

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO E DISPOSITIVO PARA INSPEÇÃO DA GRAVAÇÃO DE CHASSI UTILIZANDO VISÃO DE MÁQUINA

Leandro Rodrigues da Silva Souza, leandrorodrigues.s@gmail.com¹

Rômulo M. M. Oliveira, romulomuriel@gmail.com¹

Marcelo H. Stoppa, mhstoppa@pq.cnpq.br¹

Jeison Oliveira Caldas, caldas.jeison@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Goiás, Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão-GO, 75704-020

Resumo: O método de inspeção empregado na validação do número de chassi, após o mesmo ser gravado, nem sempre atende aos requisitos de qualidade exigidos pelo mercado. No processo avaliado, a inspeção é realizada de forma manual, onde um operador faz a conferência visual, submetendo a empresa ao risco de comercializar um veículo com registro diferente da documentação. Em função de fatores emocionais e de fadiga, a inspeção não pode ficar sob responsabilidade de apenas uma pessoa, que está sujeita ao erro. Diante disso, este trabalho propõe uma ferramenta tecnológica que auxilia na validação de dados transcritos em um chassi, a fim de proporcionar maior eficácia ao processo de inspeção, utilizando componentes de baixo custo. Para tanto, foi realizado o desenvolvimento de um sistema que, por meio de uma webcam, faz a leitura do número do chassi, comparando o mesmo com o código liberado inicialmente para a punctionadeira efetuar a gravação. O sistema foi submetido a diversos testes experimentais e se mostrou eficaz na inspeção de registros em chassi.

Palavras-chave: Visão computacional, Processamento de Imagens, Inspeção Automática, Gravação de chassi.

1. INTRODUÇÃO

Os critérios atuais para identificação de veículos automotores são adotados em escala mundial e, no Brasil, estão vigentes desde maio de 1988, por meio da Resolução 691/88 do Conselho Nacional de Trânsito (CONATRAN). As identificações são realizadas através da gravação do número VIN (número de identificação do veículo), do VIS (setor de identificação do veículo), da numeração do motor e placa de identificação (Cecere, 2010; Bertagi *et al*, 2012). Estatísticas apontam para um acréscimo significativo no número de roubo e furto de veículos, dos quais muitos são alvos de adulteração do VIN, processo conhecido como ato de remarcação, o qual é ilegal e fraudulento, pois busca obter vantagens sobre terceiros.

Essa prática tem se tornado um crime lucrativo e relativamente fácil de ser executado, uma vez que as gravações realizadas pelo fabricante utilizam métodos ainda arcaicos de registro, como por exemplo, por punção. Existem outras técnicas que permitem gravar uma maior quantidade de informações durante o processo de identificação veicular, dentre eles, o conceito de gravação baseada em micro pontos, que utiliza a nanotecnologia para codificação do veículo, ou mesmo códigos de barra 3D.

No Brasil, o processo de gravação de chassi, adotado por muitas montadoras, não viveu um desenvolvimento similar ao ocorrido em outros países (Cecere, 2010). Ainda se encontra no meio automobilístico quem adote métodos rudimentares de gravação e validação de chassi, principalmente aqueles pautados na conferência visual humana. Essa realidade provoca, anualmente, valores significativos de retrabalho e processos judiciais contra empresas, além de expor a marca. Há casos em que a má gravação do chassi coloca o cliente em uma situação desconfortável, passando pelo constrangimento de ter que dar satisfação sobre a origem do seu veículo.

Em caso de ocorrência de erros na gravação da sequência alfanumérica, os prejuízos podem ser grandes, principalmente quando os erros são identificados por indivíduos ou organizações, tais como o DETRAN e empresas de seguro, que podem vender seus serviços a um veículo que não corresponde ao citado na documentação. Em um caso mais extremo, durante uma inspeção policial, pode ser configurada a adulteração do chassi, sem que o proprietário tenha consciência de que tais problemas surgiram no processo inicial de gravação. Tudo isso deixa evidente a necessidade de um método robusto e automatizado de registro e validação, de forma que problemas como esse sejam minimizados ou eliminados.

As inspeções, quando realizadas de forma manual por funcionários, tendem a transmitir uma baixa confiabilidade, principalmente em função do cansaço dos mesmos. Em muitos casos, nas primeiras horas do dia se obtêm bons resultados, no entanto, nas seguintes, há uma redução na capacidade de inspeção, motivada, algumas vezes, pela fadiga e pela repetitividade do processo, que interferem no comportamento e na percepção do operador. Além disso, variações emocionais e de autoestima também contribuem para a ineficiência do processo de inspeção (Pinheiro, 2007).

Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta para identificação da sequência alfanumérica gravada no chassi sendo o processo, implementado via *software*, com auxílio de um dispositivo projetado para suportar a câmera e prover a iluminação, podendo contribuir para a agilidade e eficiência na inspeção da gravação do chassi, evitando que algum erro passe despercebido pela inspeção humana. O sistema desenvolvido utiliza uma câmera de baixo custo (*webcam*), um dispositivo que será acoplado ao chassi e se baseia no emprego dos conceitos e técnicas de visão computacional e processamento de imagem.

2. MODELO PROPOSTO

A sequência numérica de um chassi é formada por 17 dígitos, sendo que cada parte dessa faz referência a uma determinada informação, como país de fabricação, ano, modelo, dentre outras características e propósitos (Bertagi *et al*, 2012). No processo de gravação de chassi estudado, a punccionadeira é responsável por marcar o código no veículo. A máquina possui interfaces de entrada de dados via teclado ou leitor de códigos de barras, permitindo a inclusão de informações que serão utilizadas para manipulação de dados ou inserção do código a ser gravado.

Entretanto, no processo de alimentação destas informações podem ocorrer diversas falhas, tais como códigos de barras mal formatados, gerando erros na leitura e, conseqüentemente, registros incoerentes, além da possibilidade de digitação errada pelo operador. Nesse contexto, torna-se importante a validação final do trabalho executado pela punccionadeira, permitindo ou não que o chassi gravado siga adiante no processo de montagem.

Para uma inspeção automatizada o trabalho propõe a implementação de um *software* que utiliza uma câmera de baixo custo que realiza a entrada de dados, fornecendo informações para o sistema que realiza uma sequência de tarefas, passando pelas etapas de captura, tratamento e identificação da região considerada de interesse para o problema. Posteriormente, é realizado o reconhecimento óptico dos caracteres (*Optical Character Recognition - OCR*) gravados no chassi, que em seguida será utilizado para comparação entre código gravado e disponibilizado para gravação.

O diagrama de bloco abaixo descreve o fluxograma implementado para a proposta de validação do chassi. Logo em seguida, são detalhados os passos realizados na fig. (1).

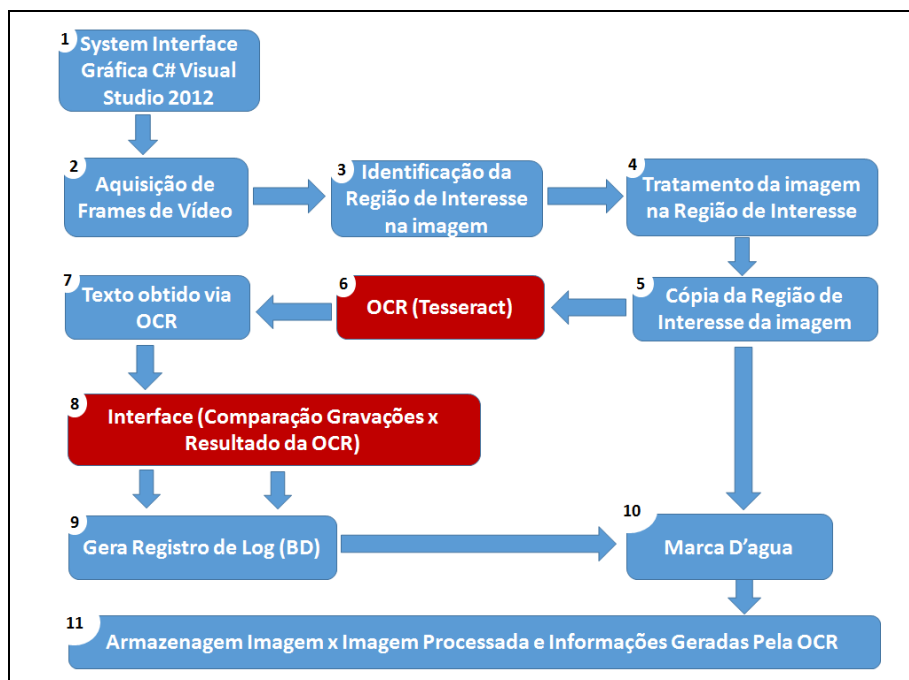


Figura 1. Diagrama de bloco do sistema proposto

2.1. System Interface Gráfica C# Visual Studio 2012

Foram utilizados um notebook com 4 GB de memória RAM, 640 GB de disco e processador Intel core i3 M350 com frequência de 2,27 GHz, uma webcam externa operando com a resolução em 640x480/1280x720, no padrão VGA (*Video Graphis Array*). O sistema operacional com 64 bits adotado foi o Windows 8 ® Pro.

O ambiente de desenvolvimento valeu-se do seguinte conjunto de ferramentas: para a interface gráfica foi utilizado o ambiente do Visual Studio 2012 *Express Edition*, além das ferramentas abordadas por Batista (2012), Emgu CV versão 2.9.0 invólucro.Net, para módulos de processamento de imagem e visão computacional, conhecida como Opencv (*Open Source Computer Vision Library*), Tesseract-OCR engine (ferramenta *open source* para reconhecimento dos caracteres) e, por fim, o banco de dados MySQL 5.5.28, que permite a rastreabilidade do processo proposto. Todas as ferramentas operam de forma integrada oferecendo suporte para a proposta apresentada no diagrama apresentado na Fig. (1).

2.2. Aquisições de Frames de Vídeo / Banco de Imagens

Os frames de vídeo são capturados utilizando o Emgu CV, que implementa as funcionalidades e recursos para captura e manipulação das imagens, de forma transparente para o usuário (Abubakar, 2014). O sistema também permite que as imagens sejam obtidas via fotos, possibilitando a efetivação do mesmo processo descrito pela Fig. (1), realizando o OCR da região considerada de interesse e demais funcionalidades. A Fig. (2) exibe uma imagem de um número de chassi gravado.

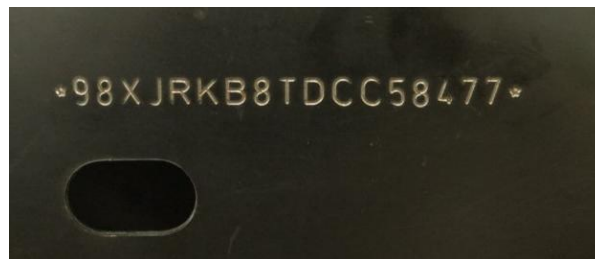


Figura 2. Chassi gravado

2.3. Identificação da Região de Interesse na Imagem

A identificação da região de interesse é realizada utilizando os conceitos de erosão e dilatação. De acordo com Gonzalez e Woods (2002), o processo de dilatação é usado para preencher intervalos e lacunas indesejáveis na imagem, enquanto a erosão pode ser aplicada para eliminar detalhes irrelevantes, como ruídos e abrir intervalos ou lacunas em regiões de conexão indesejada, conforme mostra a Fig. (3).

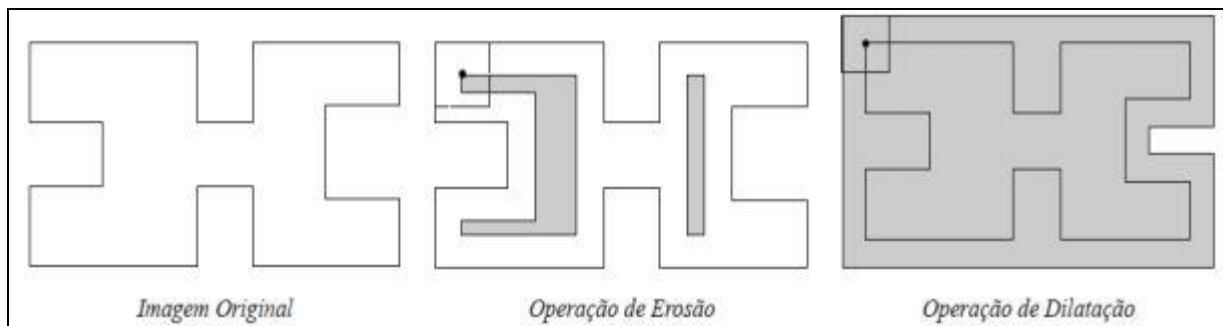


Figura 3. Princípio de funcionamento Erosão e Dilatação (Gonzalez e Woods, 2002)

Com resultado da utilização das operações de erosão e dilatação, juntamente com a técnica detalhada por Akoum *et al* (2010), é realizada a segmentação da área que contém os caracteres alfanuméricos, para que, em seguida, seja formado o contorno ao redor do código, destacando de forma visual a região considerada de interesse, conforme Fig. (4). As coordenadas dessa região serão usadas para os processamentos posteriores, ressaltando que o sistema deverá tratar os dados somente da região demarcada.



Figura 4. Região de interesse encontrada na imagem

2.4. Tratamento da Imagem na Região de Interesse

O processamento da imagem é realizado tendo como foco a região de interesse, uma vez que as demais partes da imagem, que não possuem informações pertinentes à identificação da numeração do chassi, podem ser desconsideradas, otimizando assim, o tempo de processamento para aplicação do algoritmo de processamento. Para a detecção das bordas é aplicado o algoritmo de Canny, implementado pela Emgu CV, agregado ao sistema tendo como referência o trabalho desenvolvido por Zeilhofer *et al* (2007).

No trabalho, o algoritmo de Canny é aplicado duas vezes, uma para a imagem em escala de cinza e outra para a colorida, a fim de relacionar os dois resultados, obtendo-se assim, uma melhor extração das bordas dos caracteres que compõem o VIN.

No contexto do problema abordado, o histograma das imagens apresenta, em sua grande maioria, pouca distribuição de cores, uma vez que todos os chassis são pintados na cor preta. Conforme a Fig. (5), é possível perceber a faixa de distribuição de cores, fator importante para a determinação do intervalo utilizado na binarização das imagens.

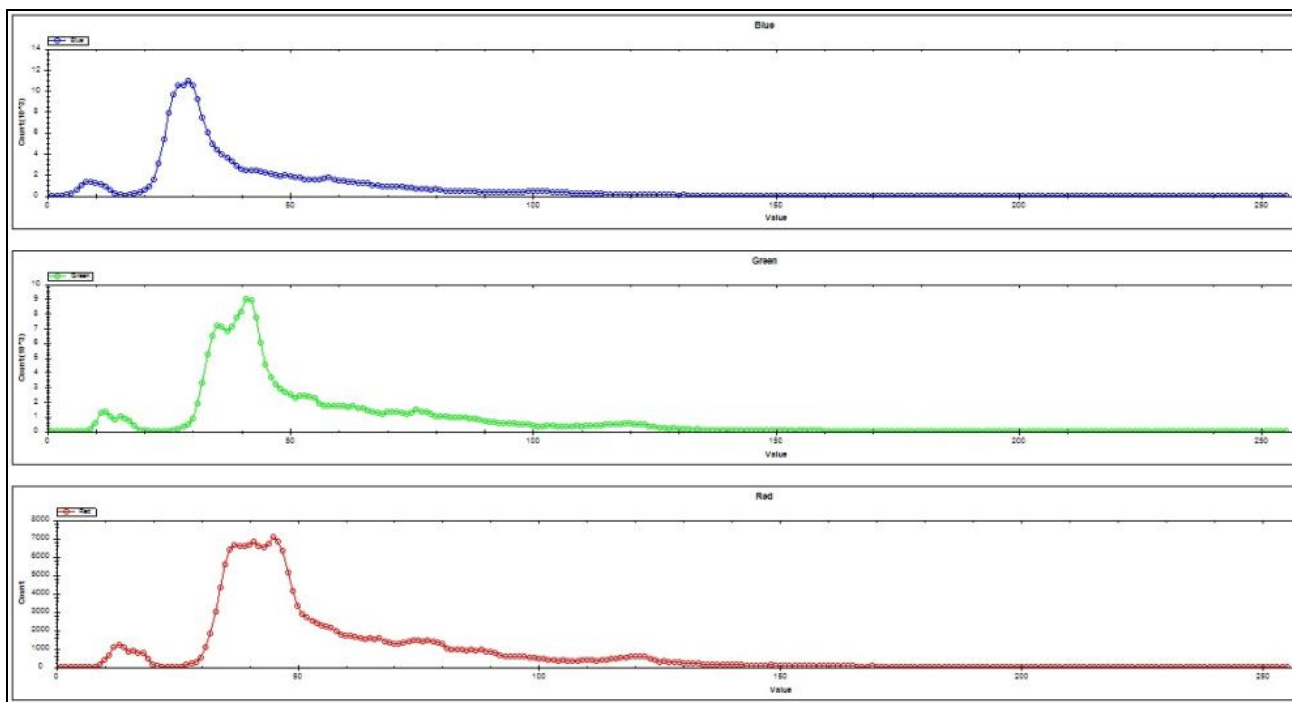


Figura 5. Histograma de distribuição de cores gerado pelo software via frame work Emgu CV

2.5. Cópia da Região de Interesse da Imagem

Nessa etapa é realizada a cópia apenas da região de interesse, a fim de reduzir a quantidade de informação transmitida ao processo de OCR, o que otimiza o tempo de reconhecimento dos caracteres.

2.6. OCR (Tesseract)

O processo de reconhecimento dos caracteres contidos na imagem digital é realizado pela *engine* Tesseract, que, de forma transparente ao usuário, realiza a transcrição das informações textuais contidas na imagem digital para texto.

A *engine* do Tesseract implementa diversos algoritmos para tratamento e manipulação de palavras, os quais colaboram para uma melhor taxa de reconhecimento de palavras ou caracteres.

2.7. Texto Obtido via OCR

O texto plano obtido pelo processo de OCR é armazenado como resultado do processo de avaliação do chassi.

2.8. Interface (Comparação Gravação x Resultado da OCR)

Nessa etapa do processamento é realizada a comparação entre os códigos liberados para gravação e os resultantes da inspeção automática. Para os casos em que a sequência obtida no resultado da OCR seja divergente da sequência liberada para gravação, uma marcação visual é inserida na imagem (obtida no passo 5) a qual sinaliza que a sequência identificada não corresponde a um código válido. Para os casos em que o código do chassi obtido de forma automatizada esteja de acordo com a sequência de códigos liberados, uma marcação visual também é incluída na imagem, porém, confirmando-se a autenticidade da mesma, conforme Fig. (6).

2.9. Gera Registro de Log em Banco de Dados

Com o resultado da transcrição de texto obtido pelo processo de OCR, juntamente com a imagem contendo a marcação visual, é gerada uma transação/log em banco de dados que permite a recuperação e a identificação dos chassis já validados, bem como o resultado obtido pelo processo proposto.

2.10. Marca D'água

Uma preocupação no processo de identificação das informações contidas na imagem é quanto à autenticidade e a autoria do documento digital, haja vista que, por ser um documento digital pode ser disseminado por diferentes canais de comunicação, sendo assim as imagens digitais, necessitam de segurança diferente dos documentos protegidos por certificados digitais. Assim, a marca d'água tem por objetivo incluir informação ostensiva, discreta ou oculta no documento digital de forma a garantir que tal informação possa ser recuperada posteriormente (Rey, 2002). Uma marca d'água se refere a uma determinada informação embutida em uma mensagem, devendo dar alguma característica particular a esta. Segundo Kim (2004), uma “marca d'água é um sinal portador de informação, visualmente imperceptível, embutido numa imagem digital que pode ser extraído mais tarde para fazer asserção sobre o dado hospedeiro”.

Portanto, como medida para garantir a autenticidade e a autoria das informações digitais geradas em forma de imagem, é empregado um algoritmo de marca d'água a fim de manter a confiabilidade e a segurança do processo automatizado, conforme apresentado na Fig. (6), na parte superior direita da numeração do chassi.

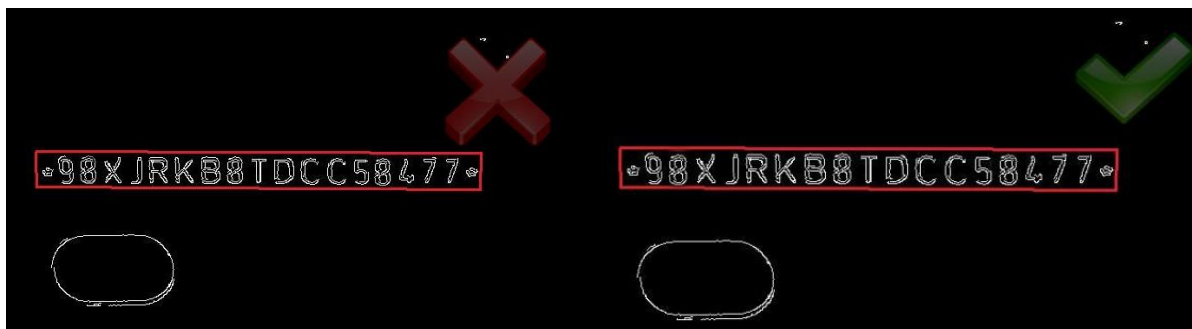


Figura 6. Representação das marcações visuais no processo de validação

2.11. Armazenagem das Imagens e informações do pós-processamento

Para possíveis auditorias, as imagens originais de vídeo ou obtidas via foto são armazenadas juntamente com a imagem do pós-processamento, contendo as marcações de validação.

3. RESULTADOS

As análises dos resultados foram geradas mediante o posicionamento da câmera no chassi gravado, focalizando a região do código VIN confirmando que o mesmo fora localizado pela câmera e que valores coletados foram considerados como válidos. Os resultados foram divididos em três grupos, sendo eles: *performance* do algoritmo expresso em tempo de processamento, exatidão na detecção da sequência alfanumérica e percentual de sucesso no

reconhecimento dos caracteres. Para estes, foram utilizadas 20 imagens, pertencentes a dois padrões distintos de resolução.

O primeiro grupo de análises expressa o tempo de processamento desde a aquisição da imagem até a identificação da região de interesse, conforme Tab. (1).

Tabela 1 – Performance do Algoritmo

	<i>Amostras</i>	<i>Resolução</i>	<i>Tempo Médio (ms)</i>
Teste 1	20	480 pixels	~80
Teste 2	20	1280 pixels	~210

De posse do tempo de processamento das imagens pertencentes a cada padrão de resolução, foi calculado o tempo médio de processamento. A alteração da resolução exerceu impacto direto sobre o tempo de processamento, de acordo com a Tab. (1), uma vez que a análise da imagem para identificação da região de interesse demandou um número maior de operações em função da elevada quantidade de pixels nas imagens.

O segundo grupo de análises avalia a exatidão na detecção da identificação da região de interesse, conforme apresentado na Tab. (2).

Tabela 2 – Exatidão na detecção da sequência alfanumérica gravada no chassi

	<i>Resolução</i>	<i>Amostras</i>	<i>Sucesso</i>	<i>Falha</i>	<i>Proporção (%)</i>
Teste 1	480 pixels	20	16	4	80%
Teste 2	1280 pixels	20	12	8	60%

Foi observado que, com a elevação da resolução das imagens, não houve aumento da taxa de sucesso na detecção da sequência gravada no chassi, conforme Tab. (2). Observou-se também que, com a elevação da resolução, foi demandado maior tempo para processamento dos dados.

O terceiro grupo de análises utiliza como base os resultados obtidos com sucesso na Tab. (2), sobre os quais é aplicada a *engine* Tesseract para realização do OCR.

Tabela 3 – Exatidão do Tesseract OCR

	<i>Resolução</i>	<i>Amostras</i>	<i>Sucesso</i>	<i>Falha</i>	<i>Proporção (%)</i>
Teste 1	480 pixels	16	16	0	100%
Teste 2	1280 pixels	12	12	0	100%

Para todas as imagens repassadas à *engine* Tesseract OCR, houve total sucesso no reconhecimento dos caracteres presentes nas imagens, conforme Tab. (3), sem distorções dos valores, independente da resolução da imagem, uma vez que a região de interesse já era conhecida.

4. DISPOSITIVO DE ACOPLAMENTO

Com o intuito de melhorar o processo de aquisição das imagens, diretamente do chassi, propõe-se também a construção de um dispositivo, confeccionado em impressora 3D, de modo a acondicionar o sistema e facilitar o acoplamento ao chassi, proporcionando imagens de melhor resolução em um padrão com pequenas variações. A proposta inicial do protótipo pode ser observada na Fig. (7). O dispositivo possui um sistema de regulagem de altura (vertical) em relação ao VIN gravado e também de distância (horizontal e perpendicularmente) em relação ao chassi, o que permite a sua utilização em chassis de diferentes dimensões e posicionamento de gravação. A superfície de contato com o chassi é revestida de borracha macia, para facilitar o acoplamento e evitar a influência da iluminação externa.

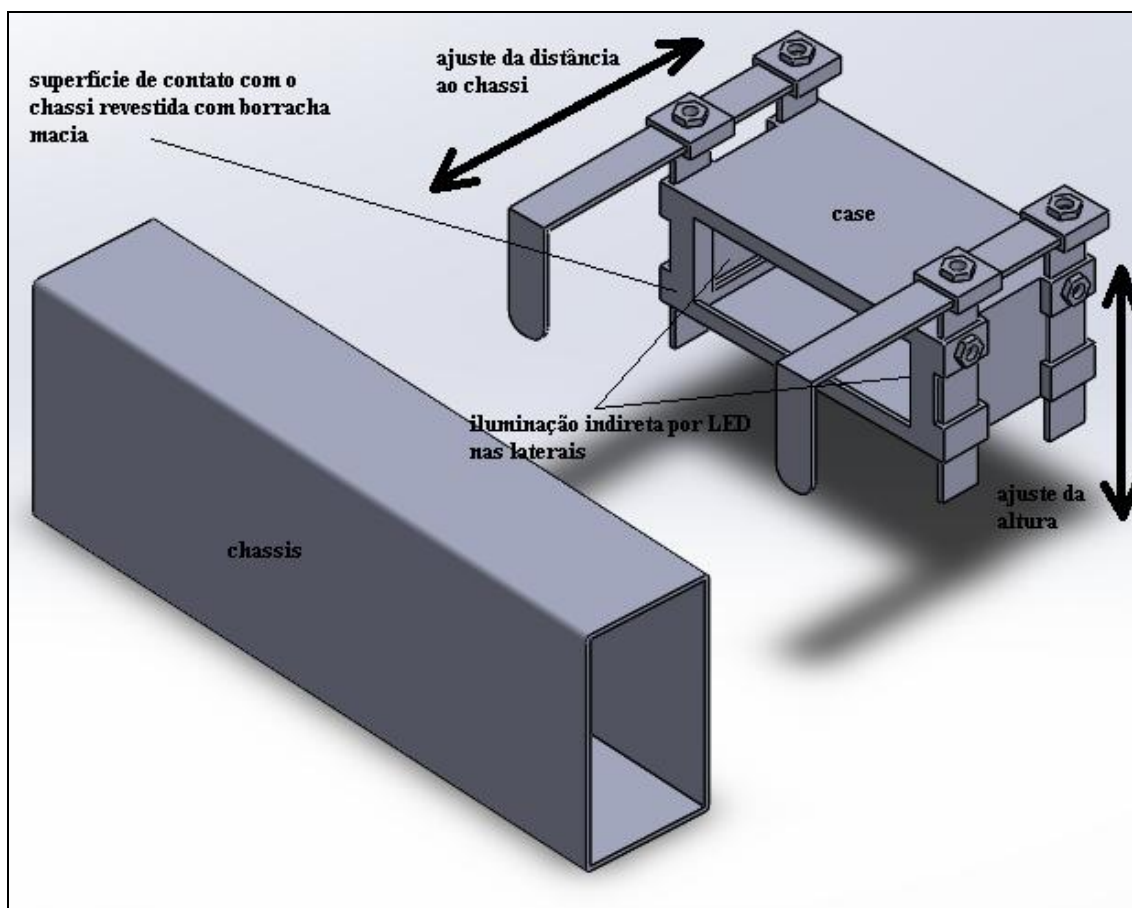


Figura 7. Dispositivo para posicionamento da webcam junto ao chassi para captura de imagem

Além disso, nas laterais internas do dispositivo proposto, será acondicionada iluminação indireta de LED de modo a diminuir interferências de luz externa. Pretende-se com isto, melhorar o processo de aquisição das imagens, na tentativa de padronizar, diminuir a variabilidade e ruído. O operador, uma vez determinada as dimensões do chassi e o posicionamento da gravação, poderá facilmente calibrar o dispositivo dada a sua geometria constitutiva e prosseguir com a verificação dos números gravados, após a calibração inicial.

5. CONCLUSÃO

A solução desenvolvida para inspeção do número de chassi se mostrou uma alternativa eficaz na validação dos dados transcritos no chassi. Para sua utilização em um processo seriado de produção, faz-se necessário a utilização do dispositivo de acondicionamento da câmera, também proposto neste trabalho. Esse dispositivo contribui para o correto posicionamento da webcam, mantendo um posicionamento padrão para a captura de imagens, evitando assim, obstrução da região de interesse ou variações do fluxo luminoso, que podem comprometer os resultados da inspeção. Esse dispositivo foi desenvolvido com capacidade de ajuste, de forma a atender a diferentes modelos de chassis. A câmera deve ser acoplada na parte posterior do dispositivo, de forma que o bloco óptico fique perfeitamente focado no código gravado ao chassi.

Neste experimento, a iluminação não foi controlada, ocasionando ruídos na captura da imagem, principalmente no grupo de imagens de maior resolução. A taxa média de acerto, considerando ambas as resoluções, ficou em 70%, sendo obtida levando em consideração a taxa de acerto de todas as imagens processadas, independente da resolução. Com a confecção do dispositivo de acoplamento proposto, as condições de iluminação interna, podem ser melhor controladas e a captura das imagens podem seguir um padrão com menor distorções, refinando o processo e melhorando a confiabilidade na inspeção do VIN.

A proposta desenvolvida, pode se estender a diversas aplicações, auxiliando em rotinas de inspeções e conferência. A sistemática apresentada é passível de customização para utilização em departamentos de trânsito ou em processo de inspeção veicular, possibilitando facilidade na identificação dos caracteres gravados no chassi de um veículo. Além disso, permite o desenvolvimento de suas funcionalidades para aplicação em dispositivos móveis, uma vez que a Emgu CV possui os recursos empregados na proposta, compatíveis com a arquitetura de dispositivos móveis.

6. REFERÊNCIAS

- Abubakar, F.M., 2014, "Implementation Of Speed Up Robust Feature For Detection And Tracking Of Inanimate Objects". School of Electronics Engineering, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin P.R China.
- Akoum, A., Daya, B., Chauvet, P., 2010, "A New Algorithm Approach for Detection and Identification of Vehicle Plate Numbers", J. Software Engineering & Applications, 3, pp. 99- 108.
- Batista, M.J.R., 2012, "Sistema de Digitalização, Detecção e Classificação Automática de Recibos em Dispositivos Móveis". Mestrado para obtenção do grau de mestre em engenharia de redes de comunicação e multimédia. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, pp 25-34.
- Bertagi, C.V., Bertagi, C.A., Bereza, M.A., Bertagi, M.V., Santos, A.S., 2012, "Código Padronizado – Chassi". Fundação de estudos sociais do Paraná, Curitiba, Brasil, pp 4-12.
- Cecere, A.V., 2010, Estudo de Medidas Para a Melhoria da Identificação Veicular no Brasil. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva), Universidade de São Paulo.
- Gonzalez, R.C. e Woods, R.E., 2002 "Digital Image Processing". Pearson Education, 2 edition.
- Kim, H. Y. 2004, "Projeto de Operadores pela Aprendizagem, Difusão Anisotrópica e Marca d'água de Autenticação". São Paulo: Universidade de São Paulo, pp 144-146.
- Pinheiro, G.M., 2007, "Variabilidades dos Defeitos do Produto e Desempenho do Inspetor". Universidade Federal de Minas Gerais – UFTM. Belo Horizonte, pp 19-39.
- Rey, C., Dugelay, J., 2002, "A Survey of Watermarking Algorithms for Image Authentication. Eurecom Institute", France.
- Zeilhofer, P., Álvares, A.L.P., Silva, G.F., Klemp, S.M., 2007, "Técnicas de reconhecimento de formas para identificação de áreas de irrigação por imagens de satélite". Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro parcial de CAPES, FEMEC/UFU, FAPEMIG, UFG/RC, FAPEG e CNPq.

8. RESPONSABILIDADE AUTORMAL

"Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho".

INSPECTION PROPOSAL USING CAMERA IN PROCESS OF VIN VALIDATION

Leandro Rodrigues da Silva Souza, leandrorodrigues.s@gmail.com¹
Rômulo M. M. Oliveira, romulomuriel@gmail.com¹
Marcelo H. Stoppa, mhstoppa@pq.cnpq.br¹
Jeison Oliveira Caldas, caldas.jeison@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Goiás, Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão-GO, 75704-020

Abstract: The inspection method used in VIN (vehicle identification number) validation, does not meet the quality requirements demanded by the market. In the case reported, the inspection is performed manually, where an operator makes a visual conferencing, subjecting the company into the risk of commercializing a vehicle with an incorrect VIN. Due to emotional factors and fatigue, the inspection can not be conducted only by a person, so this paper propose a technological tool that assists in the validation of the data transcribed into a chassis. It uses low cost components in order to provide greater effectiveness in the inspection process. Therefore, it was carried out the development of a system which, using a webcam, reads the VIN number, comparing it with the code initially released to the punching and presents the results to the operator. The system was subjected to several experimental tests and proved effective in the inspection of VIN.

Keywords: Computer Vision, Image Processing, Automated Inspection, VIN Recording