

## DETECÇÃO DE FALHAS NA MONTAGEM DE PCBS: UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO PARALELO PARA OTIMIZAR O DESEMPENHO DAS FERRAMENTAS DE VISÃO COMPUTACIONAL EM COMPUTADORES DE PLACA ÚNICA.

Cleviton Borges de Jesus<sup>1</sup>; Esbel Tomás Valero Orellana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Universidade Estadual de Santa Cruz; Bolsista; PD&I HPC - FAPESB; cbjesus@uesc.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC; Ilhéus-BA; evalero@uesc.br

### RESUMO

A Inspeção de soldas é fundamental para garantir a qualidade da montagem das placas de circuitos impressos. Este processo é realizado, ainda, manualmente e está sujeito a falha humana. Pesquisas na área de visão computacional indicam a possibilidade de desenvolver soluções para auxiliar nesta tarefa. Entretanto, se faz necessário adequar processamento para máquinas de pequeno porte, como computadores de placa única. Este trabalho apresenta um modelo para processamento de imagens, que permite a classificação de soldas. O processamento paralelo multi-threads é utilizado para permitir a análise contínua das imagens. As técnicas de segmentação construídas com base nos recursos da biblioteca OpenCV, permitem isolar a placa do contexto da imagem e extrair cada um dos pontos de solda. Uma estratégia de classificação, baseada no Filtro Log-Gabor, Transformada Discreta de Wavelet, Transformada Discreta do Cosseno e a Medida da distância Mahalanobis, foi também implementada. Os resultados parciais mostram que as imagens obtidas, podem ser utilizadas num sistema de classificação automática de soldas embarcado num computador de placa única.

**PALAVRAS-CHAVE:** PCB, distância de Mahalanobis, classificação de soldas, multi-threads.

### 1. INTRODUÇÃO

A montagem de equipamentos eletrônicos utilizando placas de circuito impresso (**PCB - Printed Circuit Board**) tem sido amplamente utilizada na indústria eletrônica. Os componentes eletrônicos dependem de solda para sua fixação e garantia da conexão elétrica à **PCB**. Desta forma a qualidade da solda é essencial para o correto funcionamento das mesmas.<sup>1,2</sup>

Na atualidade este processo é realizado, de forma geral, através de inspeção manual de um operador e está sujeito a incidência de falha humana. O desempenho do operador depende da experiência, treinamento e capacidade de tomada de decisão. Fatores presentes no ambiente de análise podem gerar interferências e diminuir a eficiência de detecção.<sup>3,4</sup>

As empresas têm procurado implementar mudanças significativas em seus procedimentos administrativos e estratégicos.<sup>5</sup> Pesquisas na área de visão computacional têm indicado a possibilidade de adotar algumas ferramentas desta área para auxiliar na tomada de decisão. Avaliar a qualidade das soldas na **PCB** através da utilização de reconhecimento de imagens e visão computacional, pode permitir a implementação de procedimentos para auxiliar na inspeção e detectar defeitos potenciais na solda, que prejudiquem as funções das **PCB**.<sup>6</sup>

O **Raspberry Pi** é um computador de placa única e do tamanho aproximado de um cartão de crédito. Ele é capaz de executar funções que um computador tradicional, e roda sistemas como Raspbian, Ubuntu e outras versões customizadas do GNU Linux, além de suportar outros sistemas operacionais como o Windows 10 IoT.<sup>7</sup> Por seu baixo custo, versatilidade, tamanho, especificações e a capacidade de executar aplicações utilizando os recursos da biblioteca *OpenCV*, o sistema de detecção de soldas pode ser implementado no Raspberry. Desta forma o mesmo pode ser posicionado diretamente na linha de produção sem precisar de grandes alterações nos postos de trabalho. Entretanto, pelas limitações de desempenho desta arquitetura, se faz necessário a introdução de técnicas de processamento paralelo visando otimizar o desempenho das aplicações.

O presente trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um sistema, utilizando técnicas de visão computacional e processamento paralelo, para ser implantado em uma linha de produção de **PCBs**, com a função de detectar e classificar pontos de solda, de forma automática. Propomos, com esta finalidade, a utilização dos modelos Raspberry Pi 3B+.

### 2. METODOLOGIA

Este estudo utiliza como base a metodologia proposta por Mar et-al. que pode ser dividida em três etapas: Pré-processamento, Classificação e Aprimoramento. Cada uma foi analisada adequada e implementada com as alterações necessárias para as especificações do projeto.<sup>8</sup>

O pré-processamento tem como a entrada a imagem do sistema de aquisição, e visa extrair cada uma das soldas presentes. Com esta finalidade deve-se recuperar e alinhar as bordas da **PCB**, normalizar as cores para eliminar o efeito de iluminação e segmentar a imagem resultante para extrair cada um dos objetos de interesse, ou seja, os pontos de solda.

A classificação trabalha com base nos objetos extraídos na etapa de pré-processamento, ou seja, com cada uma das soldas. Esta etapa tem como objetivo utilizar as diferentes métricas propostas, para extrair um conjunto de descritores que permitam fazer a classificação de cada objeto em uma das diferentes categorias: Solda boa, excesso de solda, pouca solda, sem solda e solda em ponte.

Uma das técnicas utilizadas para extrair as características de cada solda é o filtro de Log-Gabor. Em 1980, as wavelets Gabor começaram a ganhar popularidade no campo do processamento de imagens, quando Daugmann mostrou pela primeira vez que os Kernels exibiam propriedades úteis, tanto no domínio espacial quanto no domínio da frequência.<sup>9</sup> O filtro Log-Gabor tem uma resposta que é gaussiana quando vista em uma escala de frequência logarítmica. Isso permite que mais informações sejam capturadas nas áreas de alta frequência.<sup>10</sup>

A Transformada Discreta do Cosseno (DCT) tem sido amplamente utilizada na extração de características e compressão de imagens, pois concentra a energia de um sinal em um número relativamente pequeno de coeficientes.<sup>11</sup> Esta ferramenta foi utilizada também no projeto, tanto para normalização das cores, visando retirar o efeito do brilho da solda, quanto para extração de características das mesmas.<sup>12 13</sup>

A distância do cosseno de Mahalanobis é usada para calcular a medida de similaridade entre dois bancos de filtros. Muitos resultados experimentais têm mostrado que a medida de distância do cosseno de Mahalanobis fornece melhor desempenho do que muitas outras medidas de distância.<sup>14</sup>

Finalmente o processo de aprimoramento dos resultados tem como ponto de partida as métricas desenvolvidas na classificação. Com base numa regressão linear deve-se combinar os resultados das mesmas visando obter um resultado mais preciso.

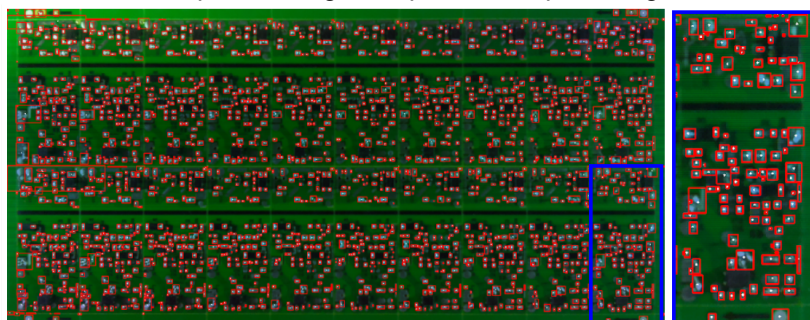
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução do fluxo de pré-processamento e extração proposto foi realizada utilizando um **Raspberry Pi 3B+**. Este computador de placa única possui um processador *Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8)* 64-bit SoC de 1,4 GHz e 1 GB de memória. O Sistema Operacional Raspbian OS foi instalado num cartão memória de 16GB, tipo I Classe 10, com o Kernel versão 5.4.51. O processamento foi implementado em Python 3.8.5, utilizando os recursos de OpenCV 4.3.0.

Devido ao custo computacional envolvido na execução do fluxo de processamento e à necessidade de fornecer uma aplicação que consiga fazer a análise das imagens das **PCB** da linha de produção de forma contínua, se faz necessário fazer uma implementação paralela que execute múltiplas threads. As imagens de entrada são processadas em fluxos paralelos que exploram a capacidade do processador do Raspberry Pi. Foi possível então analisar o tempo de execução e adequar a quantidade de threads simultâneas para atingir o tempo de execução necessário para atender a demanda da linha de produção.

A Figura 1 apresenta resultado obtido com o isolamento, recuperação, segmentação e extração dos pontos de soldas presentes em uma placa **PCB**, cada ponto vermelho representa um ponto de solda detectado pelo algoritmo, pronto para sua extração e entrada na fase de classificação.

Figura 1 - Placa PCB após o fluxo de pré-processamento, com os pontos de soldas demarcados em vermelho. No destaque uma região específica da placa segmentada.



Fonte: Própria.

Alguns pontos de soldas não foram detectados, assim como pontos que não são soldas foram marcados. Desta forma melhorias precisam ser adicionadas para aumentar a precisão do processo de segmentação das soldas.

O fluxo proposto até o momento atende a proposta, mas necessita de melhorias para refinar e aumentar a taxa de detecção de pontos de soldas e ignorar elementos que não são soldas, realizar a implementação paralela para otimizar o tempo de execução e ficar dentro do tempo esperado para a linha de produção.

É necessário a construção de um banco de dados de soldas com soldas previamente classificadas, para que seja realizado o treinamento do método de classificação.

Após a implementação integral do processo de classificação, precisa ser reavaliado o tempo de execução do fluxo visando definir a quantidade de threads necessárias para atender a demanda da linha de produção.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo foi parcialmente atingido, sendo necessário ainda realizar melhorias no processo de segmentação e avaliar o processo de classificação com base em um banco de imagens de soldas classificadas. Como trabalhos futuros deve-se incluir a transformada discreta de wavelet e a etapa de aprimoramento da classificação como proposto por Mar et al.<sup>8</sup>

#### Agradecimentos

Agradeço ao SENAI CIMATEC pela oportunidade e apoio, FAPESB pela bolsa fornecida e ao PPGMC - UESC pela colaboração.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> WU, H. **Solder joint defect classification based on ensemble learning**. Soldering and Surface Mount Technology, vol. 29, no. 3, pp. 164–170, 2017.
- <sup>2</sup> CAI, N., ZHOU, Y., YE, Q., LIU, G., WANG, H., CHEN, X. **IC Solder Joint Inspection via Robust Principle Component Analysis**. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, vol. 7, no. 2, pp. 300–309, 2017.
- <sup>3</sup> WU, Fupei., ZHANG, Xianmin. **Feature-Extraction-Based Inspection Algorithm for IC Solder Joints**, vol. 1, no. 5, pp. 689–694, 2011.
- <sup>4</sup> H. XIE, X. ZHANG, Y. KUANG, and G. OUYANG. **Solder joint inspection method for chip component using improved adaboost and decision tree**. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, vol. 1, no. 12, pp. 2018–2027, 2011.
- <sup>5</sup> FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**, p. 235, 2001.
- <sup>6</sup> MAR, N. FOOKES, C., YARLAGADDA, P. **Automatic solder joint defect classification using the log-gabor filter**, Advanced Materials Research, vol. 97-101, no. March, pp. 2940–2943, 2010.
- <sup>7</sup> What is a Raspberry Pi?. **Raspberry Pi Foundation**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>>. Acesso em: 01 de abril de 2021.
- <sup>8</sup> MAR, N. FOOKES, C., YARLAGADDA, P. **Design and development of automatic visual inspection system for PCB manufacturing**, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol. 27, no. 5, pp. 949–962, 2011.
- <sup>9</sup> DAUGMAN, John. **Two-dimensional spectral analysis of cortical receptive field profiles**, Vision Research, vol. 20, no. 10, pp. 847–856, 1980.
- <sup>10</sup> FIELD, David. **Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells**, Journal of the Optical Society of America A, vol. 4, no. 12, p. 2379, 1987.
- <sup>11</sup> COOK, J. **A decompositional investigation of 3D face recognition**. Tese (Doutorado) - Queensland University Of Technology Brisbane. Queensland, 2007.
- <sup>12</sup> Lucey, S., Chen, T. **Face recognition through mismatch driven representations of the face**, Proceedings - 2nd Joint IEEE International Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance, VS-PETS, vol. 2005, pp. 193–199, 2005.
- <sup>13</sup> Sanderson, C., Paliwal, K. **Fast features for face authentication under illumination direction changes**, Pattern Recognition Letters, vol. 24, no. 14, pp. 2409–2419, 2003.
- <sup>14</sup> Cook, J., McCool C., Chandran V., Sridharan S., **Combined 2D / 3D face recognition using Log-Gabor Templates**, Proceedings - IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance 2006, AVSS 2006, pp. 3–8, 2006