

Geração de Grade regular utilizando Dados registrados pelo Sistema de Varredura Laser Scanner

Mosar Faria Botelho ¹
Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno ²

¹UFPR – Curso de Pos-graduação em Ciências Geodésicas
81531-990 Curitiba PR
Caixa Postal 19001
mfbotelho@yahoo.com.br

²UFPR - Depto. de Geomática
81531-990 Curitiba PR
Caixa Postal 19001
centeno@ufpr.br

Resumo: Este trabalho descreve um método para tratar os dados brutos obtidos por meio da varredura utilizando um sistema laser scanner no levantamento altimétrico de um modelo digital de superfície (MDS). Para gerar um MDS é necessário a interpolação dos dados originais gerando-se uma grade regular. Os interpoladores tradicionais divergem em seu processo quando utiliza-se dados laser scanner devido a que esses dados são mais complexos que os obtidos por meios convencionais como levantamentos altimétricos ou fotogramétricos. No processo de varredura do sistema laser permanecem regiões de sombra, onde não possui informação altimétrica devido o seu ângulo de projeção e incidência. Logo, surge a necessidade de um algoritmo de interpolação que contemple essas necessidades. O método e o algoritmo utilizados neste trabalho mostraram-se eficiente qualitativamente, atingindo o objetivo de preencher as lacunas deixadas pelo laser.

Palavras chaves: Laser Scanner, Interpolação, MDS.

Abstract: This work describes a method to process laser scanner raw data to produce generate a Surface Digital Model (DMS). DMS generation is required for base data interpolation to produce a regular grid. Traditional interpolation algorithms diverge in procedure when used over laser data due to complexity compared to altimetric and photogrametric data. Laser scanner data is generally produced with shaded areas due to the sweeping action of this technology. In those shaded areas there is no altimetric information due to its projection angle and incidence. The method and interpolation algorithm used in this work shows qualitative efficiency on filling up the lacking information arises.

Keywords: Laser Scanner, Interpolation, DMS.

1 Introdução

Diferentes aplicações são possíveis valendo-se dos dados laser scanner. Por exemplo, a geração de modelos tridimensionais de áreas urbanas para aplicações em planejamento urbano ou realidade virtual; detecção de linhas de transmissão, modelos digitais do terreno, que possibilitam a geração de ortofotos ou ortoimagens para aplicações na atualização cadastral de áreas urbanas e rurais. Todas essas aplicações utiliza-se de grade regular em seu processo.

A grade regular é produzida interpolando-se as altitudes fornecidas, neste caso, pelo sistema laser scanner, que estão distribuídos de modo irregular sobre a superfície, e organizando-as com um mesmo espaçamento entre nós.

Os interpoladores tradicionais foram implementados visando a geração de grades regulares para modelos digitais do terreno (MDT) utilizando-se de dados obtidos por meio de levantamentos altimétricos ou fotogramétricos e não para modelos digitais de superfície (MDS) que são oriundos de dados provenientes do laser scanner, os quais incluem uma complexidade maior. Os dados capturados pelo sistema laser scanner são usualmente utilizados na forma de uma grade regular contendo valores interpolados a partir dos pontos medidos.

Outro problema detectado está no próprio sistema de varredura laser. Esse sistema possibilita a determinação da distância entre a plataforma e o ponto; a direção do feixe é calculada combinando o ângulo do sistema de varredura com o ângulo da aeronave. A aeronave segue uma linha reta enquanto o sistema varre em modo zigue-zague, para esse sistema utilizado, ocasionando regiões de sombra devido a incidência do raio na superfície dos objetos não cobrir toda região que envolve o objeto. Por exemplo, o raio incide em uma lateral das paredes de um prédio proporcionando do lado oposto do prédio uma região de sombra. O mesmo ocorre para carros, árvores etc.

Smith et al. (2003) realizaram experimentos para geração de grades regulares com diferentes espaçamentos, a partir dos dados do primeiro pulso, e empregaram os métodos de interpolação bilinear, bicúbico, vizinho mais próximo e splining biarmônico, com o intuito de avaliarem os erros decorrentes desses métodos. Eles concluíram que o método de interpolação pode introduzir um grau de incerteza, que varia de acordo com o método utilizado. Dos métodos investigados, o algoritmo do vizinho mais próximo apresentou o maior erro, enquanto que os splining e bicúbico apresentaram os menores erros, porém estes suavizaram excessivamente as bordas das edificações.

Zinger et al. (2002) utilizaram krigagem, interpolações lineares e vizinho mais próximo para a geração de grade regular, a partir de superfícies dos triângulos resultantes da triangulação de Delaunay. Estes autores concluíram que quando se usa o interpolador linear, ocorrem erros para as bordas e para superfícies verticais. Quanto ao vizinho mais próximo, ocorre erro na representação de superfícies inclinadas, como é o caso de telhados. Ao passo que na krigagem, alguns parâmetros podem ser modificados para expressar dependência espacial, apesar de ter sido verificado um efeito de suavização das bordas.

O objetivo deste trabalho está em implementar um método que interpole dados oriundos do sistema laser scanner preenchendo as regiões de sombra proporcionadas pelo sistema, e conseqüentemente, gerar uma grade regular da superfície do terreno, ou seja, o modelo digital de superfície.

2 Metodologia

Para a execução deste trabalho um algoritmo foi implementado em linguagem C++. O método pode ser dividido em duas fases. A primeira é representada pelo cálculo, em uma janela 5x5, da frequência de ocorrência de cada elemento. A segunda fase é a busca numa janela menor (3x3), do valor mais próximo à moda da janela 5x5. A disposição das janelas das fases podem ser observadas na Figura 1, onde o valor "F1" representa a primeira fase e o "F2" representa a vizinhança da segunda fase.



Figura 1 – Fases do método

Foi determinado empiricamente um limiar de 20%, para a frequência da amostra pertencente à janela 5x5. Ou seja, os valores da frequência amostral não podem ser inferiores a 20%, sendo considerado para os 25 elementos do conjunto amostral aquele que possui maior frequência amostral, ou seja, aquele que possui a maior moda.

Uma vez identificada a moda (5x5), executa-se a segunda fase, e verifica-se na vizinhança (3x3) do ponto altimétrico "P", se existe valor semelhante ao valor com maior frequência. A semelhança entre a moda (5x5) e cada "pixel" da vizinhança 3x3 é medida em termos de diferença dos valores digitais. Como a precisão do laser scanner para a determinação da elevação fica em torno de 15 cm o dobro deste valor foi adotado como tolerância máxima para a diferença. Caso ocorram mais de um "pixel" que satisfazem o limiar, o mais próximo é adotado. Caso nenhum "pixel" na vizinhança (3x3) satisfaça o critério de semelhança, então o valor da moda encontrado na janela 5x5 é adotado.

Portanto, adotou-se inicialmente uma janela com 25 amostras para encontrar o elemento com maior frequência (primeira fase). Após, buscou-se em uma janela central de dimensão 3x3, o elemento que corresponda a essa frequência, se não for encontrado valor semelhante na janela 3x3 centralizada no conjunto amostral adota-se a maior frequência encontrada na janela 5x5.

3 Investigações

Com o objetivo de avaliar o método proposto foi implementado um programa para manipulação de dados laser scanner. A área de estudo adotada para este trabalho foi de um levantamento realizado no campus Centro Politécnico da UFPR pelo LACTEC, com um voo a uma altitude de 1000 m e densidade de 50 cm. Foram realizados 6 faixas que cobriram toda a área do campus Centro Politécnico. Na mesma área foi realizada uma restituição fotogramétrica na escala 1:5000.

3.1 Pontos altimétricos registrados com o sistema laser e interpolados

Na Figura 2 observa-se os pontos registrados pela varredura do sistema laser scanner. Notam-se lacunas, linhas transversais ruidosas, que não foram preenchidas pelo sistema no momento da varredura. Essas lacunas são causadas devido a obstáculos encontrados no caminho do laser, o que impediu ao laser atingir o solo.

O espaçamento da grade gerada é similar à densidade dos pontos originais da varredura em campo. Esta decisão foi tomada para não afetar a exatidão da reconstrução de feições (edificações, árvores, ruas e etc.) na geração de modelos tridimensionais urbanos e possibilitando a recuperação de informações como a existência de linhas de transmissão de energia elétrica.

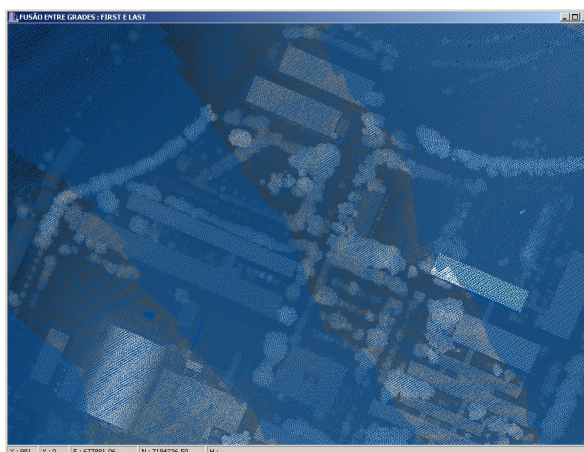


Figura 2 – Pontos registrados pelo laser

Na Figura 3 observa-se o resultado obtido utilizando-se o método proposto. Nota-se que todas as regiões que não existiam informações foram preenchidas com valores altimétricos.

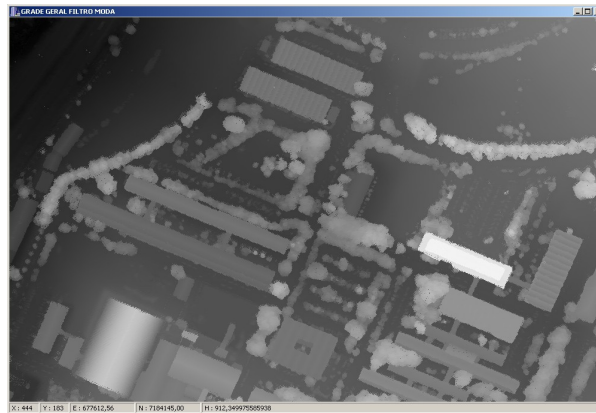


Figura 3 – Interpolador Moda

3.2 Verificação dos pontos altimétricos interpolados

Com o intuito de verificar a potencialidade do filtro aplicado nos dados laser, foi sobreposto ao dados laser interpolados uma restituição fotogramétrica, na escala de 1:5000, da mesma área contendo as edificações e vias da cena (Figura 4). Observando-se a Figura 4 nota-se que as edificações geradas a partir dos dados laser interpolados ficaram com suas bordas bem representadas. Em uma análise qualitativa, nota-se que as edificações ficaram geometricamente bem representadas. Nota-se ainda que, em relação as áreas das edificações, algumas ficaram extrapoladas em sua dimensão devido o filtro proposto não distinguir os dados relativos as paredes dos dados relativos aos telhados.

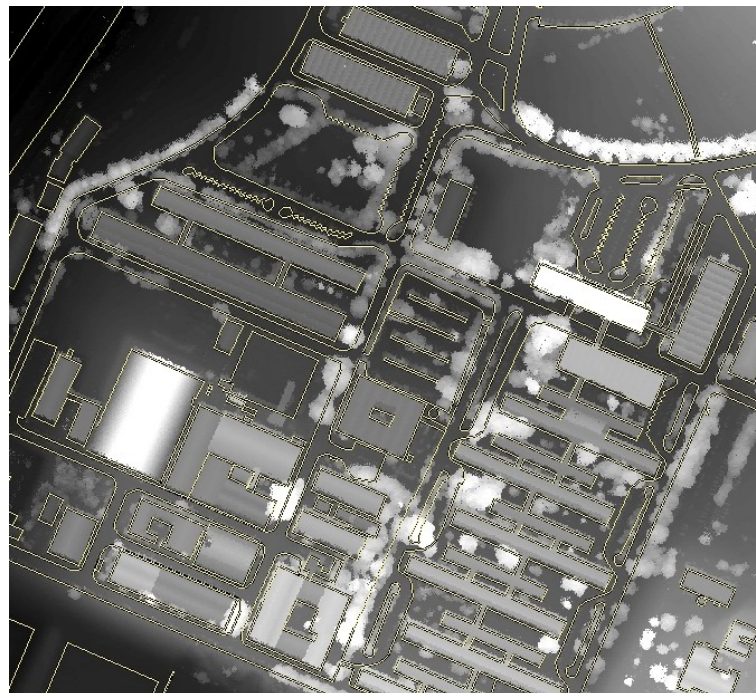


Figura 4 – Restituição versus interpolador moda

Ainda no intuito de verificação da eficiência qualitativa do interpolador proposto foram construídos gráficos de perfis transversais de edificações ao longo da imagem, deste interpolador frente ao do “vizinho mais próximo” e “inverso do quadrado da distância” (detalhes sobre esses interpoladores convencionais podem ser vistos em Sibson (1981) e Franke (1982) respectivamente). Esses perfis podem ser observados nas Figura 5 e 6.

Foram realizados perfis para duas edificações com diferentes telhados. Na Figura 5, nota-se na base da edificação que os interpoladores convencionais extrapolam as bordas enquanto o da Moda apresenta-se ligeiramente melhor no que tange o limite da edificação. Nota-se ainda, para esta Figura, que o interpolador “inverso do quadrado da distância” suaviza tanto a borda quanto a superfície do telhado, possibilitando assim a extrapolação dos limites da edificação num processo de restituição fotogramétrica automática. Ainda, observa-se que no canto inferior esquerdo, na região de solo próximo a edificação, que o “vizinho mais próximo” extrapola a borda o que pode causar uma duvida dos limites da edificação enquanto que o interpolador Moda representa essa região como uma superfície contínua.

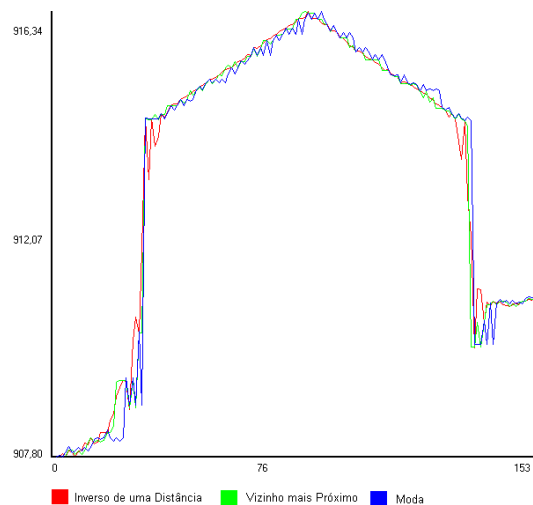


Figura 5 – Análise qualitativa do perfil de uma edificação

Na Figura 6, nota-se que tanto o interpolador Moda quanto o interpolador “vizinho mais próximo” representam melhor a extremidade dos telhados quando comparador com o “inverso do quadrado da distância”. É importante que as extremidades dos telhados sejam bem representadas pois isto implicará em um melhor resultado no processo de extração das bordas de uma edificação. Observa-se ainda nesta Figura que a base da edificação foi extrapolada quando utilizado o interpolador “inverso do quadrado da distância”, repetindo assim o resultado que ocorre na Figura 5.

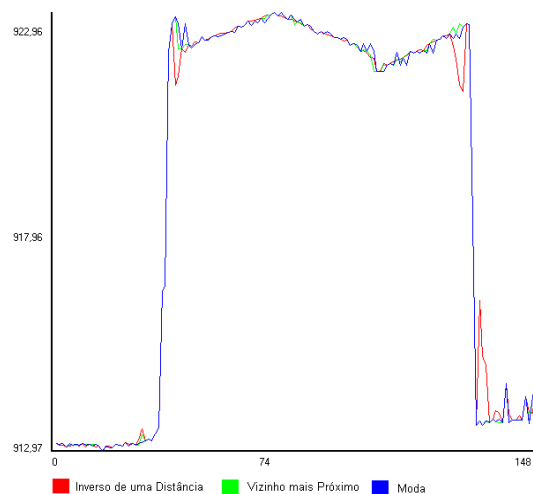


Figura 6 – Análise qualitativa do perfil de uma edificação

4 Considerações finais

O objetivo do trabalho de realizar a interpolação de dados registrados pelo laser scanner foi alcançado. Recomenda-se que para a região de sobreposição seja realizado um ajustamento dos pontos, assim possibilitando o aprimoramento do método.

O interpolador Moda representou, de modo qualitativo, ligeiramente melhor as extremidades das edificações, frente ao interpolador “vizinho mais proximo” e “inverso do quadrado da distancia”.

Esse trabalho é apenas uma iniciativa para projetos futuros, nos quais se poderão não só comparar mas instigar a pesquisa nesta área uma vez que os interpoladores tradicionais foram implementados visando à geração de grades regulares para modelos digitais do terreno (MDT) e não para modelos digitais de superfície (MDS), que são oriundos de dados provenientes do laser scanner os quais incluem uma complexidade maior.

5 Referência bibliográfica

Franke, R. **Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods**, Mathematics of Computations, v. 33, n. 157, p. 181-200, 1982.

Sibson, R. **A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation**, Interpreting Multivariate Data, V. Barnett editor, John Wiley and Sons, New York, p. 21-36, 1981.

Smith, S. L.; Holland, D.; Longley, P. **Interpreting interpolation: the pattern of interpolation errors in digital surface models derived from laser scanning data**. Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, 2003. <disponível em http://www.casa.ucl.uk/working_papers/paper66.pdf> Acesso em maio 2006.

Zinger, S.; Nikolova, M.; Roux, M.; Maitre, H. **3D resampling for airborne laser data of urban áreas**. In: Photogrammetric Computer Vision, 2002, Graz, Austria. ISPRS, 2002. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.isprs.org/comission3/proceedings/content2.htm>> Acesso em maio de 2006.