

**MÉTODO BASEADO EM GRAFOS PARA SEGMENTAÇÃO DE SEMENTES
OLEAGINOSAS EM IMAGENS TOMOGRÁFICAS DE ALTA RESOLUÇÃO**André R. Brito^{1,2,*}, Gabriel M. Alves^{1,2}, Paulo E. Cruvinel^{1,2}¹ Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP² Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Rodovia Washington Luís Km 310, 13565-905, São Carlos, SP* Autor correspondente, e-mail: andrerb_1992@hotmail.com

Resumo: Neste trabalho, é apresentado um método de segmentação de imagens tomográficas de alta resolução que se baseia na Teoria de Grafos e que leva em consideração a relação entre os pixels da imagem para realizar essa tarefa. O método foi preparado para segmentar imagens de sementes de espécies oleaginosas. Os resultados obtidos indicam a qualidade do método, o qual supera em geral o método de segmentação baseado em Otsu.

Palavras-chave: imagens tomográficas, segmentação de imagem, teoria dos grafos, sementes de oleaginosas.

**GRAPH BASED METHOD FOR OILSEED SEGMENTATION IN HIGH RESOLUTION
TOMOGRAPHIC IMAGES**

Abstract: In this paper, a high-resolution tomographic image segmentation method is presented which includes Graph Theory and takes into account the relationship between image pixels to perform a segmentation task. The method was submitted to a base of high-resolution tomographic images, Results of oleaginous seeds. The results obtained generally determine that the method surpasses the traditional methods of segmentation based on Otsu.

Keywords: tomographic images, image segmentation, graph theory, oilseeds.

1. Introdução

O Brasil é o país que tem um grande potencial para produção de sementes oleaginosas como matéria prima principal no processo do biodiesel. Tendo em vista sua grande diversidade em espécies de sementes cultivadas em todas as suas regiões, tal aspecto se constitui como uma grande oportunidade de pesquisa para a área da visão computacional e reconhecimento de padrões. Neste contexto, o uso de técnicas de visão computacional, aplicadas às imagens de sementes oleaginosas, pode auxiliar no processo de decisão envolvido na seleção das espécies e suas qualidades em função da morfologia para a produção do biodiesel.

Uma das principais etapas da área de visão computacional e o reconhecimento de padrões, o qual necessita da etapa de segmentação dos objetos que compõem as imagens. A segmentação de imagens consiste na tarefa de dividir uma imagem em diferentes regiões, onde cada região possui propriedades específicas que podem incluir cor, textura, forma, entre outras características (FU; MUI, 1981; GONZALEZ; WOODS, 2002).

Neste trabalho é apresentado um método de segmentação adaptado para avaliação de sementes oleaginosas o qual recebe uma imagem tomográfica de alta resolução que é submetida a um filtro visando à preservação das bordas ao mesmo tempo em que suaviza as regiões internas dos objetos presentes na imagem. Na sequência um grafo é construído a partir das informações dos pixels e da relação de vizinhança entre eles. Finalmente, após a construção, realiza-se o corte em grafos a fim de identificar as sementes que estão presentes na imagem.

2. Materiais e Métodos

As imagens tomográficas de sementes oleaginosas foram obtidas utilizando um tomógrafo de alta resolução instalado na Embrapa Instrumentação (SkyScan 1172). Sementes das culturas de Girassol e Pinhão-manso foram ensaiadas considerando resolução espacial de 4000x4000 *pixels*, conforme ilustrado na Figura 1.

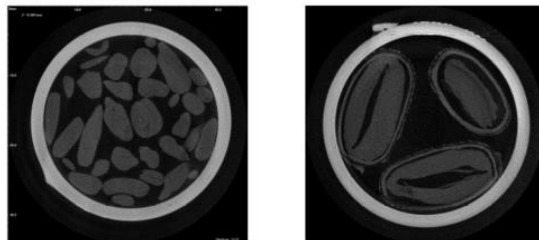


Figura 1. Imagens tomográficas de sementes oleaginosas. (a) Semente de girassol. (b) Semente de Pinhão-manso.

A métrica para a avaliação da qualidade das imagens foi baseada no uso do indicador *Structural Similarity Index* (SSIM), o qual viabilizou comparar o desempenho do método proposto com o tradicional método de segmentação por Otsu (OTSU,1979).

2.1. Sementes oleaginosas

As sementes oleaginosas promovem a formação de plantas que contém fontes importantes de proteína, fibra e de óleo vegetal. A extração de óleo vegetal é utilizada no processo para produção do biodiesel (BELTRÃO-OLIVEIRA,2008).

A semente de Girassol é considerada uma das principais sementes oleaginosas para a produção de óleo vegetal. Suas propriedades são ricas em nutrientes como fonte de proteínas, fibras e vitamina E. A semente de Pinhão Manso tem seu destaque na sociedade por ser adaptável em ambientes diversos e viabilizar o biodiesel a um custo menor (DE ARRUDA et al., 2004).

2.2. Tomografia de raios-X de alta resolução

A tomografia de raios-X de alta resolução é uma técnica não invasiva, que possibilita a análise e visualização detalhada de uma imagem tridimensional, ou seja, estruturas internas do corpo em estudo. Neste trabalho, essa técnica foi utilizada incluindo a transformação das intensidades dos *pixels* RGB para os níveis de escala de cinza, assim como transformando uma imagem tridimensional em uma imagem bidimensional de 8 *bits*. Os valores de intensidade dos *pixels* de uma imagem em nível de cinza podem variar do valor 0 (cor preta) ao valor 255 (cor branca). Também houve o uso de um filtro de Difusão Anisotrópica, visando a preservação de borda e suavização que ocorre entre regiões internas das imagens.

2.3. Corte em Grafo

Neste trabalho foi considerada a existência de duas regiões (primeiro plano e fundo), sendo que as mesmas foram mapeadas por um grafo $G = (V, E)$, onde cada vértice v do grafo passou a representar um *pixel* da imagem. Com isso, foi possível considerar $v \in V$. Já as arestas, que ligam cada vértice v aos seus vértices (*pixels*) vizinhos, foram representadas na forma $(v, u) \in E$. Contudo, depois de formado o grafo da imagem a ser segmentada, foram inseridos dois vértices terminais chamados de s (*source*) e t (*sink*). O vértice s refere-se ao primeiro plano da imagem, contendo características da região do objeto que se deseja segmentar. Através do vértice s , são ligados todos os outros vértices contidos na imagem. O vértice t refere-se ao segundo plano da imagem, contendo características da região referente ao fundo da imagem. Através do vértice t , podem ser recebidas todas as ligações dos vértices do grafo.

A representação dos vértices terminais s e t foram empiricamente definidas através de uma

marcação de um *pixel* central referente ao objeto (vértice s) e outro referente ao fundo (vértice t), dentro de uma região com dimensão 5×5 . Em seguida, os valores de s e t são calculados com base na média de cada região definida. A Figura 2 ilustra um grafo, onde foi realizado a ligação das arestas com seus vértices e seus respectivos vértices terminais s (*source*) e t (*sink*).

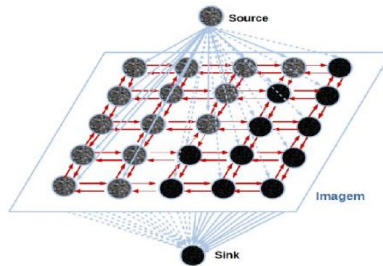


Figura 2. Representação em grafos de uma imagem.

A capacidade (custo) atribuída a cada aresta do grafo, é representada pela similaridade entre dois vértices que acontece a ligação, neste caso, os quatro vizinhos adjacentes c_N , c_S , c_E e c_W . Lembrando que os vértices $(v, u) \in E$ e $(u, v) \in E$, tem o mesmo valor. Sendo assim, esse cálculo é realizado com base na Eq. 1, onde se buscou os vértices similares ao objeto.

$$peso = 255 - \left| \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N img1[i][j] - img2[i \pm 1][j \pm 1] \right| \quad (1)$$

onde M e N é a dimensão da imagem, 255 é o valor de maior intensidade, $img1$ e $img2$ representam a diferença entre dois *pixels*. Para calcular a capacidade das ligações do vértice s aos vértices da imagem e os vértices da imagem para o vértice t , utilizando a função de verossimilhança expressa pelas Eq. 2 e a Eq. 3, na forma:

$$cap_s = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_s^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma_s^2}(I_p - \mu_s)^2} \quad (2)$$

$$cap_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2}} e^{-\frac{1}{2\sigma_t^2}(I_p - \mu_t)^2} \quad (3)$$

A partir da geração do grafo de uma imagem, com seus respectivos custos de cada aresta, é possível encontrar o corte mínimo do grafo. A Figura 3 ilustra o resultado do corte mínimo que foi obtido no grafo residual.

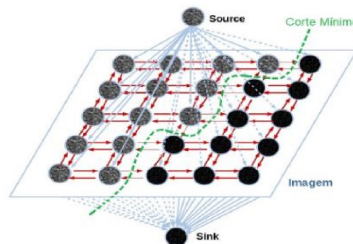


Figura 3. Corte mínimo realizado no grafo residual.

Após aplicação do algoritmo de Edmonds-Karp para encontrar o corte mínimo do grafo G por meio

de seu grafo residual G_f , aplica-se um algoritmo de busca a partir do vértice s , para obter os nós do grafo (*pixels* da imagem) os quais são ligados ao vértice s , os vértices pertencentes a região do objeto. Já os vértices que não forem alcançados pela busca, automaticamente serão associados ao nó terminal t , formando a região do fundo da imagem.

3. Resultados e Discussão

O resultado obtido pelo método proposto pode ser visualizado e comparado com método de Otsu, conforme ilustram as Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Imagens tomográficas referente a cultura da semente de girassol

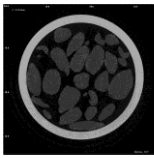
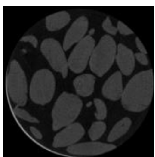


Imagem semente girassol	Região de interesse após o filtro	Resultado aplicando Grafo	Resultado aplicando Otsu
			

Tabela 2. Imagens tomográficas referente a cultura da semente de pinhão manso.

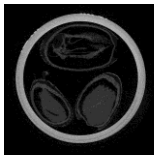
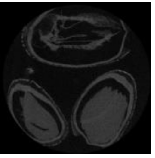


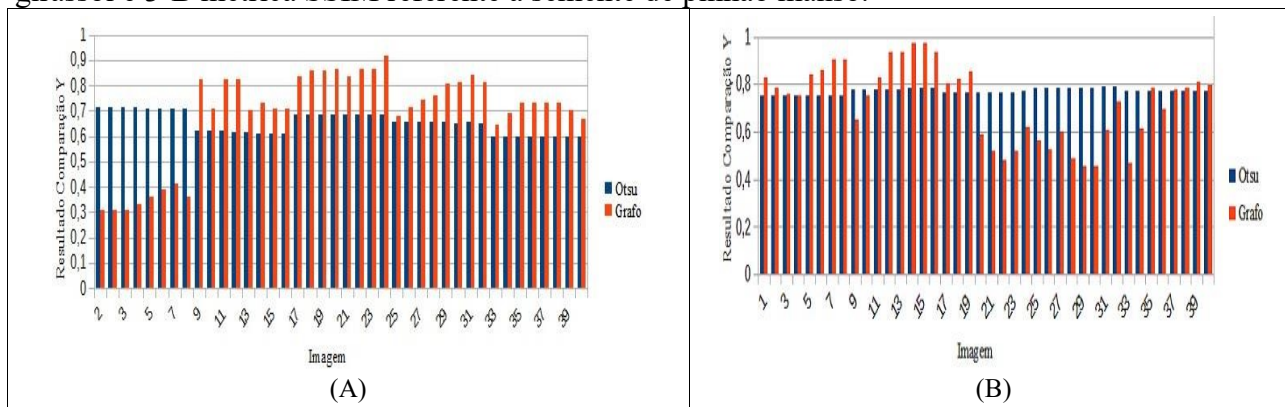
Imagem semente Pinhão Manso	Região de interesse após o filtro	Resultado aplicando Grafo	Resultado aplicando Otsu
			

Tabela 3. Resultados da avaliação como a métrica SSIM, 3-A métrica SSIM referente a semente de girassol e 3-B métrica SSIM referente a semente de pinhão manso.



Analisando a Tabela 3, percebe-se a partir da 9ª imagem da Tabela 3-A, que houve uma melhora no resultado na estrutura da imagem segmentada em relação a sua imagem de origem, por meio do método de segmentação em grafos. Essa melhora se deu em função do método em grafos buscar sempre explorar informações contextuais, eliminando os pixels isolados que não fazem parte do objeto, assim obtendo maior precisão no processo de segmentação. Em relação à Tabela 3-B, percebeu-se que método de grafos, em alguns casos, possibilitou obter valor SSIM próximo a 1, indicando alta similaridade com a imagem segmentada de referência.

4. Conclusões

Neste artigo, uma nova abordagem baseada em grafo para segmentação de imagens CT de sementes oleaginosas baseada em informações contextuais foi apresentada. O método em grafo apresenta ênfase especial à informação de vizinhança para classificar corretamente os objetos sementes de uma imagem, de modo que apresenta maior precisão na segmentação quando comparado com métodos tradicionais. Os resultados obtidos com o uso da métrica SSIM mostram que o método proposto supera a segmentação por Otsu com uma taxa de 55% em relação às sementes de girassol e 80% em relação às sementes de pinhão manso. Porém, devido alta complexidade e tempo de processamento, o método em grafos em certas aplicações pode apresentar menor desempenho em relação ao tempo de processamento, o que deve ser observado como parte do problema de segmentação a ser aplicado.

Agradecimentos

Ao CNPq (Processo 132077/2018-3) e a CAPES pelo suporte financeiro.

Referências

- BELTRÃO, NE DE M.; DE OLIVEIRA, M. I. P. Oleaginosas e seus óleos: vantagens e desvantagens para produção de biodiesel. Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E), 2008.
- DE ARRUDA et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas, v. 8, n. 1, 2004.
- FU, KING-SUN; MUI, J. K. A survey on image segmentation. Pattern recognition, v. 13, n. 1, p. 3-16, 1981.
- GONZALEZ, RAFAEL C; WOODS, RICHARD E.. Digital image processing. 2002.
- OTSU, N.. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, v. 9, n. 1, p. 62-66, 1979.