

# Aplicação de Transformadas de Hough na Detecção de Leveduras Viáveis e Inviáveis

Diogo Soares da Silva

Prof.<sup>o</sup>. Orientador: Dr. Hemerson Pistori

Prof.<sup>o</sup>. Coorientadora: Lia Nara Balta Quinta

12 de junho de 2010

## 1 Antecedentes e Justificativa

A escassez de combustíveis fósseis e as mudanças climáticas causadas pela queima destes combustíveis estão na pauta de discussões em todo mundo. Fontes de energia renovável ganham cada vez mais importância no cenário global, conferindo à agroenergia uma importante fonte de energia para o futuro (CAMPELO, 2009).

O Brasil, em comparação com outros países, apresenta uma das matrizes energéticas mais limpas, tendo na cana-de-açúcar uma cultura de destaque, que representa 14% da energia primária gerada no país (BRASIL, 2007). Os fatores que refletem tal importância podem ser relacionados com o clima, solos favoráveis, relevo, apoio governamental e grandes investimentos, que levou, aos grandes produtores, a uma reestruturação produtiva, a qual está sendo feita por meio do incremento tecnológico, na forma de melhoramento genético e de novos sistemas de colheita, aliadas com outras práticas, o que proporciona aumento de produtividade (OLIVEIRA, 2007).

A fermentação alcoólica é uma importante etapa na produção do álcool, ela ocorre devido à ação das leveduras, que através de suas necessidades nutricionais, usam o açúcar do mosto (mistura entre melão e água) para sua multiplicação e crescimento celular, transformando assim o açúcar em álcool (RIBEIRO et al., 1987). Durante outras etapas da produção, o mosto pode entrar em contato com outras bactérias, estas consomem o açúcar, porém não trazem nenhum benefício para a fermentação, assim, o controle da quantidade de bactérias é fundamental.

Este controle, entre bactérias e leveduras, é feito por um especialista, que em determinadas etapas da fermentação é coletada uma amostra do mosto, onde é adicionado um corante para diferenciar as leveduras viáveis das inviáveis, como normalmente as bactérias têm formato diferente das leveduras, estas podem ser diferenciadas com facilidade. Após a preparação

da amostra, esta é transferida para uma câmera de Neubauer, que consiste numa lâmina de microscopia dividida em quadrantes de medidas conhecidas, utilizada para facilitar a contagem de bactérias e fungos. Assim, é analisada, pelo especialista, através de microscópio. Nesta análise é feita a contagem manual das leveduras viáveis, inviáveis e bactérias (ANTONINI, 2004). Assim, a contagem pode ser uma tarefa exaustiva, que pode ter seu resultado influenciado pelo cansaço.

Buscando a melhoria e a automação deste processo, o projeto BioViC foi criado, utilizando técnicas de visão computacional para o tratamento de imagens microscópicas, com o intuito de contar automaticamente os microorganismos (QUINTA, 2009), produzindo assim, um resultado com maior precisão e agilidade.

Como as leveduras, em geral, possuem quase sempre formas arredondadas, ovais ou elípticas (PELCZAR et al., 1980), o objetivo deste trabalho é a criação de um módulo que utiliza a Transformada de Hough, voltada ao reconhecimento de padrões circulares, para a identificação e contagem das leveduras viáveis, a partir de uma imagem microscópica dada. Este módulo será implementado em linguagem Java para a total integração ao sistema BioViC.

## 2 Objetivos

### 2.1 Geral

Desenvolver um módulo que será integrado ao sistema BioViC, capaz de, a partir de uma imagem microscópica, contar automaticamente qual a quantidade de leveduras presente nesta imagem com agilidade e precisão.

### 2.2 Específicos

1. Analisar ferramentas de apoio ao desenvolvimento do módulo;
2. Compreender o funcionamento da transformada de Hough;
3. Desenvolver um módulo para a contagem automática de leveduras utilizando a transformada de Hough;
4. Integração ao sistema BioViC;

## 3 Revisão de Literatura

### 3.1 Processamento Digital de Imagens

Uma imagem digital pode ser considerada uma matriz cujos índices de linhas e colunas indicam um ponto na imagem e o correspondente valor do elemento da matriz representa o valor daquele ponto. Estes elementos são chamados de elementos de imagem ou *pixels*. Para uma imagem monocromática, o nível de cinza é a escala de tonalidade, que vão de 0 para

o negro e 255 para o branco. Se a imagem é colorida, normalmente ela é composta por um código RGB (Red, Green, Blue) que faz as combinações das cores vermelho, verde e azul.

Com esta matriz, é possível efetuar a segmentação da imagem, que consiste em subdividir uma imagem em suas partes ou objetos constituintes. Esta separação depende da exigência de sua aplicação. A segmentação deve parar quando os objetos de interesse na aplicação tiverem sido isolados (DUDA et al., 2001). Por exemplo, no caso das leveduras o objetivo é localizar as bordas deste microorganismo, já que o pré-requisito para a utilização da transformada de Hough é a localização das bordas do objeto que será detectado.

Os algoritmos de segmentação para imagens monocromáticas são geralmente baseados em uma das seguintes propriedades básicas de valores níveis de cinza: descontinuidade e similaridade (GONZALES & WOODS, 1993). Por exemplo, pode-se utilizar a limiarização (*thresholding*), que pode ser usada para segmentar uma imagem em tons de cinza e desta forma separar os objetos presentes do fundo, ou determinar bordas de objetos. Tais regiões são encontradas por uma variação brusca no valor dos *pixels* vizinhos em uma imagem. Esta variação é determinada por um limiar T, este valor é determinado segundo a necessidade de cada caso. Após determinar o valor de T, a classificação de cada *pixel* pode ser feita. Esta classificação é feita verificando cada *pixel*, comparando o seu valor com T, caso seja maior, destaca-se o *pixel* (assume como valor 0, que representa o preto), caso seja menor, limpa-se o *pixel* (assume como valor 255, que representa o branco), assim o objeto de interesse fica destacado em relação ao fundo.

### 3.2 Transformada de Hough

Atualmente a transformada de Hough é um dos métodos mais utilizados para a detecção de objetos que podem ser parametrizados (linhas, círculos, elipses, entre outras). O método requer que se conheça a localização das bordas dos objetos de interesse, a fim de que sejam consideradas apenas os *pixel* de fronteira. Além disso, pode ser aplicado no reconhecimento de padrões de curvas desde que as mesmas possam ser descritas na forma paramétrica (linha reta, círculos, elipses, entre outras) (DUDA & HART, 1972; LOW, 1991; PEREIRA, 1995).

O princípio da transformada de Hough é mapear um ponto da imagem em um plano de parâmetros (Espaço de Hough). O método original de Hough utilizava a parametrização Inclinação-Intersecção (*slope - intercept*) para mapear um ponto na imagem para o plano de parâmetros empregando a equação:

$$y=ax+b,$$

onde  $a$  e  $b$  são os coeficientes linear e angular, respectivamente, da reta, enquanto que  $x$  e  $y$  são os valores da projeção do ponto sobre o eixo  $x$  e  $y$ , respectivamente. Todavia, tanto a inclinação como a intersecção são ilimitadas e essa parametrização tem a desvantagem de ser sensível a escolha do eixo de coordenadas no plano da imagem, o que dificulta a aplicação da técnica.

Em 1972, Duda e Hart avaliaram que um dos problemas mais constantes do processamento de imagens era a detecção de linhas retas. Eles perceberam o problema na abordagem de Hough e propuseram uma solução para a aplicação da técnica (DUDA & HART, 1972). Os autores utilizaram coordenadas polares para definir o segmento de reta, trabalhando com os parâmetros ângulo e raio ao invés de inclinação e intersecção.

No plano da imagem, uma reta parametrizada pode ser representada por dois parâmetros:  $\rho$  sendo a distancia da normal ate a linha da origem da imagem e  $\theta$  sendo o ângulo dessa normal com o eixo horizontal. A equação da reta correspondente a essa geometria é dada por:

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

Como os novos parâmetros utilizados para representar o espaço são definidos agora por  $\rho$  e  $\theta$ , o problema de detectar pontos colineares pode ser convertido no problema de se encontrar curvas concorrentes. Esta mudança de se encontrar intersecção de curvas senoidais ao invés de intersecções de retas no plano de parâmetros define quatro propriedades (DUDA & HART, 1972).

- Propriedade 1: um ponto no plano cartesiano corresponde a uma curva senoidal no plano de parâmetros;
- Propriedade 2: um ponto no plano de parâmetros corresponde a uma linha reta no plano cartesiano;
- Propriedade 3: pontos contidos em uma mesma linha reta no plano cartesiano correspondem a curvas que se cruzam através de um ponto comum no plano de parâmetros;
- Propriedade 4: pontos na mesma curva no plano de parâmetros corresponde a linhas que passam através de um mesmo ponto no plano cartesiano.

Para se calcular a transformada de Hough utiliza-se uma matriz que inicialmente tem o valor zero, as dimensões da matriz dependem dos intervalos previamente fixados pelos eixos  $\rho$  e  $\theta$  do espaço de parâmetros. Para cada ângulo encontrado do intervalo  $[0, \pi]$  e para cada ponto da imagem  $(x,y)$  da imagem de entrada, um novo valor de  $\rho$  é encontrado, a partir da equação  $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ , após o calculo, a célula da matriz acumuladora na posição  $\theta, \rho$  é acrescentada em 1 (MARANA, 1997).

Seguindo a definição da quarta propriedade da transformada de Hough, caso vários pontos estejam na mesma curva no plano cartesiano, um mesmo ponto  $\theta$ ,  $\rho$  será incrementado na matriz acumuladora, assim alguns elementos da matriz terão grandes valores acumulados, gerando picos nessas posições. Estes picos representam o ponto desejado.

Para padrões circulares Duda e Hart (DUDA & HART, 1972), sugeriram a utilização da transformada de Hough adaptado para circunferências. Já que a circunferência tem uma equação paramétrica, e assim, a transformada de Hough pode ser utilizada. A equação da circunferência é dada por:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = c^2,$$

onde  $a$  e  $b$  são as coordenadas do centro da circunferência e  $c$  o seu raio.

Para circunferências com raio fixo, aplicando esta equação em todos os *pixels* do plano da imagem, cada ponto da imagem, gerará uma circunferência no espaço de parâmetros. Aplicando a transformada de Hough, para padrões circulares, é gerado um espaço onde os pontos da imagem representam as circunferências no espaço de parâmetros. Assim, os pontos  $(a, b)$  são armazenados na matriz acumuladora. A cada intersecção das circunferências traçadas no plano de parâmetro a matriz acumuladora incrementa o valor  $(a, b)$ . Ao final, os maiores valores definem as coordenadas do centro da circunferência (TAKEDA, 2003).

Em síntese, o objetivo principal da transformada de Hough, quando aplicada à detecção de padrões de imagem a partir de um conjunto de pontos, é determinar os valores dos parâmetros que regem as equações que inter-relacionam tais pontos. A idéia é que se tenha um mapeamento de determinado espaço de dados (pontos da imagem) para o respectivo espaço de parâmetros. Por meio desta transformação, procura-se concentrar no espaço de parâmetros as relações que unem os pontos do espaço de dados, de maneira que a busca de uma forma analítica para o padrão de imagem a ser detectado ou reconstruído seja simplificada.

## 4 Metodologia

Segue abaixo os objetivos específicos para o desenvolvimento do módulo.

1. Analisar ferramentas de apoio ao desenvolvimento do módulo;
  - a. Estudar os conceitos do processamento de imagens.
  - b. Estudar os algoritmos de reconhecimento de formas.
  - c. Estudar o funcionamento da biblioteca ImageJ.
2. Compreender o funcionamento da transformada de Hough;



## Referências

ANTONINI, S. R. C. **Métodos de análise e monitoramento microbiológico em laboratório de destilaria.** Apostila para o curso de treinamento ministrado na unidade de Iguatemi-PR, no período de 19 a 21 de fevereiro de 2004, e de Ivaté - PR, no período de 16 a 18 de fevereiro de 2004, pertencentes à Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda., 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco nacional de cana-de-açúcar e agroenergia.** Brasília, DF: MAPA, 2007.

CAMPELO, Estevan.; MICHELS, I. L. **A expansão da agroindústria canaveira em Mato Grosso do Sul.** *Revista de Política Agrícola.* Brasília, Ano XVIII, n. 3, p. 25 - 38, jul./agos./set. 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar: safra 2007/2008, terceiro levantamento, novembro/2007.** Brasília, DF: Conab, 2007a.

DUDA, R. O.; HART, P. E. **Use of the hough transformation to detect lines and curves in pictures.** *Graphics and Image Processing*, v. 15, n. 1, p. 11 - 15, 1972.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern classification.** 2ed. Ed. [S.l.]: Wiley, New York, 2001;

GONZALES, R.C. & WOODS, R.E. (1993). **Digital Image Processing.** Addison-Wesley, New York, 1993.

LOW, A. **Introductory computer vision and image processing.** [S.l.]: McGraw-hill Book Company, 1991.

MARANA, A. N. **Análise de Texturas Orientadas e Aplicações no Monitoramento de Multidões.** Campinas: UNICAMP, 1997. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia da Computação e Automação Industrial, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

OLIVEIRA, A. M. S. **As novas fronteiras do agronegócio no Brasil.** In: FORUM DA CANA-DE-ACUCAR: *impactos sócio-ambientais da cana-de-açúcar*, 2007, Nova Andradina. **Anais...** Nova Andradina: [UEMS], 2007.

PEREIRA, A. S. **Processamento de imagens médicas utilizando a Transformada de Hough.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo - Instituto de Física de São Carlos, 1995.

PELCZAR, M., REID, R.; CHAN, E. C. S.; **Microbiologia**. V.1, São Paulo, McGraw, 1980.

RIBEIRO, F. J.; LOPES, J. J. C.; FERRARI, S. E. **Complementação de nitrogênio de forma contínua no processo de fermentação alcoólica**. Brasil Açucareiro, v. 105, n. 1, p.26 - 30, 1987.

TAKEDA, F. B. **Sistema para Tomada de Decisão Baseado na Geração de Imagens Estereoscópicas e Reconhecimento de Padrões Circulares**. 2003. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

QUINTA, Lia Nara Balta. **Desenvolvimento de um Sistema de Visão Computacional para o Controle Microbiano em Processos de Produção de Etanol**. 2009. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.