

## Segmentação Baseado em Grafos (Grab-Cut) aplicado em Imagens LiDAR para a Extração Semi-Automática de Edificações

Marcos Aurélio Basso <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências da Terra-Departamento de Geomática  
Caixa Postal 19.001 – Curitiba - PR , Brasil  
marcosbasso@ufpr.br

**Abstract.** Image segmentation is an important procedure in image processing and computer vision, as it consists in grouping pixels that have the same characteristics as color and texture, and thus allowing to extract information from the image. This paper suggests the application of a cut in the graph to separate the pixels belonging to a foreground and background in a picture with LiDAR altimetry data. Through a user-specified bounding box around the object to be segmented, the algorithm calculates the color distribution of the target object and the background using a Gaussian Mixture Model (GMM). MMG is used to build a Markov random field on the label of the pixel, with the energy function will give priority to regions linked to the same labels, and through this optimization-based graphs will infer their values. As likely estimate is more accurate than the original, taken from the surrounding rectangle, this process consists of eight steps are repeated until they converge.

**Palavras-chave:** Image Segmentation, Grab-Cut, LiDAR, Segmentação de Imagens, Grab-Cut, LiDAR;

### 1. Introdução

Para nós seres humanos, a identificação de objetos ou regiões com a mesma característica em uma imagem é uma tarefa bastante trivial, mas para um computador realizar esta mesma tarefa é necessário a implementação de algoritmos que analisem a característica de cada pixel ou da distribuição da população de pixels. A segmentação de imagem é, portanto, um procedimento importante no processamento de imagens e na visão computacional, pois agrupar os pixels adequadamente em relação ao objeto ou região é uma etapa fundamental no processo de análise de imagens. Atualmente existem diversas técnicas que são totalmente automáticas como a Watershed e Crescimento de Regiões, mas em alguns casos não trazem resultados muitos precisos. Por outro lado, algumas técnicas semi-automáticas que necessitam de uma pequena interação com o usuário vem sendo estudadas. E algumas dessas novas técnicas vem sendo desenvolvidas a partir da teoria de Grafos como o GraphCut (Boykov e Jolly, 2001), no qual convertem o problema da segmentação em um problema de grafos. E nesta categoria, Rother et al (2004) introduzem o algoritmo GrabCut.

Portanto, este trabalho apresenta uma aplicação de Grab-Cut em uma imagem LiDAR (*Ligth Detection Ranging*) com dados de altimetria, através de um retângulo envolvente definido pelo usuário, será selecionados os objetos de interesse na imagem que serão segmentados, o corte em grafo irá selecionar os objetos de interesse (*foreground*), com as imagens de fundo (*background*), que no caso deste trabalho o *foreground* é as edificações;

O algoritmo calcula a distribuição de cor do *foreground* e *background* aplicando um *Modelo de Mistura Gaussiana* (MMG). A MMG é empregada para construir um campo aleatório de Markov sobre o rótulo dos pixels, com a função de energia dará prioridade a regiões ligadas ao mesmo rótulos, e através desta otimização baseado em grafos irá inferir em seus valores.

O trabalho esta dividido da seguinte forma, a seção 2 apresenta a metodologia empregada, no qual, é apresentado o algoritmo Grab-Cut, na seção 3 é apresentado os resultado dos experimentos e finalmente na seção 4 as conclusões.

### 2. Metodologia

## 2.1 Grab-Cut

Através de um retângulo envolvente definido pelo usuário, seleciona o objeto de interesse, e a sua segmentação é realizada de maneira automática. A técnica consiste em criar um grafo de fluxo de redes (Cormen et al.,2001), sendo que cada pixel representa o vértice do grafo, logo cada vértice esta conectado a 8 vizinhos através de arestas não dirigidas, sendo estas denominadas *N-links*.

Adicionalmente são requeridos dois vértices especiais neste grafo de fluxo: vértice origem e vértice destino. O vértice origem representa o objeto a segmentar na imagem (*foreground*), e o vértice destino representa o fundo da imagem (*background*). Cada um dos vértices do grafo se conecta através de uma aresta com a origem, estas arestas são denominadas *T-Links*. O peso de cada arestas são determinadas pela função de energia potencial, baseado nos *Modelos de Mistura Gaussiana* (MMG), Chuang et al.(2001), uma para o *foreground* e outra para o *background*. Cada MMG forma 5 componentes gaussianas.

Na figura 1 apresenta um exemplo da representação de uma imagem como um grafo de fluxo constituído para o algoritmo Grab-Cut, sendo 4 vizinhos de 8 possíveis vizinhos.

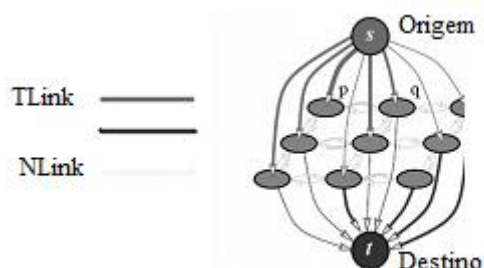


Figura1- Grafo de fluxo para executar o algoritmo Grab-Cut

A partir do grafo de fluxo é possível determinar o algoritmo de corte mínimo, Sedgewick e Wayne (2011). No qual se divide o grafo em dois grafos disjuntos como é apresentado na figura 2. Assim um grafo passará o vértice origem com um grupo de pixels, e o vértice destino passará com o grupo de pixels restantes. Estando os vértices conectados a origem irão representar o *foreground* e os vértices conectados ao destino os *background*

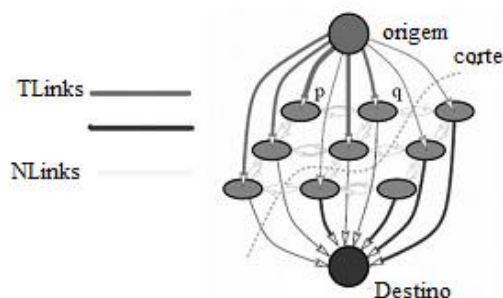


Figura 2- Corte num grafo de fluxo

## 2.2 O Algoritmo

O Algoritmo do Grab-Cut se divide em 8 passos, a saber:

1) Através do retângulo envolvente o usuário seleciona o objeto a segmentar na imagem LiDAR, os pixels dentro do retângulo terão o rótulo *unknown*, os pixels fora do retângulo são marcados como *rótulo background*;

2) Os pixels que pertencem ao *rótulo background* são rotulados inicialmente como *background* enquanto os rotulados como *rótulo unknown* são marcados com o *rótulo foreground*;

3) Dois MMG são criados: um para o *foreground* e um para o *background*. O *foreground* é MMG inicializado com o valor de pixel rótulo *foreground* e MMG *background* com valor de pixel rótulo *background*.

4) Cada pixel da MMG *foreground* é atribuído o rótulo que é mais provável que pertencem e , cada pixel da MMG *background* é atribuído o rótulo que é mais provável pertença;

5) Os MMG são eliminados, e criados novos a partir da informação obtida anteriormente. Cada pixel é atribuído à sua respectiva MMG (*foreground* ou *background*) e o componente MMG que foi atribuído no passo 4;

6) O grafo é construído e se cortado executando o algoritmo fluxo máximo Ford-Fulkerson (Cormen et al.,2001). Com base no resultado obtido, altera algum valor rótulo dos pixels. Aqueles que ficar ligado para a esquerda como *rótulo foreground* , e conectado ao destino rotulado como *background*.

7) Os passos 4 e 6 se repetem até que nenhum rótulo de pixel seja modificado;

8) Finalmente, é possível selecionar algumas arestas e a execução de um algoritmo de realce de bordas um algoritmo de realce de bordas. Este melhora as bordas de algumas partes da imagem que sejam difíceis de detectar.

## 2.3 Experimentos

Para realização dos experimentos foram utilizados os seguintes materiais:

- Ambiente de Programação QT-Creator/C++, com sistema operacional Ubuntu 14.04;
- Biblioteca de visão computacional OpenCV;
- Laptop Samsung RF-511, processador Intel Core7;
- Dados LiDAR da região próximo ao Centro Politécnico da UFPR em Curitiba;

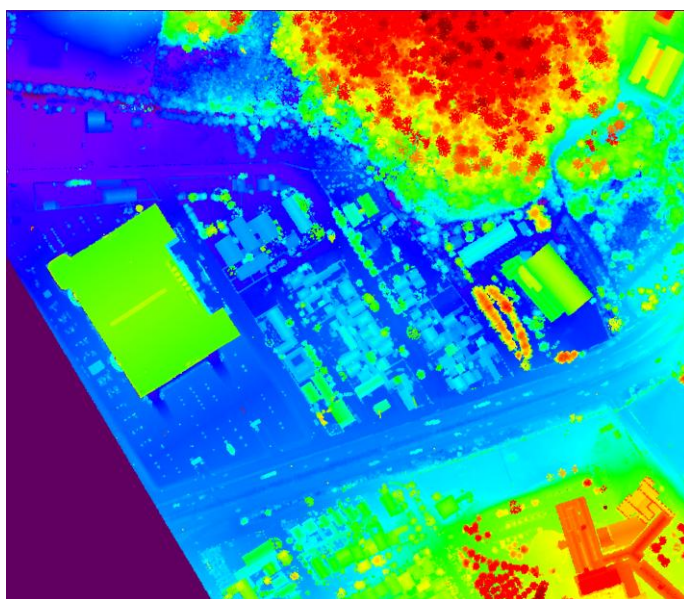


Figura3 - Imagem de elevação gerada a partir dos dados LiDAR

### 3. Resultados e Discussão

Através da imagem de elevação geradas a partir dos dados LiDAR (figura3), a figura 4-a é composta pelo dados do retângulo envolvente definido pelo usuário a partir do evento do arrastar do mouse, conforme é mostrado na imagem tem o *background* formado pela elevação mais baixa (piso), e o *foreground* (edificação). Aplicando o algoritmo Grab-Cut o resultado é apresentado na figura 4-b tem-se visualmente um resultado bastante satisfatório, com as bordas que separam a edificação com o piso bem definidas, este resultado se deve a uma variação abrupta da elevação em relação ao chão e a edificação.

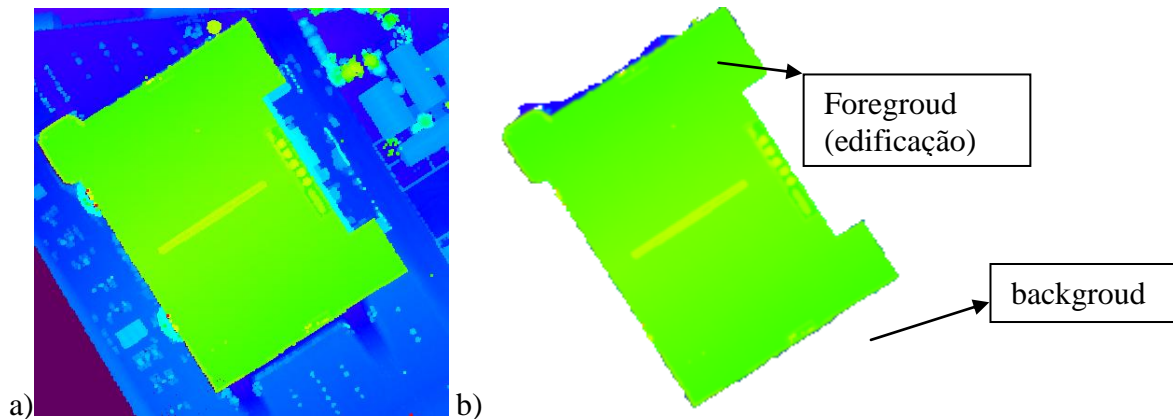


Figura 4 (a) - Área da imagem LiDAR selecionado pelo retângulo envolvente definido pelo usuário contendo o *foreground* e *background*; (b) - Resultado do Algoritmo Grab-Cut;

No próximo experimento foi selecionado mais uma edificação através do retângulo envolvente que contem as informações *background* e *foreground* ( figura 5-a), realizado analisa-se visualmente a figura 5-b,a extração da edificação em relação ao piso ( elevação mais baixa). Nota-se que o algoritmo tb detectou algumas vegetações, isso deve ser em razão a alta correlação entre a altura das árvores em torno da edificação serem equivalentes. Este tipo de confusão pode ser evitado empregando mais um tipo de dado do LiDAR, o valor de intensidade o pulso do laser.

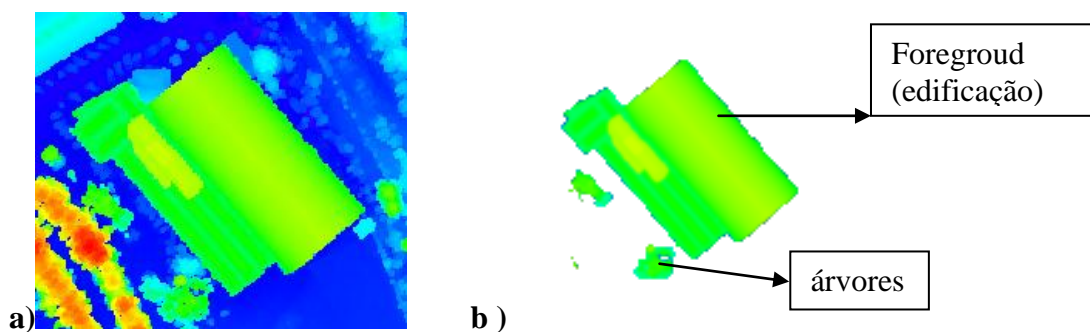


Figura 5 a)- Área selecionada pelo usuário; b) resultado da aplicação do algoritmo Grab-Cut;

### 4. Conclusão

Neste trabalho foi empregado o algoritmo Grab-Cut, na segmentação de imagens de elevação geradas a partir do LiDAR, os resultados da segmentação entre o *foreground* representando as edificações e o *background* foram bastante satisfatórias. Para melhorar o

resultado do algoritmo poderá futuramente ser empregados os dados de intensidade do LiDAR.

## 5. Referências Bibliográficas

Boykov, Y.; Jolly, M. P. Interactive Graph Cuts for Optimal Boundary & Region Segmentation of Objects in N-D images. En Proceedings of the Eight **IEEE International Conference on Computer Vision ICCV**. Vancouver, BC, Canada, IEEE Computer Society, 2001, pp. 105-112

Rother, C.; Kolmogorov, V. ; Blake, A. GrabCut: Interactive Foreground Extraction using Iterated Graph Cuts. **ACM Transactions on Graphics**. New York, NY, USA. Vol. 23, 3, pp. 309-314, Agosto 2004.

Cormen, T. H.; Leiserson, C. E.; Rivest, R. L. y Stein, C. **Introduction to Algorithms**. New York, USA, MIT Press, 2001, 2da edición, pp. 651-664.

Chuang, Y-Y.; Curless, B.; Salesin, D.H. e Szeliski, R. A Bayesian Approach to Digital Matting. En Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR. **IEEE Computer Society**, 2001, pp. 264-271.

Sedgewick, R; Wayne, K. Algorithms. Boston,USA, Addison Wesley, 2011, pp. 570-587