

Um Sistema de Pesagem de Aves por Visão Computacional

EDUARDO VEGAS CONEJO¹
ROBERTO ALENCAR LOTUFO²

¹UniSoma Matemática para a Produtividade
Rua: José Paulino, 2236, 5º andar, 13013-002 Campinas, SP, Brasil
conejo@correionet.com.br

²UNICAMP-Faculdade de Eng. Elétrica e de Computação
Caixa Postal 6101, 13081-970 Campinas, SP, Brasil
lotufo@dca.fee.unicamp.br

Abstract. An industrial continuous broiler weighing system based on computer vision is described. In the implementation, the weight is correlated statistically with linear measurements taken from reference points in the broiler body profile images. The reference points are identified automatically with the computer vision system. A prototype system was tested in a plant floor unit. Some photos of the installation can be reach at <http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/ave/>.

Keywords: Computer Vision, Poultry Industry, Weighing.

1 Introdução

Nos processos industriais que utilizam matérias-primas de natureza animal ou vegetal tem-se uma grande dificuldade em detectar as suas variações de padrões intrínsecas visando obter o melhor e mais lucrativo produto. No processamento industrial de aves (frangos e perus) estes problemas se apresentam de diversas maneiras, principalmente na variação do peso de uma ave para outra, por mais ajustado e controlado que seja o seu período de crescimento. Como é impossível na prática se obter todas as aves de um lote com o mesmo peso necessita-se, então, conhecer o perfil da distribuição do peso das mesmas para designá-las aos produtos mais adequados e efetuar os ajustes necessários nos maquinários.

O sistema aqui discutido foi concebido com o objetivo de estimar continuamente o perfil de peso das aves em função de sua imagem antes do "chiller" (fase do processamento onde são submetidas a um banho sob temperatura controlada por aproximadamente 50 minutos) absorvendo água e aumentando a rigidez de sua carne. Uma vez conhecido o peso das aves dentro do "chiller" dispõe-se em média de 50 minutos para planejar a melhor forma de processá-las.

2 Sistema

O sistema é constituído por uma câmera de vídeo CCD

1/3" equipada com um conjunto de lentes de 16 mm, acoplada a uma placa de digitalização de imagem TARGA 16 instalada em um microcomputador padrão PC/AT 486-66 MHz, um monitor de vídeo e uma fonte de luz difusa (back-light) de alta frequência, como é mostrado na figura 1.

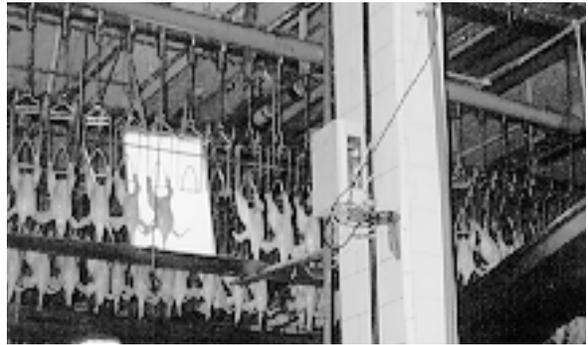


Figura 1- Protótipo Instalado

Além destes equipamentos foi desenvolvido um programa, em linguagem C++, para controlar o funcionamento da placa de digitalização e para fazer o dimensionamento e a estimativa do peso das aves.

3 Implementação

O procedimento de estimativa de peso está baseado na

premissa de que as conformações físicas do corpo das aves possuem alguma regra de proporcionalidade entre si e uma correlação com o seu peso. Através de ensaios estatísticos feitos sobre um conjunto de dados dimensionais obtidos de fotos de diversas aves confirmou-se esta suposição. Foi identificado um conjunto de pontos (Pp) no perfil do corpo das mesmas, cujas medidas lineares possuíssem uma relação estatística com o seu peso.

O processo de estimativa do peso da ave pode ser dividido em quatro etapas básicas: 1) obtenção da silhueta da ave - binarização, 2) representação simplificada da silhueta - vetorização, 3) identificação dos pontos Pp e 4) medições e inferência do peso.

Como todos os pontos Pp estão localizados sobre a silhueta das aves o ideal seria que as imagens capturadas evidenciassem este perfil. Através da escolha da iluminação, feito com "back-light", obteve-se uma imagem de alto contraste que é binarizada com a utilização de um valor de limiar fixo. A figura 2 mostra o resultado típico desta limiarização.

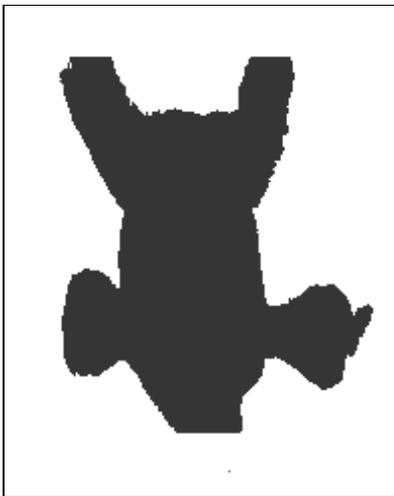


Figura 2- Imagem Binária

A imagem limiarizada é uma matriz de N_LINHAS x N_COLUNAS onde cada ponto representa uma região da imagem, denominada *pixel*; o tamanho desta matriz é dependente do modo de resolução de vídeo suportado pela placa de digitalização (no nosso caso adotou-se uma resolução de 256 linhas por 256 colunas), sendo que a cada célula tem-se o valor 0 ou 1 representando uma região da imagem com ausência ou presença de luz respectivamente.

Uma vez obtida a matriz binária que representa a imagem do frango na linha de processamento identifica-se o conjunto de pontos Pp do contorno. Para isto

adotou-se um algoritmo simples e rápido, uma vez que buscamos um sistema de tempo real. Inicialmente, é aplicado um algoritmo de perseguição de contornos [Rosenfeld (1984)].

Uma vez percorrido o contorno do corpo da ave obtém-se como resultado um vetor das coordenadas dos pontos que definem o seu contorno (VDP). Como a superfície da pele apresenta dobras, protuberâncias e falhas, o contorno é vetorizado. Assim, o contorno passa a ser descrito através de um conjunto de segmentos de reta de comprimento variável, que possuem uma variação angular τ , inferior a um limite previamente ajustado; como é representado nas figuras 4 e 5.

Os segmentos de reta são obtidos conforme o seguinte algoritmo, onde α corresponde à variação angular máxima e δ ao passo :

- 1) tendo como entrada o VDP.
- 2) ponto inicial pi = primeiro ponto, ponto final $pf = pi + \delta$.
- 3) enquanto o τ entre pi e pf for inferior a α fazer $pf = pf + \delta$.
- 4) definir novo segmento de reta sr com $sr.início = pi$ e $sr.fim = pf$.
- 5) se ainda existirem pontos na figura fazer $pi = pf$ e $pf = pf + \delta$ e repetir o passo 3.
- 6) caso contrário encerrar.

Cada segmento de reta é então classificado segundo a sua orientação espacial representada na figura 5.

No passo seguinte o algoritmo procura identificar onde se localizam os Pp que ficam evidenciados pela combinação entre dois segmentos de reta consecutivos (como são mostrados na figura 6) o Ponto Superior Direito - PSD, Ponto Superior Esquerdo - PSE, Ponto Inferior Esquerdo - PIE e Ponto Inferior Direito - PID.

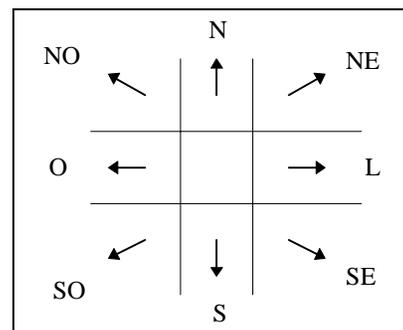


Figura 3- Orientações Direcionais

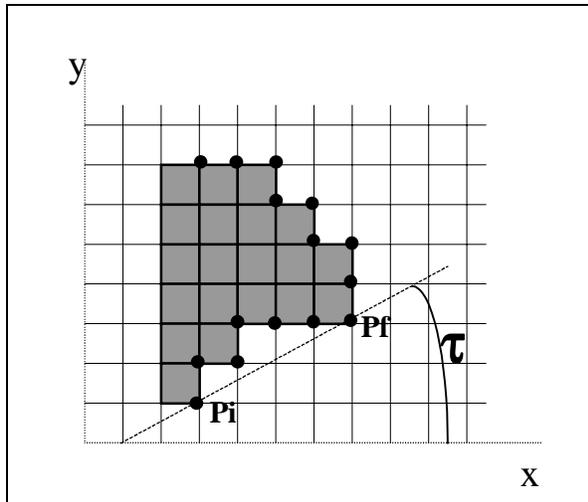


Figura 4- Cálculo de τ

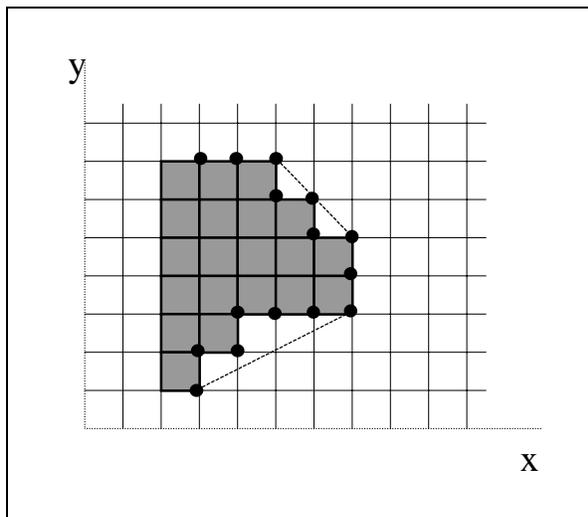


Figura 5- Vetorização

Esta identificação é feita tomando como base a matriz mostrada na figura 7, onde adotando-se um sentido (horário por exemplo) para percorrer a silhueta da ave temos todos os possíveis padrões de combinação direcional entre dois segmentos de reta. Os padrões associados à pré-classificação dos pontos PSD, PSE, PIE e PID são assinalados na tabela. Posteriormente, com a informação do quadrante em que o ponto se localiza, os pontos PSD, PSE, PIE e PID são classificados.

4 Considerações Práticas

A principal dificuldade encontrada na implementação do sistema está associada à alta velocidade com que os frangos são transportados. Em média são processadas duas aves por segundo. Devido a este limitante o

desenvolvimento foi direcionado para obter a maior velocidade computacional para permitir que todas as aves fossem avaliadas. Assim buscou-se o menor conjunto possível de medidas a serem tomadas e a maior eficiência possível na implementação computacional dos algoritmos.

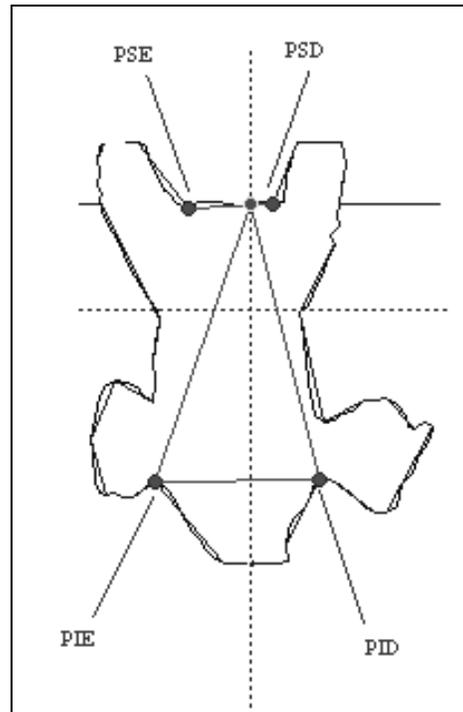


Figura 6- Resultado final

5 Amostragem e Calibração da Equação de Regressão

A fim de evitar erros de tendência foram amostradas 1400 aves ao longo de vários dias e em horários variados durante o período de produção, tentando abranger o mais uniformemente possível o perfil dos lotes processados. Para cada ave foi feita a digitalização de sua silhueta e tomado seu correspondente peso com o auxílio de uma balança de precisão. Estas imagens foram posteriormente processadas, gerando um conjunto de dados dimensionais que foram submetidos a um processo de regressão, com o auxílio de um software estatístico.

Como resultado obteve-se uma equação com um coeficiente de aderência superior a 95% e um desvio padrão da ordem de 60 gramas, para um espectro de pesos de aves de 600 a 2900 gramas. Esta ordem de precisão superou as expectativas, pois o objetivo do sistema era de apenas obter uma previsão do perfil de distribuição do peso das aves e não uma pesagem

