

## AVALIAÇÃO AUTOMÁTICA DA POROSIDADE DE OVOS UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Mariana de Oliveira Mota<sup>1</sup>, Sérgio Luís de Castro Júnior<sup>1\*</sup>, Iran José Oliveira da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Pesquisa em Ambiente (NUPEA), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), Piracicaba, SP. Autor correspondente: marimmota@gmail.com

**RESUMO:** A porosidade é um importante critério para a avaliação da qualidade de ovos férteis e comerciais. Entretanto, o método convencional de contagem de poros demanda tempo de execução, utilização de reagentes e está sujeito a falhas humanas. Como alternativa, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema automático para contagem de poros de cascas de ovos, empregando técnicas de processamento digital de imagens. Foi utilizado um banco de 60 amostras de cascas de ovos vermelhos e 60 de ovos brancos. O método automático foi composto por um sistema contendo como elementos principais a captura das imagens, o processamento, a segmentação e a extração de características. O mesmo banco de amostras também foi utilizado para a contagem manual dos poros, para posterior comparação com o método proposto através de análises de regressão. Resultados mostram que os algoritmos utilizados no processamento digital das imagens foram eficazes para a contagem dos poros. Os métodos manual e automático, quando comparados, atingiram um coeficiente de determinação acima de 0,90. Conclui-se que o sistema automático é uma ferramenta prática e acessível, que pode substituir a contagem manual de poros.

**PALAVRAS-CHAVE:** avicultura, casca de ovo, qualidade física dos ovos, visão computacional, zootecnia de precisão

**ABSTRACT:** Egg porosity is an essential characteristic for assessing the quality of fertile and commercial eggs. However, the conventional porosity tests require time, reagents and are subject to human error. As an alternative, this work's objective was to develop an automatic system for counting eggshell pores using digital image processing techniques. This study used 60 samples of brown eggshells and 60 pieces of white eggshells. The automated method consisted of a system containing image capture, processing, segmentation, and feature extraction. The same samples were also used for manual pore counting to compare with the proposed method through regression analysis. Results show that the algorithms used in image processing were effective for counting the pores. The manual and automatic processes, when compared, reached a determination coefficient above 0.90. It is concluded that the automated system is a practical and accessible tool that can replace manual porosity assessment.

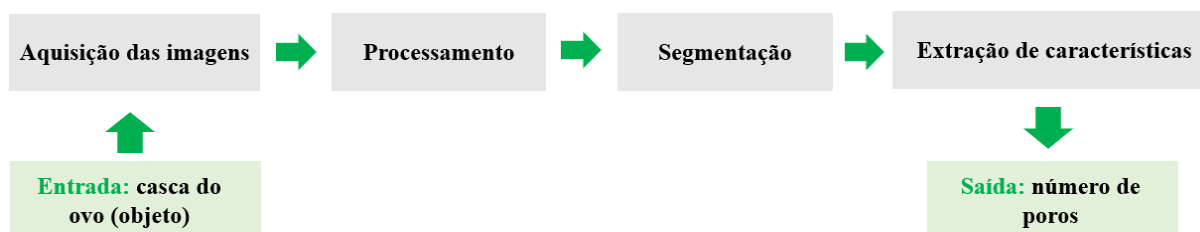
**KEYWORDS:** computer vision, eggshell, livestock precision farming, poultry production, physical egg quality

**INTRODUÇÃO:** A casca é um envoltório natural do ovo e visa protegê-lo contra injúrias mecânicas e a entrada de microrganismos (Netto et al., 2018). Esta estrutura contém microporos, nos quais ocorrem as trocas gasosas entre O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e vapores da água entre ambiente externo e interno dos ovos, desempenhando assim um papel fundamental na embriogênese das aves. Dessa forma, ensaios de porosidade fazem parte dos critérios de avaliação da qualidade física dos ovos, tanto férteis quanto comerciais. O método convencional para a contagem de poros, proposto por Rahn et al. (1981), consiste em imergir as cascas em solução de NaOH a 5% e, após lavadas e secas, pintá-las com solução de azul de metileno. Este reagente penetra nos poros da casca e permite sua contagem de forma mais

fácil, utilizando um microscópio ou lupa. Entretanto, tal método demanda tempo em sua execução e depende do uso de reagentes químicos. Além disso, a contagem manual está sujeita a erros humanos, considerando que cascas de ovos podem conter mais de 10 mil poros em sua estrutura.

Avanços em visão computacional e processamento digital de imagens vem possibilitando a substituição total ou parcial de diversas atividades, antes executadas por humanos, atingindo assim resultados satisfatórios em diversas áreas da ciência. Considerando isso, o objetivo deste trabalho foi utilizar tais tecnologias no desenvolvimento de um sistema automático e acessível para a contagem de poros de cascas de ovos vermelhos e brancos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Neste experimento foram utilizados 12 ovos comerciais de casca vermelha e 12 ovos de casca branca. Os 24 ovos foram quebrados e extraídos 5 pedaços de casca de cada ovo, totalizando um conjunto de 120 amostras, devidamente identificadas e demarcadas com um molde em formato quadrado de 1cm<sup>2</sup>. Todas as amostras foram submetidas a um sistema de visão computacional (Figura 1), composto por elementos comuns em outros procedimentos de detecção automática de objetos (Pereira et al., 2018).

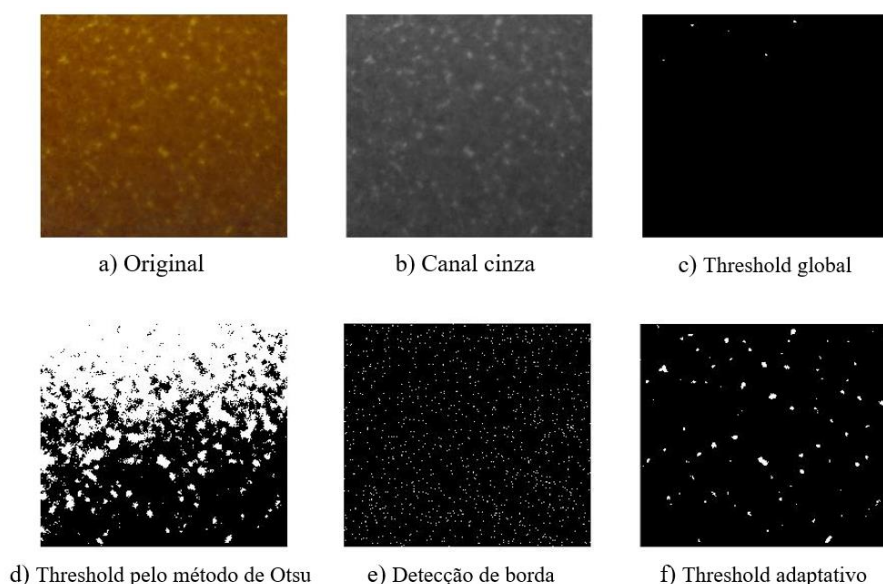


**Figura 1.** Elementos do sistema automático de contagem de poros.

Como primeiro elemento, a aquisição das imagens foi realizada em um ambiente controlado, sem influência de iluminação interna ou externa. Um único feixe de luz foi direcionado para a parte interna dos ovos. As imagens foram captadas por uma câmera digital Cyber-shot DSCH300B de 20.1 megapixels, com zoom de 1,7x e a uma distância de 4 cm da casca (previamente testada para o propósito deste estudo). O processamento digital das imagens (segundo elemento do sistema de visão computacional) foi conduzido no programa MATLAB®, versão R2015. Inicialmente realizou-se o corte das imagens, mantendo o quadrado de 1cm<sup>2</sup> previamente desenhado na casca. Posteriormente, foram extraídos e testados 4 canais de cores: vermelho (R), verde (G), azul (B) e tons de cinza (média entre os canais RGB). A partir do processamento, foi possível realizar a segmentação (terceiro elemento do sistema de visão computacional), sendo avaliados quatro métodos: a) threshold global; b) threshold pelo método de Otsu; c) detecção de borda; e d) threshold adaptativo. Na segmentação também foi incluso filtros de processamento morfológico, para limpeza de ruídos. Considerando o melhor resultado do processo de segmentação, foi realizado a extração de características (quarta e última etapa), onde os poros foram contabilizados a partir de funções para contagem de objetos.

Para avaliar a eficácia do sistema de visão computacional, o número de poros extraídos automaticamente foi comparado com a contagem manual, que foi feita a partir das mesmas imagens obtidas na etapa de aquisição (Figura 1). Do conjunto de dados (separados em ovos brancos e ovos vermelhos), foi realizada a análise de regressão e o ajuste das curvas empregando o modelo linear simples.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 2 acompanha os resultados do processamento digital das amostras, utilizando como exemplo uma casca vermelha. Não foram encontradas diferenças de contraste entre os canais de cores isolados, tanto para as cascas brancas quanto para as vermelhas, optando assim em seguir com o processamento utilizando as imagens em escala de cinza (Figura 2b). A conversão de imagens coloridas (que possui 3 canais distintos) para tons de cinza é também relatado em outros trabalhos que enfocam a detecção automática de objetos (Pereira et al., 2018).

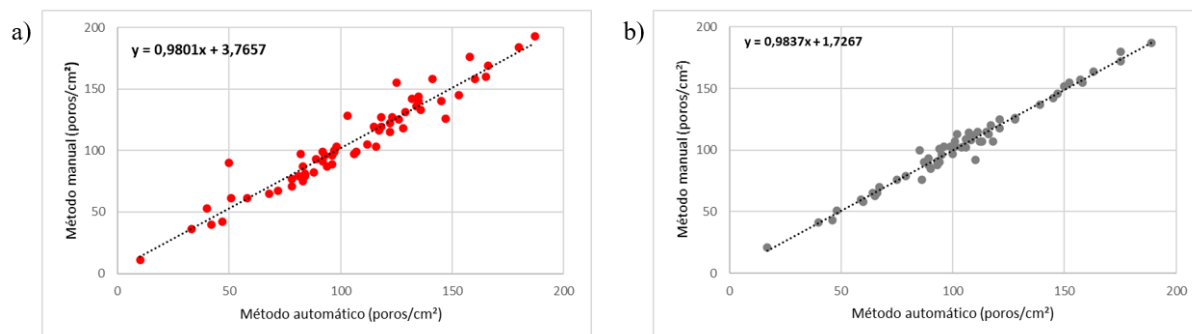


**Figura 2.** Etapas do processamento digital de uma amostra de casca vermelha.

Considerando os quatro métodos testados para a segmentação dos poros, observou-se que o threshold adaptativo (Figura 2f) foi o que apresentou o melhor resultado, tanto para as amostras de casca vermelha quanto para as de casca branca. A vantagem deste método consiste na aplicação de diferentes níveis de threshold para cada ponto da imagem, o que permite resolver problemas relacionados à iluminação desuniforme durante a etapa de aquisição. O valor médio e desvio padrão de threshold obtido para as amostras vermelhas foi de 0,30 +/- 0,07, enquanto que para as amostras brancas foi de 0,44 +/- 0,04.

A Figura 3 apresenta as curvas obtidas na análise de regressão linear, para comparação entre os métodos manual e automático. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,9297 para as amostras de casca vermelha e de 0,9784 para as cascas brancas. Quando se compara as duas colorações de casca, o pior desempenho do processamento da casca vermelha pode ser justificado pela maior desuniformidade de cor destas amostras durante o processo de

aquisição, o que refletiu em um maior desvio padrão de threshold e menor  $R^2$ . Ademais, Cunha e Martins (2004) sugerem que  $R^2$  acima de 0,90 indicam que dados coletados por métodos comparativos possuem alta concordância. Dessa forma, o método automático apresentou resultados positivos, enquanto um método avaliativo que pode substituir a contagem manual da porosidade da casca de ovos.



**Figura 3.** Relação entre a contagem de poros pelo método automático e manual para as amostras de cascas vermelhas (a) e brancas (b).

**CONCLUSÕES:** O sistema automático desenvolvido para a contagem de poros baseado no processamento digital de imagens se configura como uma ferramenta em potencial para a avaliação da casca de ovos brancos e vermelhos. Resultados satisfatórios a partir da comparação com a avaliação manual mostram que o método automático é mais rápido, não utiliza reagentes e elimina possíveis erros humanos durante o processo de contagem.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Programa Unificado de Bolsas da USP (PUB) pela bolsa de iniciação científica e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.12, p.103-111., 2004.

NETTO, L.B.C.; SILVA, L.M.; XAVIER, M.M.B.B.S. Qualidade e rotulagem de ovos comercializados no município de Valença-RJ. *Pubvet*, v.12, p.133, 2018.

PEREIRA, L.F.S. et al. Predicting the ripening of papaya fruit with digital imaging and random forests. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.145, p.76-82, 2018.

RAHN, H.; CHRISTENSEN, V.L.; EDENS, F.W. Changes in shell conductance, pores, and physical dimensions of egg and shell during the first breeding cycle of turkey hens. *Poultry Science*, v.60, n.11, p.2536-2541, 1981.