

SISTEMA DE RECONHECIMENTO E MEDIDA SEMIAUTOMÁTICA DE ALVOS EM CAMPO DE CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS

*Recognition and Semiautomatic Measurement of Targets in
a Calibration Camera Field*

Gabriela Padilha & Álvaro Muriel Lima Machado

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR
Setor de Ciências da Terra – Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001, CEP: 81531-990, Curitiba/Paraná, Brasil
gabriela.padilha@ufpr.br; alvaroml@ufpr.br

Recebido em 10 de Junho, 2017/ Aceito em 20 de Julho, 2017
Received on June 10, 2017/ Accepted on July 20, 2017

RESUMO

Qualquer câmara que se pretenda utilizar em Fotogrametria precisa ter suas características conhecidas por meio de calibração. Esta afirmação é ainda mais verdadeira quando se trata de câmara não fotogramétrica e de comércio comum, ou “*off-the-shelf*”. Sistemas de identificação de alvos em imagens que forneçam alguma automatização para a calibração de câmaras introduzem agilidade, economia e confiabilidade a esse processo. Nesta pesquisa foi proposto um sistema semiautomático de reconhecimento de alvos em imagens. Foram utilizados quatro alvos quadrados nas cores vermelho, verde, azul e preto, inseridos em cada extremidade do campo de calibração, bem como 63 alvos circulares monocromáticos distribuídos pelo campo. A partir de uma fotografia do campo de calibração, o sistema converteu a imagem para o espaço de cores CIELuv, onde a segmentação por meio de *limiarização* foi realizada e os alvos quadrados localizados. As imagens foram reconvertidas para o espaço RGB, sendo utilizadas cores puras para a identificação dos segmentos obtidos. Os centros geométricos dos segmentos referentes aos alvos coloridos foram detectados por meio de componentes conexos. Utilizando as coordenadas em imagem destes centros geométricos e as coordenadas para o referencial local do campo de calibração, por meio da transformação projetiva, foi possível determinar quais são os parâmetros que devem ser utilizados para obter as coordenadas aproximadas dos alvos circulares na imagem. Nesses locais, foram inseridas janelas de busca para o reconhecimento por *casamento de padrões*. Foram então detectadas as coordenadas de imagem do centro dos alvos circulares, sendo que esse procedimento foi realizado para várias imagens. O sistema foi utilizado para imagens tomadas em dias e horários diferentes, com iluminação variante. Os resíduos entre as coordenadas lidas para o referencial do campo de calibração e as coordenadas obtidas pelo sistema identificam aproximadamente as distorções introduzidas pela câmara. Os experimentos foram realizados com câmaras de baixa qualidade (distorções não parametrizadas) e todos os alvos circulares foram detectados com um desvio padrão de 0,5 pixel.

Palavras-chave: Detecção Semiautomática, Segmentação, *Casamento de Padrões*, Alvos.

ABSTRACT

Any camera, when used in Photogrammetry, need to have their characteristics known by camera calibration. This statement is even truer when it comes to non photogrammetric camera, or “*off-the-shelf*”. Recognition targets systems that provide some automation to the camera calibration introduce agility, economy and reliability to this process. In this research, it was proposed a semiautomatic target recognition system in images. It was used four square targets

in the colors red, green, blue and black, inserted in each corner of the calibration field, as well 63 circular monochromatic targets spread in the field. From a photo, the system converted the image to the CIELuv color space, where the segmentation with *thresholding* was performed and the square targets localized. The images were reconverted to RGB color space, with pure colors being used for the identification of the segments obtained. The geometric centers of the segments referred to the color targets were detected by connected components. Using the image coordinates of these geometric centers and the coordinates of a local referential of the calibration field, with the projective transformation was possible to determine the parameters to be used to obtain an approximation of the circular targets coordinates in the image. In these locals, the search windows for the *template matching* was positioned. The image coordinates of the center of the circular targets were detected and this process was performed for various images. The system was utilized with photos taken in different days and times, with variant lighting. The differences between the coordinates of a local referential of the calibration field and the coordinates obtained by the system identify approximately the distortions introduced by the camera. The experiments were realized with bad quality cameras (non parameterized distortions) and all the circular targets were detected with a standard deviation of 0.5pixel.

Keywords: Semiautomatic Detection, Segmentation, *Template Matching*, Targets.

1. INTRODUÇÃO

As câmaras disponíveis no mercado, ou “off-the-shelf”, têm sido constantemente utilizadas em aplicações fotogramétricas devido a seu baixo custo e avanços com relação à resolução do sensor. No entanto, os parâmetros de orientação interna deste tipo de câmara não são conhecidos, o que torna necessária sua calibração (MITISHITA *et al.*, 2012). O processo de calibrar uma câmara estabelece os parâmetros mencionados, que são: as coordenadas do ponto principal, a distância focal, as distorções radial e descentrada e coeficientes de afinidade. Para se estabelecer a relação geométrica entre um ponto na imagem e o mesmo ponto no espaço, durante o processo de calibração, utilizam-se pontos de controle. A automatização do reconhecimento e medida destes introduz agilidade ao processo de calibração, proporcionando economia em tempo e mão de obra, bem como uma maior confiabilidade (SILVA *et al.*, 2014).

Segundo Habib *et al.* (2013), a comunidade fotogramétrica possui interesse no desenvolvimento de técnicas automatizadas para a calibração de câmaras com uma mínima interação com o usuário antes e durante o processo. Utilizar alvos que podem ser facilmente adaptados para a calibração em ambientes abertos e fechados seria vantajoso para aumentar a praticidade do processo de calibração de uma câmara.

Existem trabalhos recentes na área de reconhecimento de pontos de controle, como o de Xu *et al.* (2016), em que foi desenvolvido um método para calibração de câmaras usando

perpendicularidade de linhas bidimensionais em observações de alvos. Os autores utilizaram alvos quadrados com padrão xadrez e a extração das linhas foi feita por meio de transformada de Hough. Usamentiaga *et al.* (2017) utilizaram dois diferentes padrões de alvos baseados em círculos e quadrados, impressos em alumínio composto. Foi realizada uma análise completa da emissividade e as consequências para o procedimento de calibração. Ainda em 2017, Wang *et al.* propuseram um método para calibração de câmaras fora de foco fazendo uso de alvos coloridos.

Focando na robustez da detecção automática bem como na rapidez do processamento da detecção de pontos de controle, neste trabalho foi desenvolvido um sistema semiautomático que primeiramente identifica quatro alvos diferenciados num campo de calibração, utilizando o reconhecimento por meio de técnicas de segmentação de imagens. Este campo é composto por quatro alvos quadrados e totalmente preenchidos nas cores vermelho, verde, azul e preto. A segmentação desses alvos na imagem foi realizada com o modelo CIELuv, desenvolvido pela CIE em 1976. O modelo foi utilizado para a segmentação pois apresenta como grande vantagem a precisão com que se pode especificar um estímulo de cor. Isso faz com que seja uma excelente escolha como referência para medidas de cores em aplicações industriais (MACHADO, 2006).

No âmbito da segmentação por cores, alguns trabalhos recentes utilizando modelos de cor têm utilizado os modelos CIE. Gong *et al.* (2016), utilizaram o espaço CIELab para realizar

a calibração colorimétrica de uma câmara, justificando o uso desse modelo por ser o mais simples a refletir as condições de iluminação na percepção de cor. Além disso, segundo os autores, a utilização deste modelo pôde ser considerada uma peculiaridade do estudo em questão. Novas *et al.* (2016) também fizeram uso do CIELuv para avaliar qual o melhor modelo de cores para a segmentação de imagens microscópicas de fibras mielinizadas. Safuan *et al.* (2017) fizeram uso de vários métodos de segmentação por cor para a contagem de glóbulos brancos no sangue. Foi utilizado o CIELab para a padronização da intensidade da imagem e RGB, CMYK e HSV para a segmentação por meio da técnica de Otsu. Um algoritmo proposto por Sikha *et al.* (2017) utiliza informações de cor e luminância para gerar um mapa de saliência de regiões em imagens. Para modelar o comportamento não-linear do sistema visual humano, os autores utilizaram diferentes espaços de cores, incluindo CIELab, YCbCr, YUV e RGB. Ma *et al.* (2017) também fizeram uso de modelos de cor, sendo estes o HSV e o CIELab para determinar pontos de doença foliar em vegetais de estufa.

Neste estudo, a partir de uma conversão do modelo RGB para o CIELuv, com a aplicação de limiares, os alvos coloridos são destacados, mesmo havendo pequenas diferenças na iluminação e rotação da imagem, e têm as coordenadas de seus centros geométricos detectadas. A partir destas e das coordenadas no espaço objeto do centro destes alvos, são determinados os parâmetros da transformação projetiva no plano. A partir destes parâmetros e das coordenadas no espaço objeto dos alvos monocromáticos do campo de calibração, são determinados aproximadamente os locais na imagem onde devem ser inseridas janelas de busca, para que alvos monocromáticos sejam detectados por meio de reconhecimento de padrões. Neste trabalho, optou-se por dois métodos de reconhecimento automático. O primeiro, aplicado nos alvos coloridos dos extremos do campo, os destaca dos demais objetos na imagem por meio de segmentação. O segundo, aplicado nos alvos circulares monocromáticos, utiliza a técnica do casamento de padrões, e a identificação é feita por correlação estatística.

2. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa em questão pode ser dividida em duas fases principais: a segmentação das imagens obtidas e a detecção do alvos. A seguir, ambas são descritas detalhadamente.

2.1 Segmentação das imagens

Na etapa de segmentação, o objetivo é separar os pixels relativos aos alvos quadrados dos demais pixels da imagem, de modo que a localização dos alvos coloridos possa ser determinada. Como as imagens do campo de calibração foram tomadas em um dispositivo que opera no espaço RGB e a segmentação das imagens foi realizada no CIELuv, foi necessária uma conversão entre esses modelos. O processo de conversão consiste primeiramente em converter os pixels do modelo RGB para o XYZ e depois, deste último para CIELuv. No modelo CIELuv, cada pixel possui um valor para as componentes u e v referentes à cor, e L, referente à iluminância. Foram então mapeadas, dentro do modelo CIELuv, por meio de testes, regiões onde os valores dos pixels eram referentes às cores dos alvos: verde, azul, vermelho e preto. Os valores que, no espaço UV referem-se aos limites de cada cor, estão representados na Tabela 1 e no gráfico da Figura 1.

Tabela 1: Limiares para as cores

Cores	U		V	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Vermelho	15	70	-25	5
Verde	-15	-2	0	15
Azul	-15	0	-50	-15
Preto	0	9	-6	12

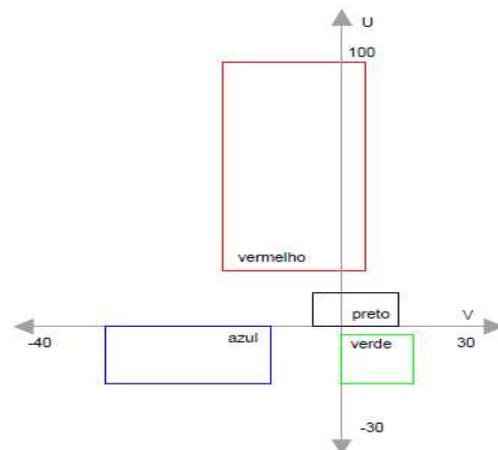


Fig. 1 - Representação gráfica dos limiares.

Foi elaborado um algoritmo que atribuiu cores puras em RGB aos pixels que possuem valores referentes à essas cores em CIELuv. Por exemplo, aos pixels que tiveram valores para L, u e v dentro dos limiares especificados para o vermelho, foi atribuída a cor vermelha em RGB, ou seja, o valor das bandas para estes pixels foi (255, 0, 0). Aos que tiveram valores para L, u e v dentro dos limiares especificados para o verde, foi atribuída a cor verde em RGB, ou seja, (0, 255, 0). De maneira análoga, os pixels com valores no limiar do azul tiveram a cor azul no modelo RGB, sendo (0, 0, 255) o valor de suas bandas. Aos pixels que tiveram valores para L, u e v dentro dos limiares especificados para o preto, foi atribuída a cor preta, com as bandas dos pixels tendo como valor (0, 0, 0). Aos que não se enquadraram nestes limiares, a cor branca foi atribuída, tendo os pixels o valor de (255, 255, 255). Com esse procedimento, uma nova imagem foi obtida.

Nesta pesquisa os objetos de interesse foram identificados e então separados em componentes conexos.

Para estabelecer se dois pixels estão conectados, é preciso determinar se eles são de alguma forma adjacentes e se seus níveis de cinza satisfazem um certo critério de similaridade (GONZALEZ & WOODS, 2000). Quando há mais de um componente conexo, a estes devem ser atribuídos valores {1, 2, ..., c}, sendo c o número de componentes conexos na imagem.

A imagem obtida a partir do algoritmo citado anteriormente foi segmentada por meio de componentes conexos para que seja obtida uma única identificação dos alvos coloridos.

O procedimento dos componentes conexos ocorreu por meio de uma varredura em cada pixel em todas as bandas, sendo utilizada uma conectividade de 4. Este algoritmo cria um vetor ponteiro ligado a cada componente conexo. Dessa forma, os alvos coloridos vermelho, verde e azul foram identificados exclusivamente. No caso do alvo preto foi necessária uma restrição na área de busca, pois havia uma grande quantidade de componentes conexos referentes à cor preta. Para encontrar o ponto central dessa janela de varredura mais restrita foram utilizadas as equações 1 e 2, formuladas a partir da posição dos alvos na imagem. Y_r ; X_r ; Y_g ; X_g ; Y_b e X_b são as coordenadas obtidas pelo algoritmo para os

alvos vermelho, verde e azul, respectivamente; Y_k e X_k são as coordenadas do centro da nova janela de varredura, que foi reduzida a um espaço na imagem que compreendia 350 pixels à direita, à esquerda, acima e abaixo dos valores encontrados para Y_k e X_k .

$$\begin{aligned} Y_k &= -Y_r + Y_g + Y_b \\ Y_k &= 1.819 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Y_k &= -Y_r + Y_g + Y_b \\ Y_k &= 1.819 \end{aligned} \quad (2)$$

Uma vez calculados os componentes conexos, foi determinada a área de cada um deles, em quantidade de pixels. Como as imagens foram tomadas de maneira que a parede ocupasse quase a totalidade da área central da fotografia, foi utilizado um limiar na porcentagem de área da imagem, em pixels, ocupada por cada alvo. Por exemplo, em uma imagem tirada com resolução de 1836x3264 pixels, o alvo ocupa aproximadamente 1150 pixels, o que resulta em, aproximadamente 0,02% da imagem. Os limiares utilizados como padrão para a porcentagem foram de 0,01% a 0,03%, ou seja, os componentes que ocupassem uma porcentagem da imagem entre esses valores seriam armazenados pelo algoritmo. O uso de limiares na porcentagem permite que se utilize dispositivos com diferentes resoluções.

Buscando obter melhores resultados, foi utilizado também o índice de compacidade i (equação 3), que relaciona o perímetro de um componente conexo com o perímetro de um componente possuindo mesma área, porém quadrado, sendo que P corresponde ao perímetro e A corresponde à área, ambos em pixels. Quanto mais próximo de 1, mais próxima ao quadrado é sua forma, o que a aproxima dos alvos. Como padrão foram utilizados os limiares de 0,9 a 1,2. Este procedimento foi realizado para as cores vermelho, verde, azul e preto.

$$i = \frac{P}{4\sqrt{A}} \quad (3)$$

Os centros geométricos dos alvos identificados foram calculados por meio da fórmula para áreas compostas, em que cada pixel é considerado um elemento com área unitária,

conforme as equações 4 e 5 (HIBBELER, 2010), sendo C_x e C_y as coordenadas em x e y do centro geométrico; n o número de pixels; A_i a área de cada pixel e C_{x_n} e C_{y_n} as coordenadas x e y de cada pixel do componente conexo.

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_{x_n}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_{y_n}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5)$$

As coordenadas em x e y de cada alvo foram obtidas também manualmente em todas as imagens, de modo que se pudesse comparar às obtidas por meio do algoritmo.

2.2 Casamento de padrões

Seja C_a a matriz das coordenadas obtidas para os alvos coloridos das imagens por meio do algoritmo (coordenadas de imagem, em pixel), e C_l a matriz de coordenadas lidas com a estação total (coordenadas de campo, em metros), conforme indicado no exemplo apresentado na sequência, referente à imagem A apresentada na figura 3.

$$C_a = \begin{bmatrix} 566 & 48 \\ 435 & 1.715 \\ 2.407 & 152 \\ 2.470 & 1.726 \end{bmatrix}$$

$$C_l = \begin{bmatrix} 0,1359 & 6,8954 \\ 0,1443 & -0,3222 \\ 8,6435 & 6,9203 \\ 8,6384 & -0,3438 \end{bmatrix}$$

A correspondência entre as duas matrizes foi feita por meio da transformação projetiva (equações 6 e 7), onde X e Y são as coordenadas de campo (matriz C_l) e x e y são as coordenadas de imagem (matriz C_a).

$$x = \frac{b_{11}.X + b_{12}.Y + b_{13}}{b_{31}.X + b_{32}.Y + 1}$$

$$y = \frac{b_{21}.X + b_{22}.Y + b_{23}}{b_{31}.X + b_{32}.Y + 1}$$

Os parâmetros b_{11} , b_{12} , b_{13} , b_{21} , b_{22} , b_{23} , b_{31} , b_{32} , b_{33} são representados no vetor P , obtido por meio de única solução das equações da transformação projetiva.

$$PP = \begin{pmatrix} 110,5 \\ 31 \\ 353,4 \\ -29,3 \\ -171,6 \\ 1525,2 \\ -0,00002 \\ 0,000009 \end{pmatrix}$$

Ainda que os dois últimos elementos do vetor sejam muito pequenos, não se pode desprezá-los e utilizar a transformação afim, pois haveria grande discrepância no resultado final. Com esses parâmetros e as coordenadas lidas para os alvos monocromáticos com a estação total, foi possível determinar coordenadas de imagem aproximadas para esses alvos, e, nesses locais da imagem, foram inseridas janelas de busca para a detecção por casamento de padrões.

O procedimento de detecção por casamento de padrões compreende a identificação precisa das coordenadas do centro dos alvos monocromáticos na imagem. As coordenadas aproximadas dos centros dos alvos monocromáticos determinarão onde as janelas de busca serão posicionadas, de forma que a varredura ocorra somente em um local próximo das coordenadas exatas dos alvos, para que a etapa de detecção por casamento de padrões seja mais eficiente. Uma janela quadrada com 41 pixels (equivalente a aproximadamente 15cm em coordenadas de campo) de lado foi estipulada como área de busca. Os templates extraídos das imagens têm dimensões de aproximadamente 25x25 pixels, ocupando 1/4 da janela de busca. A figura 2 mostra um exemplo de template usado para o reconhecimento de padrões. A correlação estatística foi utilizada para esse procedimento. As coordenadas do centro dos alvos monocromáticos foram os locais onde a correlação foi máxima.

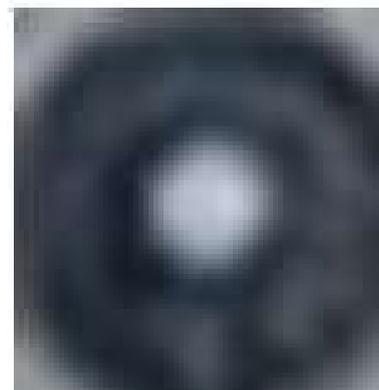


Fig. 2 - Template utilizado para o casamento de padrões na imagem A.

3. RESULTADOS

As imagens na figura 3 foram tomadas do campo de calibração em condições de iluminação, horários e ângulos diferentes. Para a apresentação dos resultados, estas foram nomeadas de A a J. As imagens de A a C foram tiradas pela manhã, D, E, I e J no fim da tarde e F e G foram tiradas no início da tarde. As imagens de A a F foram tiradas em dias nublados, nos quais a iluminação é menor. As imagens de G a J foram tiradas em dias ensolarados, nos quais a incidência de luz é maior. Foram tomadas fotografias de frente e com rotação de aproximadamente 45°.



Fig. 3 – Imagens tomadas do campo de calibração. A partir de cima, da esquerda para a direita: imagens A, B, C, D, E, F, G, H, I e J.

As imagens I e J mostraram um forte contraste, dificultando a detecção do alvo vermelho. Assim, essas imagens foram descartadas da análise dos resultados. As imagens seguintes foram obtidas por meio do processo de conversão do RGB para o CIELuv.

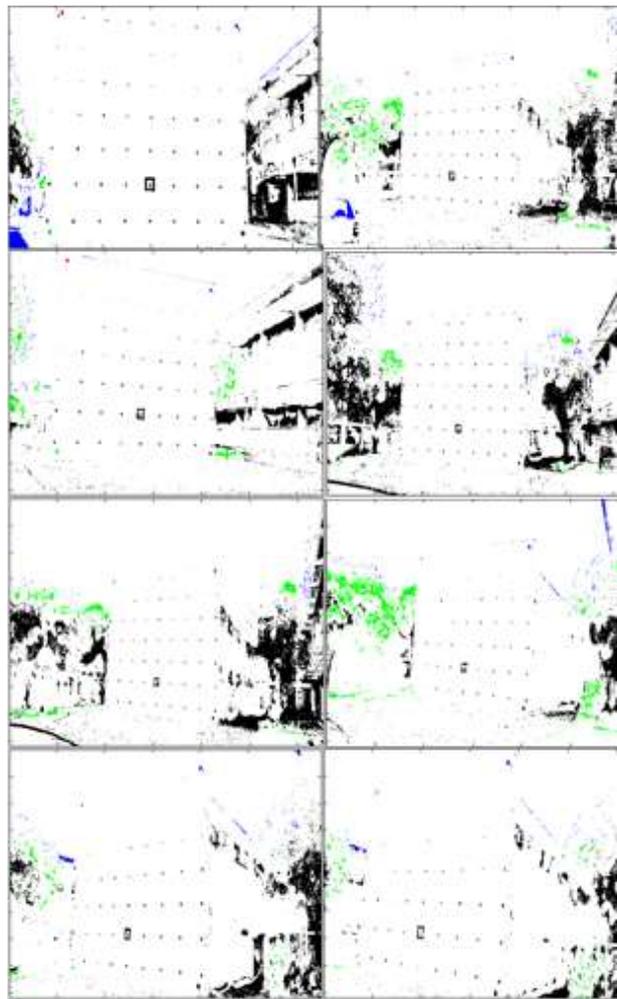


Fig. 4 – Imagens após a segmentação

Uma vez convertidas as imagens e os componentes conexos determinados, o limiar aplicado à porcentagem de área proporcionou robustez ao algoritmo, de forma que a grande maioria dos elementos externos na imagem (árvores, calçada, grama, etc) não influenciaram no resultado da identificação. A seguir, será mostrado detalhadamente o processo de obtenção das coordenadas dos alvos coloridos para a imagem A.

Após serem identificados os componentes conexos, foi aplicado o limiar de porcentagem de 0,01 a 0,03. Os resultados para os componentes conexos selecionados estão expressos na tabela 2, para cada cor de alvo.

Pela análise dos resultados, é possível perceber que a locação dos alvos azul e verde foi ambígua, induzindo um novo passo de segmentação. Nesse estágio, os componentes selecionados foram separados por limiares aplicados ao coeficiente de compacidade. Assim, somente um componente conexo foi selecionado

para os alvos azul e verde. Os resultados para esta operação são apresentados na tabela 3.

Tabela 2: Componentes conexos selecionados pelo limiar de porcentagem

Cor	Número do componente	Porcentagem
Vermelho	1	0,016
	41	0,0131
Verde	199	0,0146
	347	0,0222
Azul	51	0,9
	1022	3,1
Preto	1255	1,5
	44	0,018

Tabela 3: Aplicação do coeficiente de compacidade

Cor	Número do componente	Perímetro	Área	<i>i</i>
Verde	41	491	798	4,3
	199	370	891	3,1
	347	140	1351	1
Azul	51	114	924	0,9
	1022	398	1002	0,31
	1255	153	616	1,5

Utilizando os limites de 0,9 a 1,2 para o coeficiente de compacidade para a cor verde foi obtido o componente conexo de número 347, e para a cor azul, foi obtido o componente conexo de número 51. Estes são os componentes conexos determinados para os alvos verde e azul. As coordenadas dos centros geométricos dos alvos coloridos estão representadas na tabela 4.

Tabela 4: Centros geométricos dos alvos coloridos para a imagem A

Alvo	Linha	Coluna
Vermelho	48	566
Verde	1715	435
Azul	152	2407
Preto	1726	2470

Utilizando as coordenadas da tabela 4 (coordenadas de imagem) e das coordenadas dos mesmos pontos lidas para um referencial local (coordenadas de campo), foi possível reconstituir a geometria da tomada da imagem, por meio da transformação projetiva. As coordenadas de

imagem representam as coordenadas do centro geométrico de cada um dos alvos quadrados coloridos e as coordenadas de campo foram obtidas calculando-se a média das coordenadas dos vértices dos alvos lidos com estação total. Assim foram determinados, por meio de solução única, os parâmetros da transformação projetiva. Com estes parâmetros e as coordenadas do centro dos alvos monocromáticos, foi possível determinar quais são os locais na imagem em que estão localizados o centro das janelas de busca.

Os pontos que mostraram correlação máxima entre o template utilizado e a janela de busca foram considerados como as coordenadas precisas dos alvos monocromáticos. Todos os alvos foram encontrados acertada e rapidamente devido às janelas de busca bem localizadas.

A discrepância entre a localização indicada pela transformação projetiva (centro das janelas de busca) e a localização precisa (correlação máxima) está representada na figura 5. Ela fornece uma indicação razoável sobre as deformações ocasionadas pela câmara na imagem.

Comparando-se as coordenadas dos alvos obtidas pelo algoritmo com as coordenadas obtidas manualmente obtém-se um desvio padrão da ordem de meio pixel, que corresponde à aproximadamente 2mm, um resultado dentro do esperado para o sistema proposto.

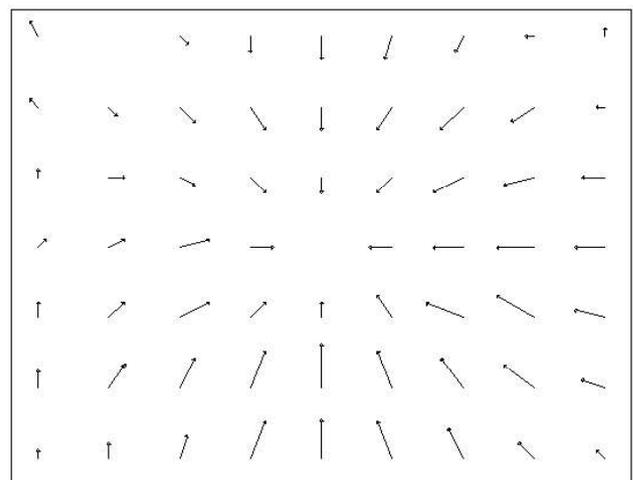


Fig. 5 – Representação gráfica dos resíduos das coordenadas.

CONCLUSÃO

Por meio dos experimentos executados e das análises realizadas, foi possível concluir que o modelo CIELuv possui propriedades que

segmentam as cores com maior efetividade do que o modelo RGB, permitindo assim a segmentação pela técnica de *limiarização*. No entanto, o nível de iluminação dificultou a detecção de alguns alvos, principalmente quando a luz solar incidia diretamente no campo.

Algumas dificuldades na segmentação ocorreram devido à pigmentação das cores das tintas utilizadas para a pintura dos alvos coloridos. Os alvos nas cores azul, verde e preto (cores sem brilho e baixa saturação) não tiveram grande diferença entre eles e os objetos externos nas imagens tomadas, o que introduziu uma dificuldade adicional para serem detectados. Isso ocorreu principalmente com as árvores e com alguns elementos da edificação, detectados como verde e azul, respectivamente, porém, foram segmentados com sucesso por meio do algoritmo. Os elementos da edificação detectados em preto mostraram maior dificuldade ao reconhecimento do alvo dessa cor, o que necessitou uma diminuição da janela de busca.

Em geral, os experimentos levaram a um resultado dentro do esperado. A aplicação da transformação projetiva obteve resultados satisfatórios para os locais onde a janela de busca deveria se posicionar e a etapa onde a detecção é feita por meio de casamento de padrões obteve sucesso na identificação de todos os alvos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONG, R.; WANG, Q.; SHAO X.; LIU, J. A color calibration method between different digital cameras. **Optik**, v. 127, p.3281-3285, 2016.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 509 p.

HABIB, A., LARI, Z., KWAK, E., AL-DURGHAM, K. Automated detection, localization and identification of signalized targets and their impact on digital camera calibration. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.4, n.65, p.785-803, 2013.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**, 7ª Edição, Prentice Hall, SP, 2010. 637 p.

MA, J.; DU, K.; ZHANG, L.; ZHENG, F.; CHU, J.; SUN, Z.. A segmentation method for greenhouse vegetable foliar disease spots images using color information and region growing. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.

142, p.110-117, 2017.

MACHADO, A. M. L.. **Extração automática de contornos de edificações utilizando imagem gerada por câmara digital de pequeno formato e dados LIDAR**. 201 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006).

MITISHITA, E. A.; DEBIASI, P; HAINOSZ, F; CENTENO, J. Calibration of low-cost digital camera using data from simultaneous LIDAR and photogrammetric surveys. In: **XXII ISPRS Congress**, p. 133-138, Melbourne, Australia: 2012.

NOVAS, R. B.; FAZAN, V. P. S.; FELIPE, J. C.. A New Method for Automated Identification and Morphometry of Myelinated Fibers Through Light Microscopy Image Analysis. **Journal of Digital Imaging**, v. 29, p. 63-72, 2016.

SAFUAN, S. N. M.; TOMARI, N. R. M.; ZAKARIA, W. N. W.. White Blood Cell (WBC) Counting Analysis in Blood Smear Images Using Various Color Segmentation Methods. **Measurement**, disponível on line em 10 de novembro de 2017, no prelo.

SIKHA, O. K.; KUMAR, S. S.; SOMAN, K. P.. Salient region detection and object segmentation in color images using dynamic mode decomposition. **Journal of Computational Science**, disponível on line em 4 de outubro de 2017, no prelo.

SILVA, S. L. A., TOMMASELLI, A. M. G. , ARTERO, A. O. Utilização de alvos codificados do tipo ARUco na automação do processo de calibração de câmaras. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v.20 n.3, p.626-646, 2014.

USAMENTIAGA, R.; GARCIA, D. F.; IBARRA-CASTANEDO, C.; MALDAGUE, X.. Highly accurate geometric calibration for infrared cameras using inexpensive calibration targets. **Measurement**, v. 112, p. 105-116, 2017.

WANG, Y.; CAI, B.; WANG, K.; CHEN, X.. Out-of-focus color camera calibration with one normal-sized color-coded pattern. **Optics and Lasers in Engineering**, v. 98, p. 17-22, 2017.

XU, G.; ZHENG, A.; LI, X.; SU, J. A method to calibrate a camera using perpendicularity of 2D lines in the target observations. **Scientific Reports n. 6**, p. 34951, 2016.