

Desenvolvimento de um protótipo para controle de entrada e saída de carros utilizando reconhecimento de imagens

Development of a prototype to control incoming and outgoing cars using image recognition

Camila Regina Nunes de Melo

Bacharela em Sistemas de Informação (UNIPAM).

E-mail: crnm_13@hotmail.com

Eduardo Henrique Silva

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: eduardohs@unipam.edu.br

Resumo: A alta movimentação de veículos e a elevada frota aumentam a dificuldade para encontrar um estacionamento. Este artigo descreve, então, o desenvolvimento de um utilitário capaz de reconhecer placas automotivas em uma imagem, integrando um sistema para controlar a entrada e saída de carros dos estacionamentos do Unipam. A ferramenta baseou-se nas técnicas de processamento digital de imagens aliadas ao algoritmo de classificação denominado *Support Vector Machines*. O objetivo é gerenciar os estacionamentos para facilitar a busca por vagas disponíveis. O método proposto para o reconhecimento da placa foi validado utilizando uma base de imagens disponibilizada via *internet*.

Palavras-chave: Processamento digital de imagens. Reconhecimento de placas automotivas. *Support Vector Machines*.

Abstract: The high traffic of vehicles and the high fleet increase the difficulty to find a parking lot. So, this article describes the development of a tool that is able to recognize license plates in an image, integrating a system to control the entry and exit of cars of the Unipam parking lots. The tool was based on digital processing image techniques combined to the classification algorithm called *Support Vector Machines*. The goal is to manage the parking lots to facilitate the search of available spots. The proposed method to recognize the license plate was validated using a base of images made available via the internet.

Keywords: Digital Image Processing. License plates recognition. *Support Vector Machines*.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais pessoas utilizam o carro como seu principal meio de transporte, seja por comodidade, pela distância dos destinos ou até mesmo para evitar algum contratempo natural, como a chuva. O elevado fluxo de veículos e a alta constante na frota da população aumentam, também, a dificuldade para encontrar vagas de estacionamento. Somente em Patos de Minas, o DENATRAN – Departamento Nacional

de Trânsito – divulgou, em dezembro de 2014, o equivalente a 93662 veículos. Destes, 43803 são carros (DENATRAN, 2014).

Nesse contexto, oferecer um estacionamento com maior proteção, segurança e vigilância é um diferencial para qualquer empreendimento. Atualmente, o Centro Universitário de Patos de Minas – Unipam – conta com cinco pátios de estacionamento, sendo um deles exclusivo para os professores. Contudo, não existe um controle efetivo de entrada e saída de veículos.

O controle de fluxo nos estacionamentos é monitorado por vigilantes que, por meio de rádios, informam uns aos outros sobre as vagas disponíveis. Porém, informações como o tempo de permanência do veículo no estacionamento ou até mesmo o responsável por determinado automóvel são desconhecidas. Além do mais, não existe um gerenciamento concreto sobre quem é realmente aluno ou professor e está habilitado ou não a ter acesso aos estacionamentos.

Sabendo da responsabilidade da guarda do veículo estacionado em suas dependências, o presente artigo descreve o desenvolvimento de um utilitário para a gestão efetiva dos estacionamentos, com a intenção de auxiliar os vigilantes em suas tarefas cotidianas, registrando a movimentação de veículos nos pátios de estacionamento através do reconhecimento de placas automotivas.

2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processamento digital de imagens, denominado PDI, consiste na manipulação progressiva de uma imagem por um computador com o propósito de extrair a informação nela presente.

Segundo Gonzalez e Woods (2010, p. 5), “[...] não existe praticamente mais nenhuma área de empreendimento técnico que não seja impactada de uma forma ou de outra pelo processamento digital de imagens”. Certamente, as atuais aplicações dessa técnica são exemplos de sua grande importância, sendo encontrada em radares, em biometria e, até mesmo, no sensoriamento remoto.

Gonzalez e Woods (2010) consideram três tipos de processos computacionais na linha de PDI, a saber:

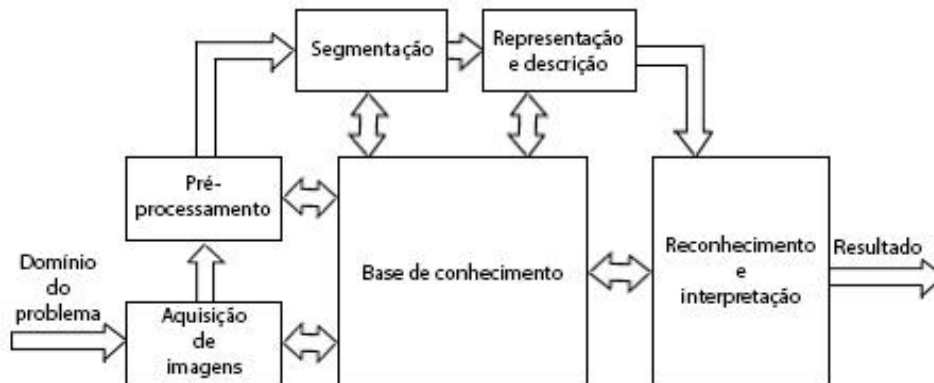
- Processamento de nível baixo: envolve operações primitivas, como a redução do ruído, o realce de contraste, o aguçamento da imagem.
- Processamento de nível médio: abrange tarefas como a divisão da imagem em áreas ou objetos, a definição desses objetos para diminuí-los a um modo adequado para o processamento e o reconhecimento de objetos individuais.
- Processamento de nível alto: compreende atribuir significado a um conjunto de objetos já reconhecidos.

Nesse sentido, a escolha do tipo de processo computacional a ser utilizado levará em consideração o objetivo do projeto. Além do mais, o mesmo projeto pode apresentar processamento de imagens em diferentes níveis, a saber sua complexidade.

2.1 ETAPAS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Assim como seu conceito apresentado na seção anterior, a técnica do processamento digital de imagens é composta por um conjunto de tarefas inter-relacionadas, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Passos fundamentais em processamento digital de imagens



Fonte: Gonzalez; Woods (2010, p. 16). Adaptado pela autora.

A aquisição de imagens é a primeira etapa do processamento digital de imagens. É onde a imagem é obtida, seja por meio de câmeras fotográficas, filmadoras ou *scanners*. Nessa etapa, podemos englobar, também, o armazenamento e a compactação da imagem para seu futuro processamento.

O pré-processamento é a etapa de maior transformação da imagem, visando melhorar seu contraste, remover seus ruídos e definir as regiões de interesse. Este é realizado utilizando técnicas de realce como filtros específicos de acordo com o problema abordado (assunto a ser tratado na seção 2.2).

O próximo passo do PDI é a segmentação, que tem o objetivo de delimitar a imagem em regiões de interesse. A segmentação autônoma, segundo Gonzalez e Woods (2010), é uma das etapas mais difíceis, porém, caso bem sucedida, aumenta as chances de sucesso na resolução de problemas que exijam que os objetos sejam individualmente identificados.

Após a segmentação da imagem, as áreas delimitadas devem ser representadas e descritas de uma forma apropriada para o seu processamento. Na representação de uma área, deve-se optar por duas escolhas: representar os aspectos externos ou os aspectos internos daquela região. Em algumas aplicações, as representações descritas coexistem.

Após representar uma área, é necessário descrevê-la, procurando extrair características de interesse para a diferenciação de objetos.

A etapa do reconhecimento abrange conferir um rótulo ao objeto com base em seus descritores. A interpretação compreende a atribuição de significado ao conjunto de objetos reconhecidos.

A base de conhecimento representa o conhecimento prévio sobre o assunto a ser tratado, como, por exemplo, o detalhamento de áreas de uma imagem na qual se sabe

que a informação de interesse pode estar presente. Além disso, a base de conhecimento é que controla e orienta a interação entre as demais etapas do PDI.

2.2 FILTROS

Filtragem é uma técnica de transformação da imagem utilizando máscaras aplicadas pixel a pixel sobre a imagem, com o objetivo de corrigir, suavizar ou realçar determinadas características, podendo ser classificadas em duas categorias:

- Técnicas de filtragem espacial: atua diretamente sobre a imagem.
- Técnicas de filtragem no domínio da frequência: a imagem é transformada para o domínio de frequência e filtrada nesse domínio. Depois, a imagem é transformada, novamente, para o domínio de espaço.

O processo de filtragem cria um novo pixel com as coordenadas iguais ao do pixel original, porém, o valor neste armazenado diferencia-se, sendo o resultado da operação de filtragem executada.

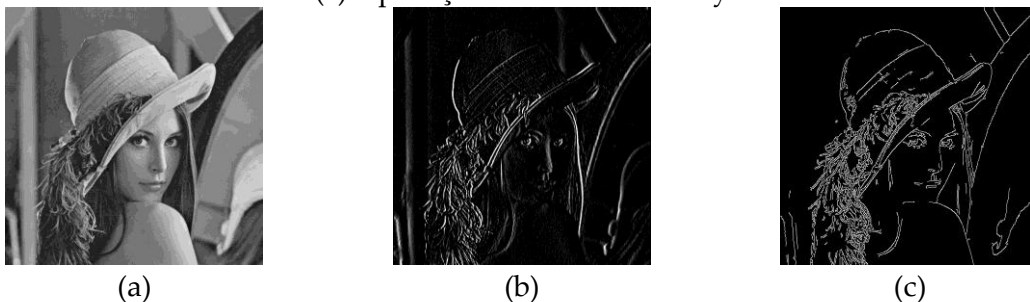
2.2.1 Filtros de Sobel e Canny

O filtro de Sobel consiste no processo de convolução¹ de uma matriz indicada para detectar as bordas horizontais. Paralelamente, passa-se, também, a matriz transposta. A imagem final é a média desses dois resultados intermédios.

Já o filtro de Canny é um filtro de convolução que suaviza o ruído e localiza bordas. Sales (2010, *apud* GONZALEZ; WOODS, 2010) afirma que a técnica de Canny é bem eficiente no processamento de objetos com ruídos ou bordas difusas.

Desse modo, tanto o operador de Sobel quanto o de Canny são considerados detectores de borda. A Figura 2(a) apresenta uma imagem, a 2(b) a saída após a aplicação do filtro de Sobel e a 2(c) o resultado da aplicação do filtro de Canny.

Figura 2 - (a) Imagem original, (b) Aplicação do filtro de Sobel, (c) Aplicação do filtro de Canny



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Segundo Gonzalez e Woods (2010, p. 468), “o fato de as máscaras de Sobel apresentarem melhor supressão de ruído (suavização) faz com que sejam preferíveis”,

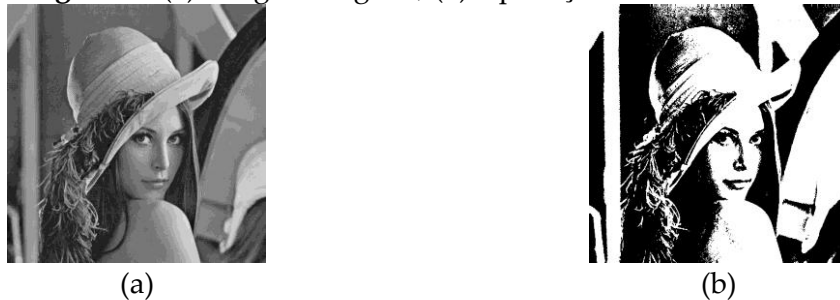
¹ Operador linear que, com base em duas funções, resulta em uma terceira que mede a região encoberta pela sobreposição das mesmas em função do deslocamento entre elas.

enquanto os resultados apresentados pelo detector de Canny, normalmente, são pós-processados para alcançar uma maior clareza.

2.2.2 Filtro de Otsu

O filtro de Otsu é uma técnica que determina um limiar ótimo e, segundo Gonzalez e Woods (2010), é uma alternativa atraente. Ainda segundo os autores, “o método é ótimo no sentido em que maximiza a variância entre classes” (p. 490). A Figura 3(a) apresenta a imagem original e a 3(b) qual sua saída após a aplicação do filtro de Otsu.

Figura 3 - (a) Imagem original, (b) Aplicação do filtro de Otsu



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

A ideia proposta nesse método é que classes com limiares bem estabelecidos devem ser distintas em relação à intensidade de seus pixels.

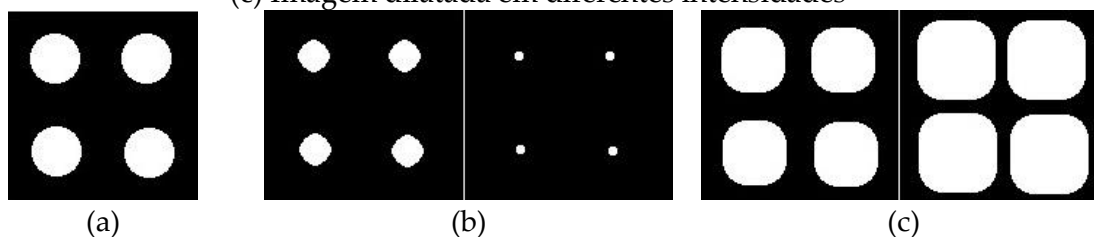
2.2.3 Erosão e Dilatação

Na erosão, os pixels que não atendem ao estabelecido pelo elemento estruturante são descartados, diminuindo, então, a área geométrica daquele objeto e, conseqüentemente, eliminando ruídos. Quinta (2009) assume que a erosão representa uma das mais básicas operações da morfologia matemática.

Já na dilatação, o processo é contrário: os pixels são ampliados, ainda de acordo com o elemento estruturante, e pode-se perceber a conexão entre buracos e objetos próximos. Conseqüentemente, a área geométrica é ampliada.

A Figura 4(a) mostra a imagem original enquanto a 4(b) apresenta o resultado da sua erosão, aplicado em diferentes intensidades; nesse caso, quanto maior o elemento estruturante aplicado, menor a área do objeto. Já a figura 4(c) exhibe a dilatação, também aplicada em diferentes intensidades; nesse caso, quanto maior o elemento estruturante, maior será a área do objeto.

Figura 4 - (a) Imagem original, (b) Imagens erodidas em diferentes intensidades, (c) Imagem dilatada em diferentes intensidades



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Enquanto a aplicação da erosão tende a eliminar ruídos, após a aplicação da dilatação, é possível observar a eliminação de vales (objetos escuros).

2.3 RECONHECIMENTO DE OBJETOS

Um objeto apresenta algumas características que podem ser comuns a outros objetos, sendo assim, o reconhecimento dos mesmos baseia-se na busca de padrões entre eles. Outro conceito muito importante relacionado ao reconhecimento de objetos é o de aprendizagem a partir de padrões.

3 APRENDIZADO DE MÁQUINA

O aprendizado de máquina pode ser descrito como toda alteração em um sistema que aperfeiçoe o seu desempenho na próxima vez em que ele executar aquela ou outra tarefa de um mesmo universo.

O aprendizado de máquina ainda é considerado responsável pelo aumento de teorias computacionais focadas na concepção do conhecimento artificial. De acordo com Conduto e Magrin (2010), softwares desenvolvidos com essa tecnologia possuem a característica de tomarem decisões com base no conhecimento acumulado previamente através da interação com o ambiente.

Conduto e Magrin (2010) citam três linhas de pesquisa sobre aprendizado de máquina, a saber:

- Aprendizagem supervisionada: nesse tipo de aprendizado, a finalidade é formular conceitos a partir de exemplos que estão rotulados com uma classe conhecida.
- Aprendizagem não supervisionada: aqui há a incerteza sobre a saída esperada, sendo assim, é preciso servir-se de métodos probabilísticos para simular uma experiência não presenciada.
- Aprendizagem por reforço: esse aprendizado é baseado em elementos de um ambiente completamente observável, onde o objetivo é descobrir sua utilidade.

A técnica de aprendizagem de máquina ainda tem um vasto campo para evolução, pois, mesmo com capacidade de processamento menor, a eficiência da mente humana ainda é imprescindível.

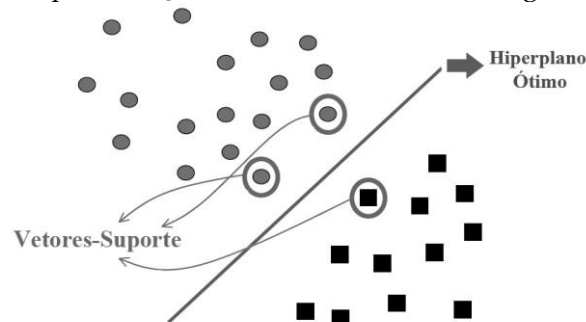
3.1 SUPPORT VECTOR MACHINES

Support Vector Machines, denominado SVM, é um algoritmo de aprendizagem supervisionada, um classificador linear não probabilístico, introduzido por Vapnik em 1992, que, segundo Semolini (2002), em poucos anos desde que foi inserido, apresenta um desempenho superior à maioria dos outros métodos em uma larga variedade de aplicações.

A técnica analisa dados objetivando reconhecer padrões, ou seja, o SVM recebe, como entrada, um conjunto de dados e, então, prediz, para cada entrada dada, a qual de duas possíveis classes aquela entrada pertence, conforme Semolini (2002, p. 4) atesta: o “SVM implementa um mapeamento não-linear dos dados de entrada para um espaço característico de alta-dimensão, em que um hiperplano ótimo é construído para separar os dados linearmente em duas classes”.

A Figura 5 apresenta a separação em pares de classes realizada pelo algoritmo, na qual as elipses representam uma classe e os quadrados, outra classe. O algoritmo, então, as divide em um hiperplano ótimo, conforme representado, e baseia-se nos vetores mais próximos a ele para classificar as amostras.

Figura 5 Representação do funcionamento do algoritmo SVM



Fonte: Semolini (2002). Adaptado pela autora.

Semolini (2002) ainda afirma que o treinamento desse algoritmo baseia-se em um problema de otimização que é interessante pela garantia da convergência para um mínimo global da superfície de erro, onde este se refere à diferença entre a resposta e a saída do SVM.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho descrito é sequencial e dividida em algumas fases, baseadas nas fases já apresentadas do PDI, a saber:

- Pré-processamento da base de dados de imagem.
- Segmentação da imagem.
- Representação e descrição.
- Reconhecimento e interpretação.

Algumas dessas fases foram executadas diversas vezes, até que o objetivo a ela proposto fosse alcançado.

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do projeto foram:

- Java: linguagem de programação utilizada para a codificação do projeto;
- Eclipse: ambiente de desenvolvimento para codificação com a linguagem Java;
- *Weka*: biblioteca com funções de aprendizado de máquina;
- *OpenCV*: biblioteca com funções de visão computacional de tempo real;
- PHP: linguagem de programação *server-side*, interpretada, utilizada para a codificação do painel gerenciador de informações.
- *Sublime Text*: ambiente de desenvolvimento para codificação utilizado com a linguagem PHP.

Primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca da técnica proposta, a fim de estudar sua aplicabilidade, viabilidade e vantagens. Constatou-se que praticamente não há mais vertentes técnicas que não sejam impactadas pelo processamento de imagens. As etapas correspondentes ao reconhecimento de imagens, descritas a seguir, aliam as funcionalidades da biblioteca *OpenCV* à linguagem Java.

A fase de aquisição de imagens relatada nas etapas do PDI foi desconsiderada nesse trabalho, visto que, para o desenvolvimento do mesmo, foi utilizada uma base de dados disponibilizada pela *internet*.

As demais etapas foram executadas na ordem apresentada a seguir:

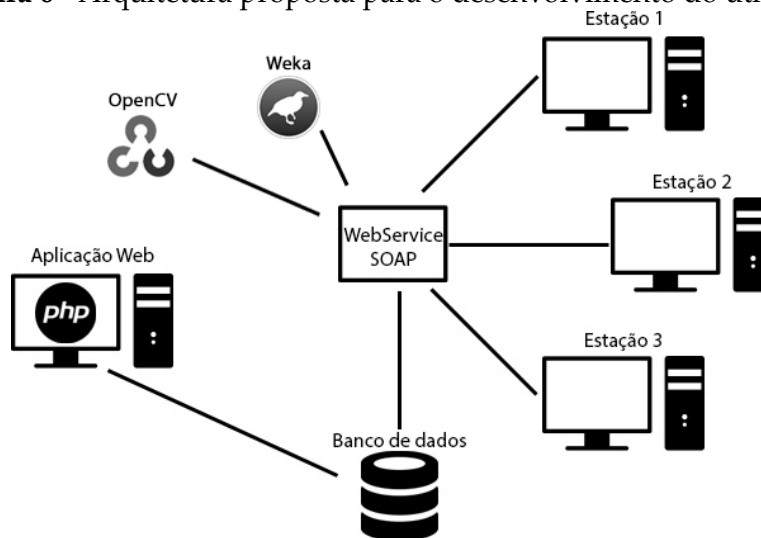
1. Pré-processamento da imagem, no qual as imagens foram tratadas para um processamento posterior. Essa etapa foi realizada utilizando técnicas de filtragem espacial.
2. A segmentação de objetos foi uma das fases executadas diversas vezes, visto que, em um primeiro momento, foi necessário extrair da imagem a placa automotiva e, posteriormente, os caracteres que a compõem.
3. Na etapa de representação e descrição, foram atribuídos rótulos a cada um dos objetos que foram extraídos da imagem na etapa anterior.
4. O último passo foi o de reconhecimento e interpretação dos objetos. Aqui, além de aplicados conceitos de processamento digital de imagens, foram inseridos, também, os conceitos de aprendizagem de máquina. Essa etapa foi responsável pela classificação dos objetos, dizendo quais são os caracteres representados.

Além disso, foi desenvolvido, também, de forma complementar, um painel gerenciador de informações sobre as movimentações registradas nos estacionamentos. Para tal, foi utilizada a linguagem de desenvolvimento PHP, por ser considerada de fácil aprendizado.

5 DESENVOLVIMENTO

Realizado o levantamento bibliográfico acerca do método proposto, foi definido que o utilitário respeitaria a arquitetura apresentada na Figura 6. Nesta, pode-se observar que o sistema é composto por uma base de dados, um *web service* e uma aplicação *web*.

Figura 6 - Arquitetura proposta para o desenvolvimento do utilitário



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Optou-se por utilizar a técnica de processamento centralizado para que toda a lógica referente à extração e classificação da placa se encontrasse em apenas um lugar, facilitando, assim, a manutenibilidade do sistema. Nesse sentido, esse serviço é disponibilizado às demais estações, presentes nos pátios dos estacionamentos, por meio de um *web service*.

A aplicação *web*, desenvolvida com a linguagem PHP, é a responsável pela extração de relatórios e consulta de dados referentes aos usuários, veículos e movimentações realizadas nos estacionamentos.

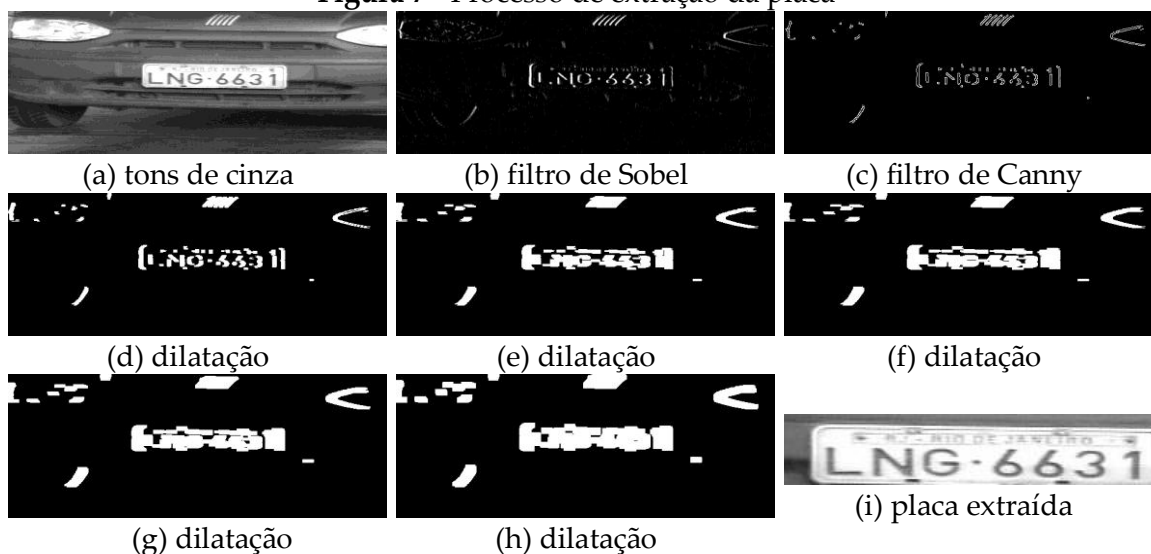
Já no que diz respeito à técnica de reconhecimento de placas automotivas a partir de uma imagem, a primeira etapa de desenvolvimento consiste em identificar regiões de interesse para o processamento, ou seja, apontar a possível região em que a placa se encontra, desprezando, assim, características que possam atrapalhar o desempenho nos demais passos do procedimento.

Para a detecção da placa, foram utilizados diversos filtros combinados, e, após a detecção dessa área, foram utilizadas, novamente, técnicas de processamento de imagens, com o objetivo de extrair os caracteres que compõem a placa. Posteriormente, tendo segmentado toda a imagem, foi utilizado o algoritmo SVM como classificador. As técnicas utilizadas nessa abordagem são descritas a seguir.

5.1 EXTRAÇÃO DA PLACA

Na abordagem apresentada nesse trabalho, para a extração da placa, foram aplicadas algumas técnicas de maneira sequencial. Esses passos podem ser observados na Figura 7, na qual o último passo, 7(i), apresenta a placa extraída.

Figura 7 - Processo de extração da placa



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Na Figura 7, estão representados: 7(a) conversão da imagem para tons de cinza, de maneira que a imagem possua apenas dois níveis de intensidade, reduzindo sua complexidade; 7(b) suavização e redução de ruídos, utilizando o algoritmo de Sobel; 7(c) detecção das bordas dos objetos, empregando o algoritmo de Canny e, por fim, em 7(d, e, f, g, h), a aplicação da dilatação diversas vezes, visando aumentar a área geométrica do objeto.

5.2 EXTRAÇÃO DOS CARACTERES

Para extrair os caracteres da placa, inicialmente, foi aplicado o (a) filtro de Otsu para separar o objeto do fundo, realçando a diferença entre a intensidade dos pixels e, posteriormente, o método de (b) erosão, tendo em vista eliminar pequenos ruídos. A Figura 8 representa o processo inicial de extração dos caracteres, onde a entrada para processamento é a placa, extraída anteriormente.

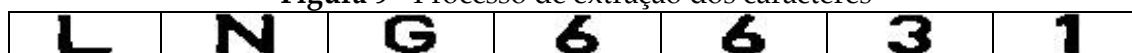
Figura 8 - Processo de extração dos caracteres



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Já a Figura 9, a seguir, mostra os caracteres que compõem a placa, extraídos após passarem pelo processo ilustrado na Figura 8.

Figura 9 - Processo de extração dos caracteres



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Com os caracteres já extraídos, conforme apresentados na Figura 9, é possível que os mesmos sejam classificados. As técnicas utilizadas para a classificação são explicadas a seguir.

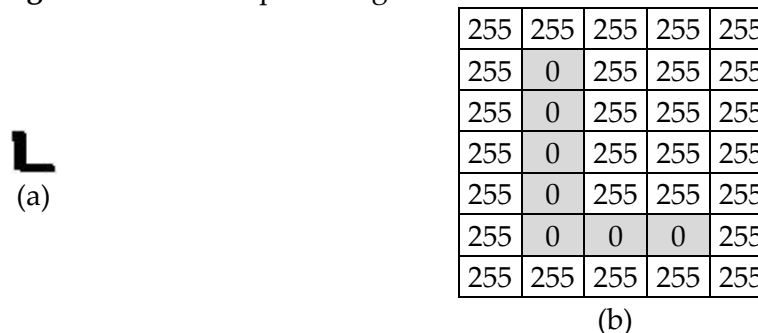
5.3 CLASSIFICAÇÃO DAS PLACAS

Para validar o método de reconhecimento de placas proposto nesse artigo, foi utilizada a Base de Imagens de Veículos Brasileiros, disponibilizada pelo LPDSI (Laboratório de Processamento de Sinais e Imagens). A base é composta por 100 imagens com largura igual a 640 e altura igual a 240 pixels, em formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*). Dessas placas, apenas 60 foram consideradas completas para o processamento.

A base de treinamento para o algoritmo classificatório foi gerada a partir dessa mesma base de imagens. O algoritmo de classificação foi escolhido após a realização do método de validação cruzada, onde a base de amostras é dividida em 10 e, dessas, 9 são treinadas e 1 é testada com base no treinamento anterior. Esse processo é feito por 10 vezes consecutivas, até que todos os grupos de amostra sejam testados. Com base nisso, o algoritmo escolhido foi o SVM, que apresentou 91,04% de acerto.

A Figura 10 apresenta, em 10(a), a entrada do algoritmo classificatório representado em imagem e, em 10(b), a matriz que representa essa mesma imagem, sendo 255 o valor do pixel de cor branca e 0 o valor da cor preta.

Figura 10 - Entrada para o algoritmo classificatório



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Depois de extraídos os sete caracteres que compõem a placa, foi realizada a classificação dos mesmos utilizando o algoritmo SVM, que atribui rótulos aos objetos após a aprendizagem por exemplos.

Para implementar o algoritmo de classificação proposto, foi necessário implantar, também, o padrão de projeto *Singleton*, que assegura a existência de apenas uma instância de uma classe, ou seja, mantém um ponto global de acesso ao objeto, já que a construção e o treinamento do algoritmo SVM, nesse caso, pode ter um custo de processamento relevante.

Observou-se que caracteres que continham poucos exemplares na base de dados para treinamento atingiram uma pequena taxa de acerto, como a letra Q, que possuía 6 amostras, quando comparada às letras C, com 12 amostras, e O, com 13 amostras.

6 RESULTADOS

No que se refere ao processamento, o algoritmo atingiu 51,6% de exatidão, conseguindo extrair 31 placas das 60 disponibilizadas. Já quanto ao método classificatório, o algoritmo totalizou 74,1% de acerto, tendo classificado corretamente 23 das 31 placas que haviam sido extraídas anteriormente. De modo geral, o algoritmo atingiu 38,3% de precisão no processo de identificação e classificação das placas, tendo acertado 23 de um total de 60 placas, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Percentual de precisão da metodologia proposta

Processo	Quantidade de amostras	Quantidade de acertos	Percentual de precisão
Processamento e extração da placa	60	31	51,6%
Classificação dos caracteres	31	23	74,1%
Método em geral	60	23	38,3%

Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Quando comparado à metodologia proposta por Carvalho (2006) e reforçada, com melhorias, por Ikeizumi *et al.* (2014), percebe-se que o algoritmo proposto nesse artigo possui uma taxa de acerto baixa. Enquanto Carvalho (2006) aponta uma taxa de 73,23% de acerto, Ikeizumi *et al.* (2014) apresentam 92,85% de precisão, embora utilizem abordagens diferentes tanto para o processamento quanto para a classificação.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema para controlar as movimentações realizadas em estacionamentos, utilizando reconhecimento automático de placas de veículos baseado no processamento de imagens, extraíndo e classificando áreas de interesse. Para validar a metodologia proposta, foi utilizada a base de dados disponibilizada pelo LPDSI. Foram aplicadas técnicas de pré-processamento de imagem para eliminação de ruídos, realce do contraste e aguçamento da imagem para processamento posterior.

Foi desenvolvido, também, um painel administrativo, possibilitando a busca por informações a respeito dos usuários, veículos ou movimentações realizadas nos estacionamentos, além de disponibilizar a informação de vagas disponíveis.

Analisando os resultados alcançados, notou-se que a metodologia proposta para o processamento e a extração da placa não é eficiente. Por outro lado, observou-se também que o método classificatório atingiu um nível aceitável de precisão.

Pretende-se, então, como trabalho futuro, aprimorar o pré-processamento da imagem, visando, assim, aperfeiçoar o percentual obtido como resultado e aumentar a quantidade de amostras da base de treinamento. Pretende-se, também, implementar um cadastro de incidentes, possibilitando aos vigilantes apontar e acompanhar as ocorrências, os seus responsáveis e os veículos envolvidos verificados no interior da instituição.

REFERÊNCIAS

- BASE de Imagens de veículos brasileiros*. Laboratório de Processamento de Sinais e Imagens. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/cat/pdsi/lpr/lpr.html>>. Acesso em: 23 fev. 2015.
- CARVALHO, Jonh E. R. *Uma Abordagem de Segmentação de Placas de Automóveis Baseada em Morfologia Matemática*. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.
- CONDUTA, Bruno C.; MAGRIN, Diego H. *Aprendizagem de máquina*. Universidade Federal de Campinas, Limeira, 2010.
- DENATRAN. *Frota de veículos*. 2014. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard C. *Processamento digital de imagens*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- IKEIZUMI, Rafael S. *et al. An Effective Sequence of Operations for License Plates Recognition*. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- QUINTA, Lia N. B. *Desenvolvimento de um Sistema de Visão Computacional para o Controle Microbiano em Processos de Produção de Etanol*. Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2009.
- SEMOLINI, Robinson. *Support Vector Machines, Inferência Transdutiva e o Problema de Classificação*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.