

APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM CONTROLE DE QUALIDADE, NA ETAPA DE INSPEÇÃO VISUAL DE UM PROCESSO FABRIL.

Fábio Júnior Miranda de Souza¹ e Oberdan Rocha Pinheiro²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: fabios.mecatronica@yahoo.com.br

²Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, E-mail: oberdan.pinheiro@fieb.org.br

RESUMO

O presente trabalho visa, no campo de processamento digital de imagens em aplicações industriais, realizar uma análise na aplicação de filtros utilizados na extração de características em uma imagem digital captada na etapa de inspeção visual, no processo fabril de colagem em espuma. Os resultados encontrados demonstram o efeito dos ajustes desses filtros na imagem e permitem, dentro dos métodos utilizados, recomendar o filtro adequado na classificação da qualidade da cola na espuma.

Palavras-Chaves: *Processamento digital de imagens; ImageJ; segmentação de imagens; extração de características; aplicações industriais.*

ABSTRACT

This work aims at the digital processing field images in industrial applications, conduct an analysis in the application of filters used in the extraction of features in a digital image captured in the visual inspection step in the manufacturing process foam bonding. Results show the effect of adjustments of these filters on image and allow, within the methods used, recommend the appropriate filter in the glue on foam quality ratings.

Keywords: *Image processing; ImageJ; Image segmentation; Industrial application.*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

As áreas de processamento de imagens, visão computacional e demais disciplinas correlatas [1], cresceram expressivamente nos últimos tempos [2] impulsionadas por

diversos fatores, os quais podem citar e destacar, como exemplo, a popularização e o avanço da computação, além de inúmeras aplicações nos mais diversos ramos da atividade humana.

Embora estes assuntos estejam em crescimento constante, não são descobertas recentes. Na área relacionada à processamento de imagens, registros relatam as primeiras aplicações de técnicas de processamento de imagem surgidas por volta de 1920, sendo aplicado no aprimoramento da qualidade de imagens transmitidas através do sistema Bartlane [3]. Nos dias atuais, existe uma série de aplicações a serem realizadas e exploradas em diversos ramos da atividade humana. Um exemplo desses ramos é a indústria. Dependendo da indústria, diversas etapas compõem a atividade industrial entre as quais, é destacada a etapa de inspeção visual. No processo de inspeção, intimamente ligado à qualidade de um produto ou processo, pessoas são responsáveis pela tarefa de inspeção, onde classificam como aprovado ou reprovado determinado produto, peça, material ou processo. Um produto não está em conformidade quando determinado característica não está de acordo com suas especificações [4].

O caso de uma determinada indústria que trabalha com espumas e que possui em um dos seus processos, a colagem, é usado como exemplo. No processo de colagem, a entrada é uma espuma em um determinado formato e tamanho, e a saída é a espuma com cola ou adesivo aplicado em uma determinada região da mesma. Cola ou adesivo são tratadas aqui neste tópico como sinônimos. Antes da entrada da espuma no processo de colagem, a espuma é fabricada e cortada seguindo uma especificação técnica, com medidas predeterminadas de altura, largura e profundidade (e.g. 80x240x7 [mm]). A imagem dessa espuma é ilustrada na figura 1. Desta forma, neste estágio da espuma, ocorre uma inspeção visual, ou seja, existe uma possível aplicação para visão computacional e processamento de imagens, onde a tarefa é realizar a verificação das dimensões da espuma, em conformidade com medidas de referência e posterior classificação em aprovada ou reprovada. A espuma, depois de aprovada quanto às suas dimensões, estará pronta para seguir e entrar no processo de colagem. A colagem se dá na aplicação de um adesivo termoplástico em torno da borda da espuma, em uma região predeterminada. Dois pré-requisitos existem nesta aplicação do adesivo: que se tenha uma medida de largura predeterminada de aplicação em uma determinada região da espuma e que seja uma aplicação contínua. Por exemplo: Para uma espuma medindo 80x240x7 mm, é considerada uma medida de largura do adesivo em 10 mm, com uma tolerância de +/- 1,5 mm. O adesivo termoplástico possui as principais características: estado sólido em temperatura ambiente; estado líquido quando submetido em altas temperaturas, sofrendo fusão para permitir a aplicação (colagem); retorno ao estado sólido com a perda de calor de sua massa obtendo o resultado da colagem de compreensão. De acordo com ADECOL [5], fabricante do adesivo termoplástico consultado, existem quatro principais variáveis que afetam a *performance* do adesivo: temperatura do adesivo; quantidade aplicada; aplicação (set time) e maquinabilidade.



Figura 1. Imagem da espuma. Fonte: Autor

Após a aplicação da cola na espuma, novamente existe a atividade de inspeção visual, com a verificação do local da aplicação do adesivo, da largura do adesivo aplicado e na continuidade do adesivo na espuma. Após essa inspeção visual, ocorre a classificação da peça em aprovada ou reprovada. Desta forma, a atividade de inspeção visual, além de detectar irregularidades no produto ou excessos na aplicação do adesivo, pode se tornar uma ferramenta importante no auxílio e na garantia de qualidade do adesivo aplicado na espuma.

O presente trabalho se limitará a avaliar uma imagem digital, captada na etapa de inspeção visual que ocorre após a aplicação da cola na espuma. Não será objeto deste estudo o sistema, o hardware ou o meio de captação da imagem. Pressupõe que a imagem já foi captada e dentro da estrutura de um sistema de visão computacional [2], a imagem digital se encontra na etapa de extração de características. Nesta etapa, são utilizadas técnicas e/ou métodos de filtragem na imagem. O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise na aplicação de filtros na extração de características de uma imagem digital, onde são exploradas algumas alternativas existentes de técnicas e métodos que contribuirá no aperfeiçoamento, na qualidade e na confiabilidade da tarefa de inspeção visual do processo fabril de colagem em espuma.

1.2 Fundamentação Teórica

Um sistema de visão artificial pode ser definido como um sistema computadorizado que possui a capacidade de adquirir, processar e interpretar imagens que corresponde á uma imagem real [2]. A figura 2 ilustra as principais etapas de um sistema de visão artificial (visão computacional).

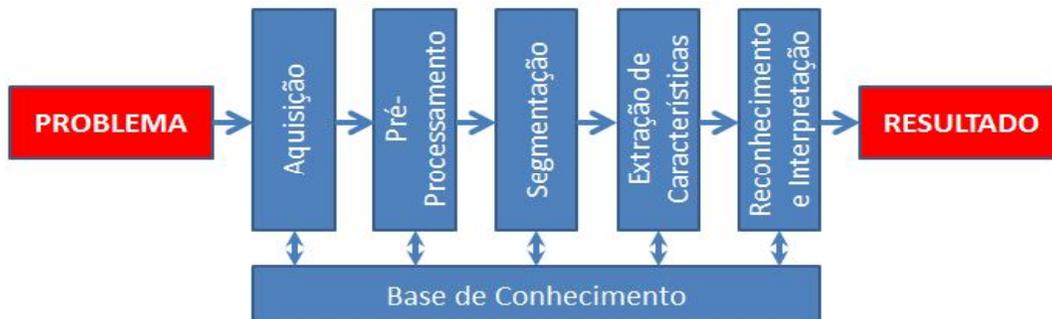


Figura 2. Etapas de um sistema de visão artificial. Fonte: Adaptado de [2]

Não há um consenso em respeito das fronteiras entre disciplinas que estão intimamente relacionadas ou com partes coincidentes como visão computacional, processamento de imagens (implícito tratar-se de imagens digitais), computação gráfica ou análise de imagens [1]. Em um exemplo, Yashida e Tsuji [6] mencionaram no ano de 1980, aplicações industriais para a área de visão computacional em seu trabalho, quando afirmou que “uma série de sistemas com visão computacional estão sendo empregados com sucesso nas fábricas Japonesas”. Em dias atuais, Amza e Cicic [7] mencionam aplicação industrial para a área de processamento de imagem em seu trabalho, quando afirma “que processamento de imagem tornou-se parte integrante de sistemas modernos de produção industrial, usados principalmente em processos de inspeção manual, semiautomática e automática”.

Todavia, é na disciplina de processamento de imagens que se tem uma maior manipulação das imagens pelo computador [8], ou seja, um foco maior na aplicação de técnicas e métodos de processamento da imagem. Segundo Gonzalez e Woods [3], “o interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria de informação visual para a interpretação humana e o processamento de dados de cenas para a percepção automática através de máquinas”.

Castleman [8] relata que em uma cena real, as imagens não estão de forma a serem analisadas diretamente pelo computador. “Como os computadores funcionam com dados numéricos, uma imagem deve ser convertida em formato numérico antes de iniciar o processamento pelo computador”. Sendo assim, a figura 3 ilustra uma imagem $f(x,y)$, ou seja, em forma de representação numérica está a representação de uma imagem física em uma imagem digital, através de uma matriz de números inteiros. Filho e Neto [2] afirmam que “uma imagem digital pode ser vista como uma matriz cujas linhas e colunas identificam um ponto na imagem”. *Pixels*, do inglês *picture elements*, são estes pontos de intersecção da imagem entre as linhas e as colunas da matriz. Em cada localização do *pixel* está associado um número inteiro que reflete a intensidade de energia e um nível de cinza [9], em uma imagem digital que utiliza o espaço de cores em nível de cinza (*Gray level*).

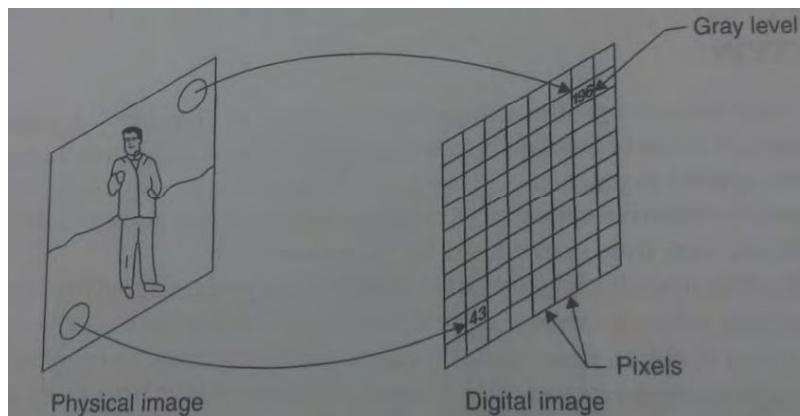


Figura 3. Imagem digital representando uma imagem física. Fonte: [8]

Existem passos fundamentais [3] utilizados em aplicações de processamento de imagens digitais. A figura 4 ilustra estes passos. Observe que, se comparado, há grandes semelhanças entre a figura 2 (etapas de um sistema de visão artificial) e a figura 4 (etapas de um processamento de imagens digitais), justificando as coincidências entre essas duas áreas.

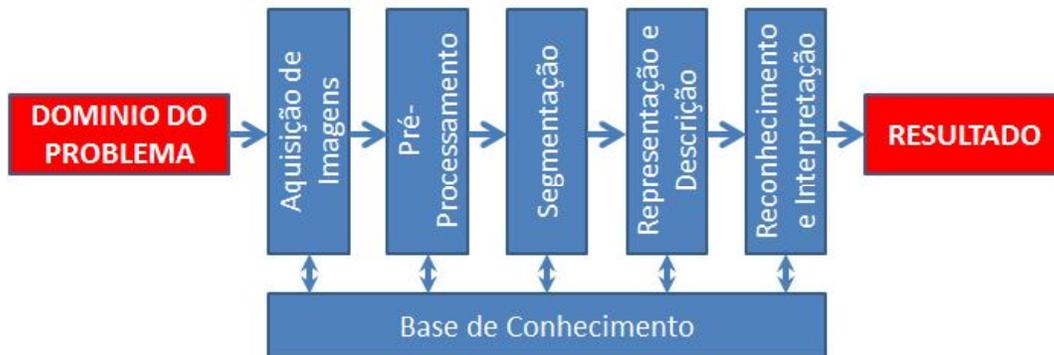


Figura 4. Passos fundamentais em processamento de imagens. Fonte: Adaptado [3]

2. METODOLOGIA

Foram realizados registros através de imagens da espuma com e sem a cola aplicada. Um total de sete registros da espuma, sob as mesmas condições ambientais. Com estas imagens e com o auxílio de um computador, foi realizado o tratamento das imagens, através de técnicas e recursos oferecidos por um *software*, com o objetivo de extrair as características desejadas.

O *software* utilizado foi o *software* denominado ImageJ. Este é um *software* para processamento e análise de imagens digitais [10]. Desenvolvido pela *National Institute of Health* (NIH), o *software* é baseado em JAVA, é de domínio público, é *open source*, e não necessita de licença (*freeware*), o que viabiliza o uso em desenvolvimento de diversas pesquisas e aplicações. Além de ser uma ferramenta de alto nível, é amplamente difundida e utilizada pela comunidade científica.

Tabela 1. Descrição dos *hardwares* utilizados.

Hardware com o software:	<i>Notebook</i>	Hardware que registrou as imagens:	Câmera fotográfica
Fabricante:	Dell	Fabricante:	Sony
Modelo:	Latitude D620	Modelo:	DSC-W350
CPU:	Intel Core Duo CPU T2500 @2,00 GHz	Resolução máxima:	14,1 Megapixels
Memória:	RAM 4,00 GB	Resolução configurada:	14,1 Megapixels
Disco rígido:	120,00 GB	Flash:	Desligado
Sistema Operacional:	Windows 7 – Professional – 32bits	Zoom óptico:	1,2 x
		Zoom digital:	1,0 x
		Lentes:	Padrão (<i>Carl Zeiss Vario-Tessar</i>)
		Observação:	Configuração aplicada em Seleção de cena: NEVE

Tabela 2. Descrição das condições ambientais durante o registro das imagens.

Iluminação no ambiente da foto:	Iluminação forçada (com uso de luminária)	
Alvo do registro	Produto (espuma)	
Plano de fundo – cor:	Branco	
Iluminância no ambiente:	840 lux	
Distância aproximada entre câmera fotográfica e a espuma:	250 mm	

As 7 (sete) imagens registradas retratam as seguintes situações: a) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura dentro do valor desejado; b) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura abaixo do valor desejado; c) espuma com a cola aplicada, contínua e com a largura acima do valor desejado; d) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura dentro do valor desejado; e) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura abaixo do valor desejado; f) espuma com a cola aplicada, descontínua e com a largura acima do valor desejado; g) espuma sem a cola aplicada.

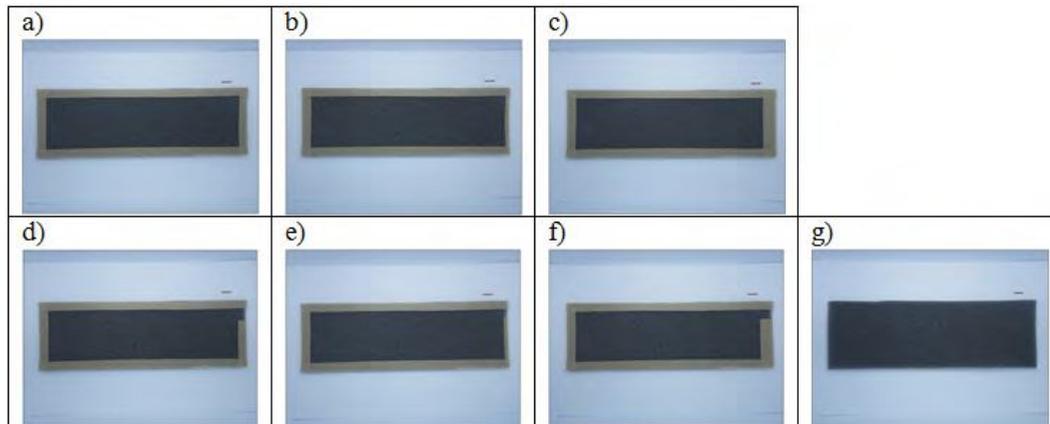


Figura 5. Imagens registradas em sete situações distintas possíveis. Fonte: Autor

2.1 Testes realizados

Entre as 7 (sete) imagens registradas, foi escolhida apenas uma (Figura 5.c) para submissão á testes de forma independente, seguindo procedimentos e aplicando técnicas para tratamento da imagem. Foram realizados 5 (cinco) tipos de testes, que aqui, denominaremos Teste A, Teste B, Teste C, Teste D e Teste E. O procedimento realizado em cada teste está descrito a seguir:

2.1.1 Teste A

Tratamento (processamento) realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Técnica de suavização da imagem (Process → Smooth);

Passo 3 – Técnica de aprimoramento da imagem (Process → Sharpen);

Passo 4 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges);

Passo 5 – Ajuste de contraste (Process → Enhance contrast).

2.1.2 Teste B

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Det. máximos locais e binarizar a imagem (Process → Find máxima);

Passo 3 – Ajuste: Output type= Segmented Particles; Noise tolerance= 1/10/20.

2.1.3 Teste C

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Det. máximos locais e binarizar a imagem (Process → Find máxima);

Passo 3 – Parametrizar: Output type= Count; Noise tolerance= 1/15/20/50.

2.1.4 Teste D

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Binarizar a imagem (Process → Binary → Make binary);

Passo 3 – Operação de erosão na imagem (Process → Binary → Erode);

Passo 4 – Operação de dilatação na imagem (Process → Binary → Dilate);

Passo 5 – Operação de erosão seguida de dilatação (Process → Binary Open);

Passo 6 – Operação de dilatação e erosão (Process → Binary → Close-);

Passo 7 – Imprimir o contorno do objeto (Process → Binary → Outline);

Passo 8 – Esqueletização da imagem (Process → Binary → Skeletonize);

Passo 9 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges).

2.1.5 Teste E

Tratamento realizado na imagem:

Passo 1 – Conversão de RGB para escala de cinza (Image → Type → 8bits);

Passo 2 – Ajuste do brilho/contraste (Image → Adjust → Brightness/Contrast);

Passo 3 – Ajuste do limiar/threshold (Image → Adjust → Threshold);

Passo 4 – Ajuste e reconhecimentos das medidas (Analyze → Set Scale);

Passo 5 – Filtragem de ruídos da imagem (Analyze → Analyze Particles);

Passo 6 – Dilatação da imagem binária (Process → Binary → Dilate);

Passo 7 – Imprimir o contorno do objeto (Process → Binary → Outline);

Passo 8 – Detecção de bordas na imagem (Process → Find Edges).

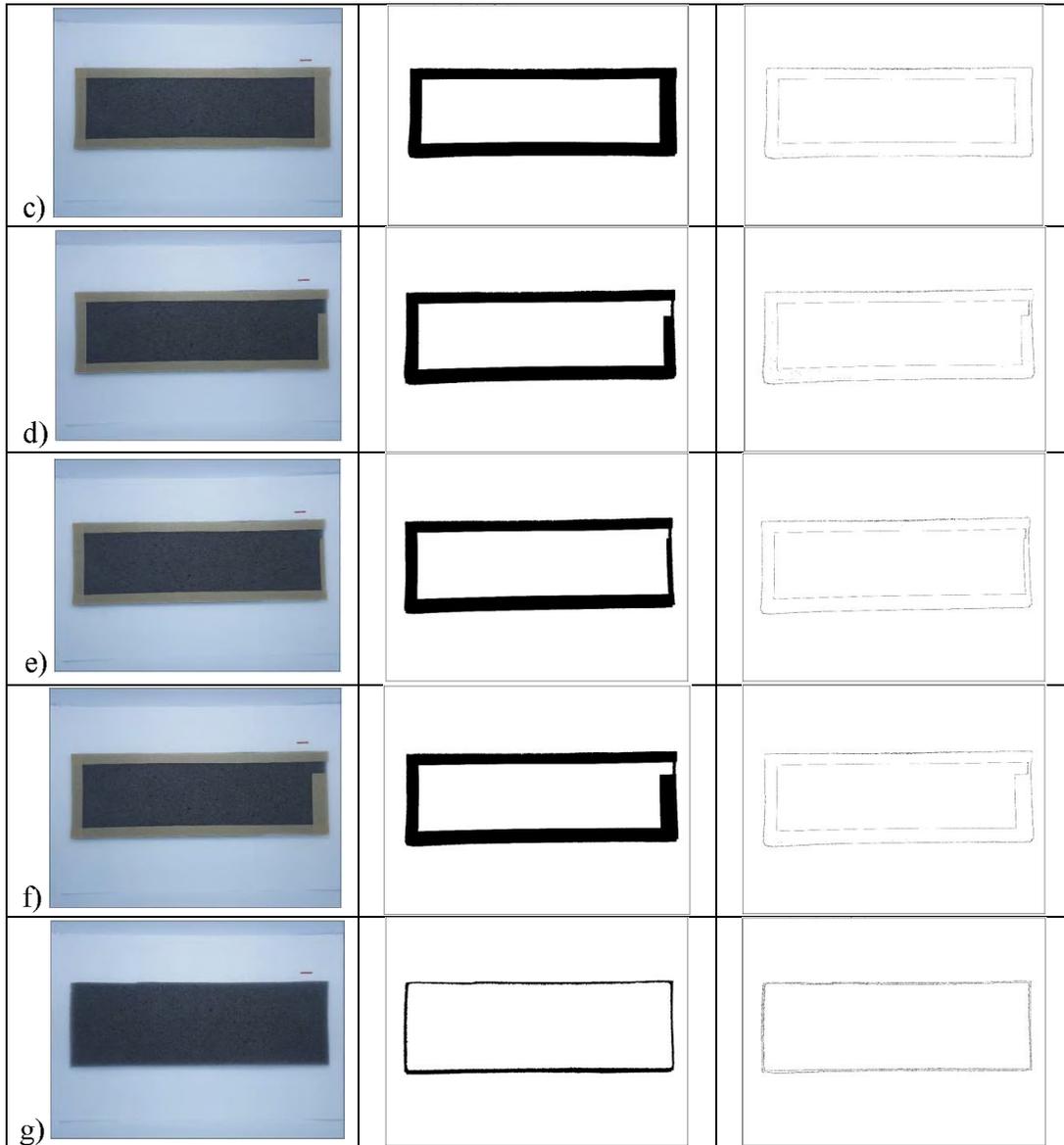
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste A, o tratamento realizado na imagem digital apresentou resultados medianos. Após o processamento, é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados, entretanto, a imagem não ficou tão nítida. No teste B, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e também não seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado foi com relação ao tempo de resposta da computação que é aumentado conforme se aumenta o parâmetro *Noise tolerance*, quando *Output type= Segmented Particles*. No teste C, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e também não seria possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. No teste D, o tratamento realizado na imagem digital não apresentou bons resultados. Após o processamento, não foi possível localizar a existência da cola. No teste E, o tratamento realizado na imagem digital apresentou bons resultados. Após o processamento, é possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e é possível avaliar, com medição pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado é que o tratamento da imagem pode ser finalizado no Passo 6 (definição da forma) ou no Passo 8 (detecção de bordas).

O procedimento realizado no teste E apresentou bons resultados (a melhor avaliação parcial). Desta forma, este procedimento é aplicado nas demais imagens e o resultado é ilustrado na tabela 3, onde, na primeira coluna está a imagem original, na segunda coluna está o resultado da imagem no Passo 6 e na terceira coluna está o resultado da imagem no Passo 8.

Tabela 3. Resultado do tratamento das imagens aplicando o Teste E.

	Imagem original	Teste E – Passo 6	Teste E – Passo 8
a)			
b)			



Dos cinco testes realizados inicialmente, quando comparados entre si, o quinto teste (teste E) apresentou o melhor resultado. O procedimento utilizado no teste E foi aplicado nas outras imagens com o objetivo de avaliar a escolha realizada e como pode ser constatado, novamente, o tratamento realizado apresentou bons resultados nas outras imagens. Em cada imagem foi possível verificar se existe a continuidade da cola aplicada e foi possível avaliar, com medições pixel a pixel, se a largura está dentro dos valores desejados. Outro detalhe observado é que o tratamento da imagem pode ser finalizado no Passo 6 (definição da forma) ou no Passo 8 (detecção de bordas).

4. CONCLUSÃO

Dos testes realizados e com base nos resultados obtidos, foi possível realizar uma análise qualitativa na aplicação de filtros utilizados na extração de características de uma imagem digital. Verifica-se que há alternativas de técnicas e métodos de filtragem da imagem digital que, ao serem combinados, apresentam resultados satisfatórios na extração de características. Conclui-se então que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que é permitido comparar o resultado dos testes entre si e analisá-los, sendo ainda possível a recomendação do procedimento adequado para o tratamento da imagem digital captada. Desta forma, dentro dos cinco testes realizados (Teste A, Teste B, Teste C, Teste D e Teste E) o procedimento utilizado no teste E é o recomendado para o tratamento das imagens captadas, dentre as técnicas avaliadas, as condições ambientais definidas e as particularidades predefinidas da aplicação.

5. REFERÊNCIAS

¹Bonfim, R. E. C.; Lima R. T.; Monteiro R. L. S. Algoritmo de reconhecimento automático de placas de veículos baseado em Matlab e tesseract OCR. Anais de congresso, IV Workshop PTI, 2014.

²Filho, O. M.; Neto, H. V. Processamento digital de imagens. Rio de Janeiro, Brasport, 1999.

³Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. Processamento de imagens digitais. Tradução de Roberto Marcondes Cesar Junior e Luciano da Fontoura Costa. São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 2000. Título original: Digital Image Processing.

⁴Paladini, E. P. Gestão da qualidade. 3 ed. São Paulo, Atlas, 2012.

⁵Manual Hot Melt. Produzido por ADECOL. Disponível em: < http://adecol.com.br/modules/adecol/pdfs/adecol_manual_hotmelt_01.pdf>. Acesso em: 08 maio de 2015.

⁶Yashida, M.; Tsuji, S. Industrial computer vision in Japan. Computer, vol. 13, iss.5, p. 50-63, 1980.

⁷Amza, C. G.; Cicic, D. T. Industrial image processing using Fuzzy-Logic. Procedia Engineering, vol. 100, p. 492-498, 2015.

⁸Castleman, K. R. Digital Image Processing. New Jersey, Prentice Hall, 1996.

⁹Florenzano, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. 3 ed. São Paulo, Oficina de textos, 2011.

¹⁰Ferreira, T.; Rasband, W. The ImageJ User Guide. Version 1.46, 2012. Disponível em: < <http://imagej.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>>. Acesso em: 17 maio de 2015.