

## CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS DO LASER SCANNER BASEADA EM ATRIBUTOS ESPECTRAIS E ESPACIAIS

MÁXIMO A. MIQUELES<sup>1</sup>  
ÍTALO CAVASSIM JR<sup>1</sup>  
DIANA WEIHING<sup>2</sup>  
JORGE CENTENO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CPCGC - Universidade Federal do Paraná  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Curitiba - PR, Brasil  
max\_miqueles@pop.com.br , italo@geoc.ufpr.br , centeno@geoc.ufpr.br

<sup>2</sup> Universität Fridericiana Karlsruhe (Alemanha)  
Englerstr. 7, 76128 Karlsruhe, Deutschland  
dianaw@gik.uni-karlsruhe.de

**Abstract.** The article presents the results of a study that aims to classify buildings and consequently vegetation in one image, received from laser scanner, using the resources of the software eCognition, for example shape-parameters. The obtained images from the laser scanner don't have spectral informations, only informations about the shape and the elevation from the several objects. So it admits spacial study and planning, which are faster and more exact, and receiving better results, like these we will show.

**Keywords:** Laser Scanner, análise orientada a objeto, áreas urbanas

**Resumo.** Neste artigo estão apresentados os resultados de um estudo que tem como objetivo classificar edificações e por conseguinte vegetação de uma imagem derivada do laser scanner, utilizando os recursos matemáticos e gráficos do software eCognition, como por exemplo, utilizando parâmetros de forma para obter os resultados. As imagens obtidas do laser scanner não possuem informações espectrais, contendo somente informações sobre as formas e altura dos objetos, por isso permite um estudo ou planejamento do espaço de uma forma mais rápida e precisa, obtendo bons resultados como os que mostraremos.

### 1. Introdução

O laser scanner é uma nova maneira de sensoriamento remoto que permite determinar a elevação de objetos acima da superfície do terreno. O resultado destes levantamentos são geralmente grades raster, que podem ser analisadas usando os sistemas de processamento de imagens tradicionalmente utilizados para as imagens de sensoriamento remoto. A identificação de objetos nas imagens, no entanto, merece uma especial atenção, pois a natureza da informação nelas contida é diferente das imagens associadas às faixas do visível e infravermelho tradicionalmente analisadas. Um dos campos mais promissórios para o laser scanner é o mapeamento de cidades, pois permite determinar o volume das construções e, com isto, oferece vantagens para a estimativa do alcance de antenas de comunicação ou para a determinação da altura dos prédios. Uma aplicação direta desta tecnologia poderia ser o controle dos limites de construção em regiões urbanas. No entanto, a identificação de edificações nem sempre é fácil, pois existem outros objetos, por exemplo a vegetação densa, que podem apresentar a mesma altura que construções numa imagem de laser scanner.

Neste artigo estão apresentados os resultados de um estudo que tem como objetivo classificar edificações, solo e vegetação em uma imagem derivada do laser scanner, utilizando a abordagem "orientada a objeto" disponível no software eCognition.

### 1.1 Laser scanner

O laser scanner é uma nova tecnologia de sensoriamento remoto, com a qual a variação altimétrica da superfície pode ser levantada. Uma plataforma laser scanner pode ser instalada em diferentes tipos de lugares, sejam estes aviões (caso que tratado neste trabalho) ou até mesmo veículos automotivos e plataformas fixas (3D Scanners). Este sistema mede a distância entre o sensor e o objeto através de feixes de luz LASER - tais objetos irão refletir a luz incidente, permitindo ao sistema realizar o cálculo da distância. Utilizando unidades de medições auxiliares, tal como o dGPS (diferencial GPS) e o IMU (Inertial Measurement Unit), que registram a posição e as inclinações do avião durante o vôo, torna-se possível determinar a posição de pontos na superfície numa fase e pós-processamento (Gutelius, 1998). A Figura 1 ilustra este tipo de sistema.

Embora o sinal usado seja altamente coerente no espaço, ele não atinge a superfície de maneira pontual, se não que cobre uma área unitária desta superfície. Por isto, o laser scanner pode separar e gravar diferentes reflexões. Duas destas são as mais importantes, a primeira e a última (primeiro e último pulso). O primeiro pulso resulta da reflexão do feixe incidente pelos pontos mais próximos do sensor. Quando os objetos não são completamente sólidos, por exemplo a vegetação, parte do feixe passa pelo objeto e é refletido posteriormente (último pulso). Este último pulso registra as informações que o primeiro pulso não conseguiu captar, ou seja, a duração é mais longa, permitindo captar objetos mais baixos ou obstruídos por outros. A figura 2, ilustra o tipo de ocorrência.

Com essas medições, modelos digitais do terreno podem ser criados para varias utilizações, podendo citar uma como por exemplo o modelo tridimensional de uma cidade o qual seria de extrema importância o planejamento urbano desta (Centeno et al., 2000). Por conseguinte, se torna importantíssimo o conhecimento ou classificação das edificações.

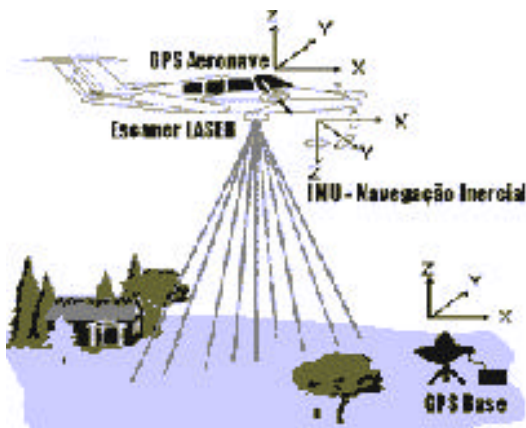


Figura 01 – Laser Scanner

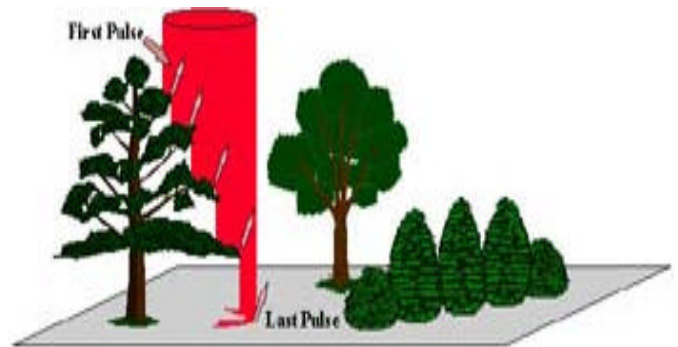


Figura 02 – Primeiro e Ultimo pulso

## 2. Materiais

A imagem abaixo, demonstra a área aonde foi desenvolvido o trabalho, trata-se da cidade de Karlsruhe (Alemanha), onde a empresa Toposys realizou um levantamento parcial desta

com o laser scanner. Para esse trabalho foram usando imagens do primeiro e do último pulso do laser scanner, fornecidos pela empresa.



Figura 03 – Foto aérea da região



Figura 04 – Imagem do Laser Scanner

### 3. Metodologia

A metodologia proposta segue a abordagem “orientada a objeto”, ou seja, analisa regiões da imagem e baseia o processo de classificação nas propriedades destas regiões. Para isto, a classificação é dividida em duas etapas. Na primeira, segmentação, “objetos”, ou partes deles, são procurados na imagem. Na segunda, estes objetos são classificados.

#### 3.1. Segmentação

O processo de segmentação de imagens tem por objetivo dividir uma imagem, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como por exemplo a uniformidade espectral dos pixels, sua textura e contraste (Woodcock et al. 1994). O processo aqui utilizado considera duas características das regiões formadas: sua uniformidade espectral e a compacidade das regiões, de maneira a garantir que as regiões formadas sejam compactas em termos espectrais e espaciais.

Como a determinação da fronteira entre árvores e os telhados é muito difícil considerando apenas a altura dos objetos, o primeiro passo foi salientar as fronteiras na imagem para isto, um filtro baseado na *Mínima Curvatura* (*Minimum Curvature*) foi aplicado às imagens do primeiro e último pulso do alser scanner. Com isto, as fronteiras dos objetos ficaram melhor definidas, mas junto com elas apareceram outras “falsas bordas”, ou seja, regiões onde o contraste local é alto, principalmente nas regiões de vegetação, pois é onde a variação da altura é maior.

As imagens correspondentes à estimativa da mínima curvatura foram utilizadas em conjunto com as imagens originais do laser scanner como entrada no processo de segmentação.

O critério mestre na segmentação do eCognition é o “parâmetro de escala” (scale parameter) que é o resultado da uniformidade espectral e espacial das regiões. O eCognition oferece a opção de ponderar as características das regiões a serem identificadas, fornecendo ao usuário a possibilidade de especificas estas características através de valores entre zero e um. Numa primeira fase, pondera-se a importância da informação espectral em relação à informação espacial. caso seja considerado que a informação espacial é relevante, existe a

alternativa de determinar qual característica é mais importante para as regiões: a compacidade ou a suavidade de seus contornos. No caso deste trabalho foram utilizados os seguintes valores:

*Scale Parameter=60,*

*Color=0.2,*

*Shape=0.8*

*ⓂSmoothness=0.5*

*ⓂCompactness=0.5*

Pode-se notar que foi dado um peso maior ao parâmetro da forma, uma vez que a forma é bem definida na imagem laser e a cor é utilizada como uma função linear da altura, permitindo somente distinguir as elevações.

### 3.2. Classificação

A classificação é o processo onde uma decisão é tomada a respeito da classe mais provável para cada elemento. Na abordagem “orientada a objeto”, os elementos considerados não são mais os pixels isolados, mas grupos de pixels, as regiões. de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. A grande vantagem de considerar regiões é que o número de variáveis consideradas na classificação aumenta, pois, além dos dados espectrais, é possível descrever cada região usando parâmetros de forma, textura e associação entre objetos. Com isto, os objetos podem ser mais adequadamente descritos. A grande desvantagem é o fato do resultado, o mapa temático, ser altamente dependente da segmentação e os erros de segmentação não poderem ser corrigidos na classificação.

Escolheu-se, através de experiências, o conjunto de parâmetros espectrais e espaciais que melhor descrevem as classes em consideração: “Edificação”, “Vegetação”. Para cada uma delas, os seguintes descritores foram considerados relevantes:

a) Fonte: Primeiro Pulso e Mínima Curvatura do Último Pulso

1a ) Edificação

- Desvio Padrão do Primeiro Pulso
- Desvio Padrão da Mínima Curvatura

2a ) Vegetação

- Área
- Comprimento
- Comprimento Avançado dos lados

b) Fonte: Último Pulso e Mínima Curvatura do Último Pulso

1a ) Edificação

- Área
- Compacidade
- Densidade
- Índice de Formas
- Desvio Padrão do Último Pulso
- Desvio Padrão da Mínima Curvatura

2a ) Vegetação

- Não Edificação

Utilizando os descritores acima, os resultados foram bons, porém não suficientes para a finalidade pretendida. Como este resultado era uma primeira aproximação do mapa temático

de vegetação e construções, optou-se submeter este resultado a um processo de pós-processamento. Nele, as imagens temáticas foram simplificadas utilizando a morfologia matemática (Haralick e Shapiro, 1997). Os operadores de “fechamento” e “abertura” forma empregados para formar regiões mais compactas e ao mesmo tempo eliminar apêndices e regiões muito pequenas ou finas. P produto deste pós-processamento, foram imagens limpas de vestígios, e elas foram reclassificadas no eCognition. Os parâmetros para a nova segmentação foram os seguintes:

Para a imagem só com edificação:

*Scale Parameter=30,*

*Color=0.2,*

*Shape=0.8*

*ⓂSmoothness=0.5*

*ⓂCompactness=0.5*

Para a imagem só com vegetação:

*Scale Parameter=40,*

*Color=0.2,*

*Shape=0.8*

*ⓂSmoothness=0.5*

*ⓂCompactness=0.5*

Para a segunda classificação os parâmetros utilizados foram:

a) Primeiro Pulso e Mínima Curvatura do Ultimo Pulso para edificação

1a ) Edificação

- Área
- Comprimento Avançado dos lados
- Lados mais longos
- Comprimento
- Desvio Padrão do comprimento dos lados

2a ) Vegetação

- Não edificação

b) Primeiro Pulso e Mínima Curvatura do Ultimo Pulso para Vegetação

1a ) Edificação

- Não vegetação

2a ) Vegetação

- Comprimento Avançado dos lados
- Índice da forma

#### 4. Resultados

Na primeira fase de classificação duas imagens foram obtidas. Na figura 05 é apresentado o resultado da classificação reunindo a imagem do primeiro pulso junto com a mínima curvatura do último pulso. Nota-se que a maioria das edificações foram bem classificadas, mas existem algumas regiões onde a separação da vegetação das edificações não foi possível. Várias áreas cobertas por vegetação não foram classificadas corretamente. A figura 6 representa o resultado da classificação usando o último pulso e a mínima curvatura do último pulso. Neste caso, as edificações foram bem classificadas, mas ainda restam telhados não

identificados. Isto ocorre, por exemplo, no telhado do castelo situado no canto superior esquerdo da imagem.

#### Primeira Classificação realizada no eCognition

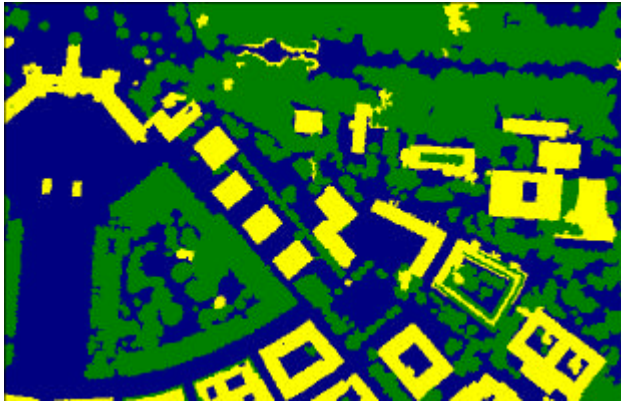


Figura 05

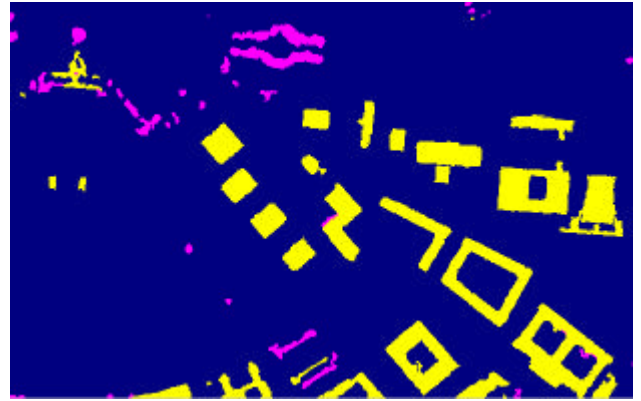


Figura 06

Na segunda fase de classificação, isto é, classificando novamente as imagens após a remoção de regiões menores usando a morfologia matemática, os resultados foram melhores. Na figura 7 é mostrado o resultado do pós-processamento e reclassificação da figura 05, enquanto a figura 08 mostra o resultado do mesmo processo aplicado à figura 6. Na figura 07, nota-se que as edificações foram bem classificadas, ocorrendo ainda alguns vestígios da vegetação. A vegetação na figura 08 está bem classificada. Nota-se que em algumas partes tem-se poucos vestígios da edificação.

#### Segunda Classificação Realizada no eCognition

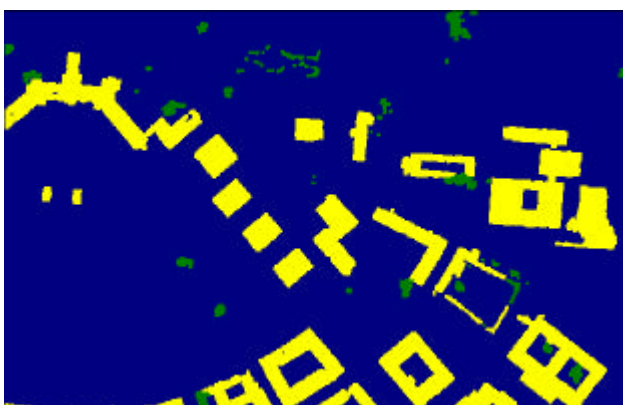


Figura 07

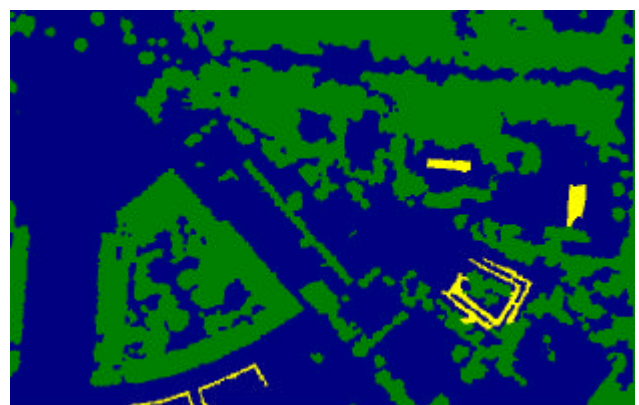


Figura 08

## 5. Conclusão

Os resultados obtidos foram satisfatórios, porém não foi possível realizar uma classificação com cem por cento de aproveitamento, o que era o esperado, devido a uma série de fatores que dificultam a extração das construções.

Primeiramente, deve-se citar que a própria imagem de laser scanner apresenta falhas, regiões onde a reflexão do feixe não é satisfatória. Devido a certos tipos de superfícies serem muito uniformes (superfícies lisas), o laser scanner não consegue identificar corretamente os objetos, porque ocorre uma reflexão especular do pulso incidente.

Outro fator a ser considerado são os erros gerados no processo de segmentação. Quando uma árvore ocorre perto de uma edificação baixa, torna-se difícil separar estes dois objetos apenas considerando sua altura. Com isto, as fronteiras dos objetos são incorretamente definidas na segmentação e este erro se propaga no processo de classificação. Esta confusão fez com que existisse nas imagens finais, vestígios de vegetação ou edificação dependendo do caso.

Telhados formados pela agregação de pequenos planos inclinados também são uma fonte de erro, pois podem ser confundidos com vegetação. Este é o caso das torres do castelo, que tem forma arredondada.

No entanto, grande parte das construções foram identificadas e podem ser modeladas em três dimensões. O sucesso deste experimento encontra-se associado ao uso de variáveis espaciais para descrever os objetos, algo que é possível dentro da abordagem “orientada a objeto”.

## 6. Bibliografia

Centeno, J.S.; Steinle, E. ; Vögtle, T. (2000). **Análise de modelos numéricos de elevação derivados de laser scanner para o monitoramento urbano**. 4º COBRAC, Florianópolis outubro, 2000.

Gutelius, B.: **Engineering Applications of Airborne Scanning Lasers: Report from the Field**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 64(4), pp.246-253, 1998.

Haralick, R. e Shapiro, L. : **Computer and Robot Vision**. Vol.1, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1997.

WOODCOCK, C.E.; COLLINS, J.B.; GOPAL, S.; JAKABHAZY, V.D.; LI, X.; MACOMBER, S.; RYHERD, S.; HARWARD, V.J.; LEVITAN, J.; WU, Y.; WARBINGTON, R. **Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model**. Remote Sensing of Environment, New York, v.50, n.3, p.240-254, Dec. 1994.

WEHR, A. & LOHR, U.; **Airborne Laser Scanner – An introduction and Overview**, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 1999

TopoSys®, Topographische Systemdaten GmbH; Disponível em: <[http://www.toposys.com/toposys\\_d.htm](http://www.toposys.com/toposys_d.htm)>; Acesso em 23 outubro 2002.

### **Agradecimentos**

Os autores desejam agradecer a cooperação do Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento remoto (IPF) da Universidade de Karlsruhe pelo uso das imagens, à Universidade Federal do Paraná, ao CNPq e ao projeto UNIBRAL-CAPES/DAAD pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do trabalho.