figura 8, 9, 10) as curvas provenientes de SRTM possuem características mais ortogonais, mesmo submetidas a quatro intervalos de suavizações, quando se compara às curvas oriundas do levantamento georreferenciado, nas quais apresentam maior sinuosidade, característica de uma melhor descrição do relevo. Tal verificação ocorre em razão das diferenças entre a quantidade de pontos que foram interpolados entre os dados utilizados, o que ratifica a importância da melhoria da qualidade estar diretamente proporcional ao número de dados, e também ao formato com que os pontos estão irradiados.

Em uma análise mais específica, tomaram-se como exemplo as curvas 495m e 435m da EV = 5m. A primeira através da figura 5 é possível detectar grande sinuosidade em sua porção oeste provocada por uma leve ondulação no terreno, enquanto na figura 6 tal proeminência é realçada de maneira menos detalhada, o que corresponde apenas uma leve inflexão na curva. Já na curva 435m da figura 6 percebe-se por ser a última cota interpolada a tendência ao fechamento da curva, o que sugere a presença de um vale, enquanto na figura 5 a presença do vale somente será observada pela cota 430m.

As diferenças mais evidentes, entretanto, se conferem nos dados interpolados com EV = 5m, a qual pode ser observada na figura 7. Para realçar tal evidência os perfis longitudinais por estaqueamento mostraram a diferença altimétrica entre cada estaca (figura 14), na qual os números absolutos podem ser observados conforme a tabela 1 e sua diferença entre os valores na tabela 2. O perfil gerado contém 1739,6m no sentido norte sul e possui uma característica de estaqueamento em intervalos de 36 estacas de 50m, uma vez que é possível localizar espacialmente os pontos que possuem maior diferença.

**Tabela 1:** Valores altimétricos SRTM e GNSS RTK de cada estaca

<b>ESTACAS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>SRTM</b>	435.00	435.00	435.00	435.00	437.86	441.45	445.66
<b>GNSS RTK</b>	430.00	430.80	433.41	436.94	441.64	445.71	448.90
<b>ESTACAS</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>SRTM</b>	448.19	451.53	455.21	459.15	463.09	466.98	470.84
<b>GNSS RTK</b>	453.17	458.00	462.21	465.89	469.27	472.66	476.33
<b>ESTACAS</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>SRTM</b>	474.74	479.04	483.73	488.27	492.37	495.99	499.07
<b>GNSS RTK</b>	481.00	487.23	491.99	495.72	497.79	499.86	500.00

<b>ESTACAS</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
<b>SRTM</b>	500.00	500.00	500.00	500.00	498.90	496.39	493.19
<b>GNSS RTK</b>	500.00	500.00	498.81	495.85	492.18	487.59	483.02
<b>ESTACAS</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>
<b>SRTM</b>	488.95	484.17	479.62	474.19	468.87	462.04	455.26
<b>GNSS RTK</b>	479.13	474.98	469.67	462.53	454.00	446.63	439.16
<b>ESTACAS</b>	<b>34+39.6m</b>						
<b>SRTM</b>	450.00						
<b>GNSS RTK</b>	435.00						

**Tabela 2:** Diferença entre os valores altimétricos (em metros)

<b>ESTACAS</b>	<b>DIFERENÇA</b>	<b>ESTACAS</b>	<b>DIFERENÇA</b>	<b>ESTACAS</b>	<b>DIFERENÇA</b>
<b>0</b>	5.00	<b>12</b>	5.68	<b>24</b>	4.15
<b>1</b>	4.20	<b>13</b>	5.49	<b>25</b>	3.28
<b>2</b>	1.59	<b>14</b>	6.26	<b>26</b>	8.80
<b>3</b>	1.94	<b>15</b>	8.19	<b>27</b>	10.17
<b>4</b>	3.78	<b>16</b>	8.26	<b>28</b>	9.82
<b>5</b>	4.26	<b>17</b>	7.45	<b>29</b>	9.19
<b>6</b>	3.24	<b>18</b>	5.42	<b>30</b>	9.95
<b>7</b>	4.98	<b>19</b>	3.87	<b>31</b>	11.66
<b>8</b>	6.47	<b>20</b>	0.93	<b>32</b>	14.87
<b>9</b>	7.00	<b>21</b>	0.00	<b>33</b>	15.41
<b>10</b>	6.74	<b>22</b>	0.00	<b>34</b>	16.10
<b>11</b>	6.18	<b>23</b>	1.19	<b>34 + 39.6</b>	15.00

As variações encontradas nas estacas dos MDE gerados constituem-se entre 0 ~ 16.1 metros. Os valores encontrados denunciam o que pode ser visto através do perfil longitudinal sobreposto (figura 14): as menores diferenças se encontram entre as estacas 20 e 22, onde a interpolação seguiu valores próximos ao valor máximo: 500m, com isso foram identificadas diferenças mínimas entre 0-1m. Por se tratar de uma descrição do relevo não inteiramente detalhada, considera-se normal a existência de variações mínimas e nulas entre os dados. Por outro lado, as maiores diferenças se encontram na porção norte da área de estudo, onde as curvas de nível continham uma diferença de 15m (estaca 34+39,6m), conforme a figura 7. Portanto a partir da estaca 31 as diferenças entre os dados altimétricos se distribuíram entre 11 e 16m, com a variação máxima obtida pela estaca 34 com 16.1m. Isso deve em virtude da vertente sul conter uma queda topográfica mais abrupta em relação a vertente norte, que mesmo contendo os menores valores das curvas de nível não possuem as mesmas diferenças entre as cotas mínimas da vertente norte. Por essa constatação analisa-se que os terrenos que possuem uma curta ruptura estratigráfica necessitam de um levantamento planialtimétrico de

caráter mais detalhado, o uso de dados SRTM em virtude da distância entre dados de elevação (3 *arcsec*) podem mascarar essas feições.

A partir destas informações sugere-se que os dados SRTM conferem um esboço de como está configurada a real topografia de uma propriedade rural média, esta baseada em um levantamento georreferenciado. Tal esboço é sugerido nos momentos em que se aplicaram as curvas de nível com uma menor quantidade de detalhes a ser interpolada (aumento da E.V.). Considera-se que ao aplicar tais dados para um suporte à tomada decisões em planejamento rural e ambiental, estes a partir de uma planta planialtimétrica, podem não estabelecer realidades condizentes com o campo. Porém, ao destacar a sua distribuição espacial em relação à referência, esta confere certa credibilidade, na qual pode subsidiar o norteamento de pré projetos em campo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

Com base na metodologia adotada e nos resultados apresentados, pode-se inferir que a representação planialtimétrica a partir de dados SRTM com  $EV=20m$  apresenta considerável fidelidade ao tratamento testemunha (GNSS RTK), visto que as cotas de valores mínimos e máximos são iguais. Entretanto, à medida que se aumenta o rigor altimétrico, reduzindo os valores da EV, aumentam as diferenças entre os dois tratamentos. Com base na escala de estudo, o uso de dados SRTM para a geração da altimetria só é viabilizada utilizando procedimentos de pré processamento. Por exemplo, a extrapolar a área de estudo, de modo a eliminar as interferências na qual reduzem a qualidade do produto final.

Enfim, conclui-se que o uso de imagens SRTM para efeitos de planejamento rural e ambiental deve sempre se policiar com base na escala que será estudada. Para uma propriedade rural média, conclui-se a partir deste experimento que a imagem gerou um resultado satisfatório. Trabalhos como detecção espacial aproximada de capacidade de uso do solo, classificação dos solos e mapeamento de áreas suscetíveis à erosão, são exemplos que podem ser realizados pela altimetria a partir destes dados. Todavia, considera-se inviável para certos tipos de projetos, principalmente quando se necessita de elevada precisão altimétrica, como a sistematização de áreas e projetos de irrigação e drenagem. Outros estudos, notadamente em áreas com maiores oscilações de relevo, devem ser realizados a fim de calibrar a validação do uso de imagens SRTM para o planejamento rural e ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS:

BERRY, P.A.M.; GARLICK, J.D.; SMITH, R.G. Near-global validation of the SRTM DEM using satellite radar altimetry. **Remote Sensing of Environment**, v.106, p.17-27, 2007.

BLEPPER, M. **Atualização das bases cadastrais, em áreas de ocupações irregulares, a partir de imagens de alta resolução espacial**. Curitiba, 2007. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná.

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

CAMARGO, L. A. S.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; MORELLI, F. Uso de Geotecnologias na Análise de Sustentabilidade no Meio Rural: Estudo de Caso no Corredor Ecológico Cerrado-Pantanal. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia - GO. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. v. 12. p. 49-56.

CAMPOS, T. N.; PINESE JUNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Compartimentação Morfológica com Base em Dados SRTM: Estudo de Caso Bacia do Rio Uberabinha, Uberlândia-MG. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, p. 154-169, 2008.

CARVALHO T.M. ; BAYER, M. . Utilização dos produtos da "*Shuttle Radar Topography Mission*" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. v. 9, p. 35-41, 2008.

CARVALHO, T.M.; LATRUBESSE, E.M. (2004) O uso de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 5(1):85-93p.

CHANG, H. C., GE, L., RIZOS, C., MILNE, T., 2004. Validation of DEMs Derived from Radar interferometry, Airborne Laser Scanning and Photogrammetry by Using GPS-RTK. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), **Proceedings**, 2004, Anchorage, USA.

COELHO, A.C.S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. Piracicaba, 2003. 128 p. (Tese de Mestrado em Irrigação e Drenagem) – ESALQ/USP.

COSTA, S. M. A.; ABRUEU, M. A.; JUNIOR, N. J.M.; SILVA, A. L.; FORTES, L. P. S. RBMC em Tempo Real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, **Anais...** Recife, 2008.

EMBRAPA. **Brasil em relevo**. Disponível em:<<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 11/11/2012

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. 4. Ed. São Paulo: Nobel, 1983. 257 p.

GIANEZINI, M.; SALDIAS, R. N. S.; CEOLIN, A. C.; BRANDAO, F. S.; DIAS, E. A.; RUVIARO, C. F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. **Economia & tecnologia** (UFPR), v. 8, p. 168-174, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília, Nov. 2003.

KUTCHER, H. R. MALHI, S.S.; JOHNSON, A. M.; HNATOWICH, G. Impact of topography and Management on Diseases of Cando and Wheat. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, **Proceedings**. Minneapolis, 1999, p. 559- 561.

LIMA, S. R. S.; FREITAS, S. R. C.; KRUEGER, C. P. Perspectivas de utilização de sistemas microeletromecânicos (MEMS) visando à integração GPS/INS de baixo custo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMÁTICA. **Anais...**, Presidente Prudente, 2002.

MANUAL R90T. **RTK R90T**. Alezi Teodoloni. São Paulo. Alezi Teodoloni: Equipamentos topográficos. Fev/2012.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61/2, p. 137-151, 2009.

MONICO, J F G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e aplicações**. 2ª Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. v.1. 476 p.

\_\_\_\_\_. **Posicionamento pelo NAVSTAR/GPS: Descrição Fundamentos e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2000. v. 1. 287p.

MUNDOGEO. **Posicionamento em tempo real com GPS RTK**. Disponível em <http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/posicionamento-em-tempo-real-com-gps-rtk/>. Acesso em 29/11/2012.

PAIVA, C. F. E.; OLIVEIRA, V. S.; VERDRAME, I. F.; AULICINO, L. C. M.. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica na bacia do Rio Uma Taubaté – SP com o emprego de sensoriamento remoto. In.: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1407 – 1414.

PRADO, A.; KRUEGER, C. P. Análise da acurácia nos posicionamentos diferenciais aplicando as técnicas DGPS e RTK. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 55, n.01, p. 31-38, 2003.

POLITANO, W.; DEMÉTRIO V.A.; LOPES. L.R. Características básicas do material cartográfico empregado em atividades agrônômicas nas bacias hidrográficas. **Revista de Geografia**. v. 819, p. 21 - 29, 1990.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The Shuttle Radar Topography Mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.57, p.241-262, 2003.

ROSE, J. A. R.; TONG, J. R.; ALLAIN, D. J.; MITCHELL, C. N. The use of ionospheric tomography and elevation masks to reduce the overall error in single-frequency GPS timing applications. **Advances in Space Research**. v. 47, p. 276-288, 2011.

SANTOS, P. R. A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. Avaliação da Precisão Vertical dos Modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 58, n.1, p. 101-107, 2006.

SILVA, J.R.C. & PAIVA, J.B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de solo litólico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9 p.77-80, 1985.

\_\_\_\_\_. SILVA, F.J.da. Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo litólico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p. 441-446, 1997.

SILVEIRA, G. C. **Influência da geometria de satélites na precisão das coordenadas geosédicas obtidas com sistema GPS**. 2008. 170p. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

STEIN, D. P. **Avaliação da degradação do meio físico da bacia do rio Santo Anastácio, oeste paulista**. 1999. 197 p. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista – IGCE. Rio Claro, SP.

TESTONI, A. J.; BACKES, F. A. A. L. A importância da topografia na recuperação de áreas degradadas. **Revista Ágora (UNC)**, v. 16, p. 1-11, 2009.

USNO (2012). GPS Constellation Status. **United States Naval Observatory (USNO)**. Disponível em: <ftp://tycho.usno.navy.mil/pub/gps/gpstd.txt>. Acesso em: Out/2012.

VELOSO, R. F.. Planejamento e gerência de fazenda: princípios básicos para avaliação de sistemas agrossilvipastoris nos cerrados. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 14, n.1, p. 113-154, 1997.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004.

\_\_\_\_\_. ; ABDON, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, p. 63-71, 2007.

WALKER, W.S.; KELLNDORFER, J.M.; PIERCE, L.E. Quality assessment of SRTM C- and X-band interferometric data: Implications for the retrieval of vegetation canopy height. **Remote Sensing of Environment**. v.106, p.428-448, 2007.

YANG, C.; PETERSON, C. L.; SHROPSHIRE, G. J.; OTAWA, T. Spatial variability of field topography and Wheat yield in the Palouse region of the Pacific Northwest. **Transactions of the ASAE**, V. 41, n.1, p. 17 – 28, 1998.