

Avaliação da precisão altimétrica do mapeamento digital a laser em áreas de cobertura vegetal densa

Daniele Felix Zandoná^{1,2}
Christel Lingnau²
Mauricio Müller¹
Marlo Antonio Ribeiro Martins¹

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR
Av. Lothário Meissner, 3400 – CEP 80210-170
Curitiba – Paraná – Brasil
daniele@lactec.org.br

²LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
BR-116 - KM 98 – s/nº
Curitiba – Paraná - Brasil

Abstract. Airborne lidar is a remote sensing technique that can accurately depict the earth surface in a three-dimensional format by measuring the distance from the sensor to the ground. Lidar is the newest method for DTM development that provides high-accuracy, high-resolution direct surface elevation. The digital terrain model – DTM – in areas with little vegetation, has a 15cm altimetric precision, due to the high density of points acquired in these areas. However, the altimetric results of the DTM in dense vegetation areas are not known. Therefore, is necessary the study of the relation between the decrease of the point density and the survey altimetric precision. In order to do this, a comparison with the traditional method of field survey is indispensable. To make this study we used a sample of the Ombrófila Mista forest, localized in the Parana Federal University, as a test area. After the statistical comparison of the two datasets it was possible to evaluate the viability of the use of LIDAR in dense forests.

Palavras-chave: Lidar, Digital Terrain Model, precisão altimétrica, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O mapeamento digital a laser consiste em um sistema de sensoriamento remoto ativo que permite a coleta de dados espaciais, tanto da topografia do terreno, como das estruturas verticais presentes na superfície. Seu princípio de funcionamento está baseado na tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), através da emissão de feixe infravermelho em direção à superfície terrestre. Na superfície, estes feixes são refletidos por obstáculos (construções, vegetação ou o próprio terreno) e captados pelo sensor. Para cada feixe emitido é registrado o tempo de percurso aeronave – obstáculo – aeronave, permitindo ao sistema realizar o cálculo da distância.

Utilizando unidades de medições auxiliares, tal como o GPS (*Global Position System*) e o IMU (*Inertial Measurement Unit*), que registram a posição e a atitude da aeronave durante o voo, torna-se possível determinar a posição tridimensional de pontos na superfície, numa fase de pós-processamento. A figura 1 apresenta os componentes do sistema.

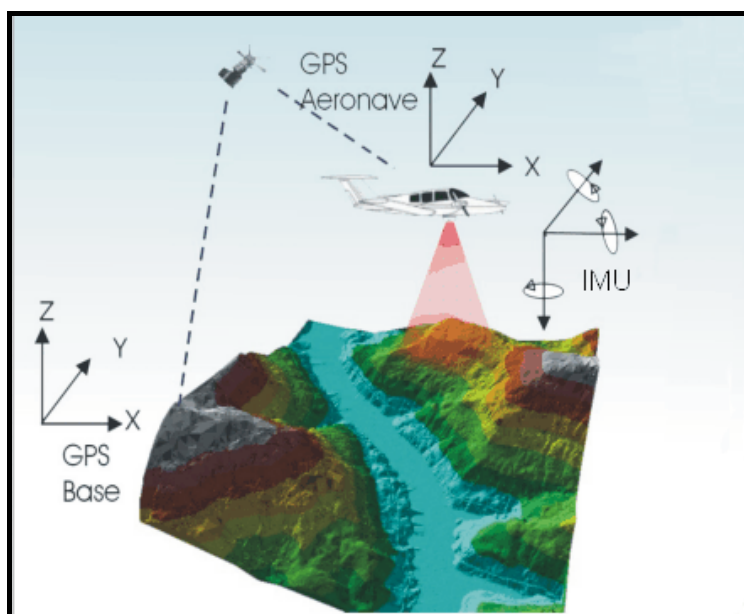


Figura 1. Componentes do sistema

O sistema possui a habilidade de registrar informações do primeiro retorno do pulso laser (referente ao topo dos objetos), do último retorno (referente à superfície do terreno) e um valor de intensidade do pulso refletido para cada ponto mapeado.

A precisão do sistema é de 15 cm na altimetria e 50 cm na planimetria. Com estes dados é possível gerar Modelos Digitais de Terreno - MDT e Modelos Digitais de Elevação – MDE densos e precisos. Nos Modelos Digitais de Terreno todas as estruturas verticais são removidas através de algoritmos de classificação. A acurácia do MDT é fortemente influenciada pela classificação adequada dos pontos e pelo percentual de pontos que atingem a superfície do terreno. Uma das alternativas para que se garanta uma maior quantidade de pontos para a modelagem do terreno é a redução do ângulo de varredura e da altura de vôo.

Uma das principais vantagens que os sistemas de mapeamento a Laser oferecem, em relação a tecnologias tradicionais, como a fotogrametria, é a habilidade de medir diretamente pontos no terreno em áreas de florestas, Popescu (2002). Parte dos pulsos emitidos pelo sensor encontram espaços entre as folhagens e conseguem penetrar até o solo, ou encontram vegetação em estratos inferiores. Este conjunto irregular e disperso de pontos correspondentes ao terreno, são utilizados, com métodos apropriados de interpolação, para derivar os modelos digitais de terreno de alta precisão.

Lam (1983) apresenta uma revisão abrangente a respeito de métodos de interpolação espaciais. Para a modelagem de terreno através de dados Lidar, estudos anteriores recomendam o emprego de técnicas de interpolação exatas, como Krigagem, Spline e IDW (*Inverse-Distance-Weighted*), uma vez que estas preservam os dados originais.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados referentes à precisão do mapeamento digital a laser em áreas com cobertura vegetal densa, onde ocorre uma redução do número de retornos provenientes da superfície do terreno. Este estudo, portanto, analisa o quanto esta redução é significativa para a geração de modelos digitais de alta precisão.

3. Materiais e Método

3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende cerca de 150.000 m², com elevações variando de 883 a 922 m. Composta por um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, ou como é também denominada, Floresta com Araucárias.

Segundo FUPEF – CNPq (2000), ainda existem extensas áreas revestidas por cobertura de porte florestal no bioma da Floresta Ombrófila Mista. Estas áreas em diferentes graus de antropismo compõem atualmente um mosaico de formações em distintas fases sucessionais e com grandes variações florísticas e estruturais. Essa característica diferencia o bioma de outros, onde o processo de sucessão florestal secundária se processou de forma demarcada. No bioma da Floresta com Araucária, a distinção inequívoca de fases sucessionais da vegetação, não raras vezes, se constitui em tarefa difícil, uma vez que a sucessão, na maior parte dos casos, não é produto de corte raso e integral da vegetação. A figura 2 apresenta o mapa de localização da área de estudo.



Figura 2. Mapa de localização

3.2 Aquisição de dados

3.2.1. Mapeamento Digital a Laser

Os dados foram adquiridos através de um sensor laser aerotransportado Modelo *ALTM 2050* (*Optech Incorporated*). As especificações do sistema, bem como as características do levantamento estão apresentadas na tabela 1.

Data do levantamento	09/05/2003
Altura de vôo	1200 m
Velocidade de vôo	150 km/h
Ângulo de varredura	20°
Frequência de perfilamento	58.7 Hz
Diâmetro do feixe	0,27 cm
Comprimento de onda do feixe	1024 nm

Tabela 1. Especificações do sistema

3.2.1.1. Classificação dos dados

Foram coletados, em média, 5 pontos/m², que, após o processo de classificação dos dados, foram divididos em Modelo Digital de Terreno (MDT), correspondendo aos pontos considerados pertencentes ao solo e Modelo Digital de Elevação (MDE), correspondendo as demais entidades, neste caso a vegetação.

Esta classificação em MDT e MDE é feita através de algoritmos específicos e a acurácia destes modelos está fortemente vinculada ao algoritmo utilizado e ao percentual de pontos que retornam do solo. Existem estudos comprovando a acurácia de Modelos Digitais de Terreno em áreas de vegetação densa, inclusive em florestas em estágios sucessionais avançados, Reutebuch et al. (2003). A figura 3 mostra uma seção transversal de uma das áreas levantadas com a classificação dos pontos em terreno e vegetação.

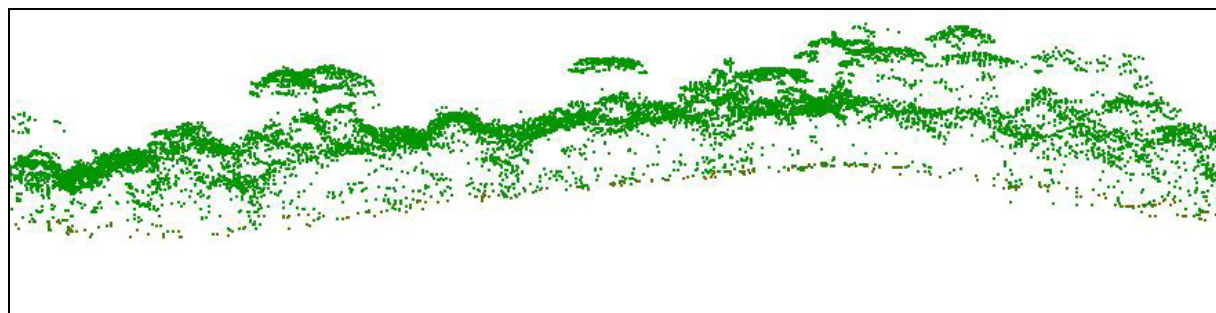


Figura 3. Seção transversal da área de estudo

3.2.2. Levantamento de campo

Para o levantamento topográfico foram implantados dezesseis pontos de apoio (piquetes de madeira), sendo que os dois primeiros e os dois últimos correspondentes a pontos de apoio GPS, ou seja, com coordenadas conhecidas. Seguiu-se a metodologia da poligonal enquadrada para o transporte de coordenadas para o interior da floresta, utilizando estação total. Esta poligonal, por sua vez, cruza a floresta, abrangendo uma área considerável de estudo, com precisão de 0,0003 m na planimetria e 0,047m na altimetria.

Na área adjacente à poligonal foram irradiados diversos pontos no terreno, para que fosse possível a geração de um modelo de terreno topográfico, para fins de comparação com o modelo obtido via mapeamento digital a laser.

4. Resultados e Discussão

Para fins de comparação entre os dados adquiridos pelo mapeamento a laser e levantamento em campo, foram interpoladas superfícies, e os modelos gerados foram comparados

estatisticamente. Após o cruzamento dos dados, foi possível avaliar a viabilidade do uso do mapeamento a laser em áreas de vegetação densa. A figura 4 apresenta a diferença entre estes modelos.

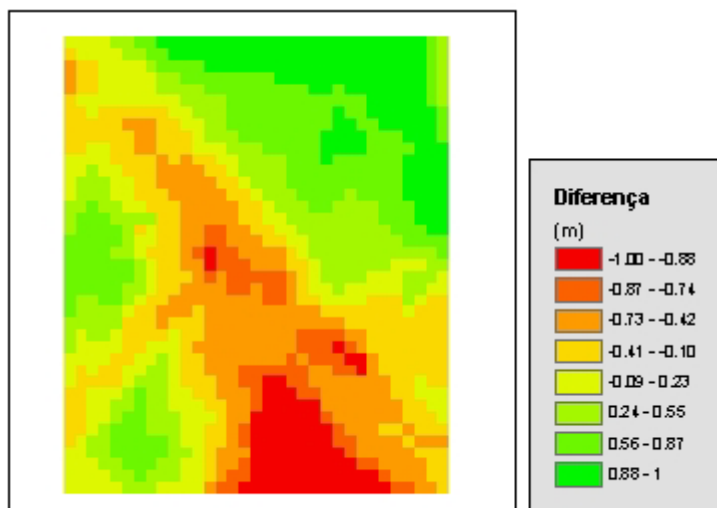


Figura 4. Diferença entre os modelos gerados pelo laser e por topografia

Os resultados obtidos indicaram um erro médio de 10 cm e desvio padrão de 50 cm na altimetria, sendo que os valores maiores de erro foram encontrados em locais onde a malha de pontos gerada pelo levantamento topográfico não foi densa o suficiente. Em alguns locais, em função da grande quantidade de serrapilheira e vegetação rasteira, houve dificuldade de se determinar em campo, o que seriam pontos de terreno. As figuras 5 e 6 ilustram as condições de campo.



Figura 5. Vegetação rasteira



Figura 6. Vista da cobertura vegetal

5. Conclusões

A tecnologia de mapeamento a laser tem crescido muito nas últimas décadas, tornando-se uma ferramenta proeminente para estudos ambientais, principalmente no que se refere à distribuição espacial dos ecossistemas. Destacando-se por oferecer um grande potencial para conservação e gerência dos recursos da floresta.

As imagens típicas de sensoriamento remoto têm a capacidade de analisar vários atributos das florestas, mas são limitadas por representar os atributos apenas em duas dimensões. A vantagem de se utilizar o mapeamento a laser para aplicações florestais é a obtenção de dados

tridimensionais, que caracterizam alturas da vegetação, distribuição vertical de materiais do dossel, volumes de copas, diversidade florestal, biomassa, entre outros.

Os resultados obtidos demonstram a facilidade e precisão em se gerar informações a respeito da topografia do terreno em áreas de cobertura vegetal densa, proporcionando, além disso, subsídios para que outros estudos e avaliações possam ser realizados a cerca da cobertura vegetal.

Referências

- Lam, N.S. **Spatial interpolation methods: A review**. The American Cartographer, 10(2): 129-149, 1983.
- Reutebuch, E.S., McGaughey R. J., Andersen, H., Carson, W.W.. **Accuracy of a high-resolution lidar terrain model under a conifer forest canopy**. Canadian Journal of Forest Research, 2003.
- FUPEF-CNPq (Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Conservação do bioma Floresta com Araucária. Curitiba: Relatório Final, v. 1 e 2, 2001.
- Popescu, S. **Estimating Plot-Level Forest Biophysical Parameters Using Small-Footprint Airborne Lidar Measurements**. 2002.155p Dissertação (Doutorado). Blacksburg, Virginia.