

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

ALEXANDRE LUÍS DAMBROS

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE PLACAS DE VEÍCULOS
AUTOMOTORES

Novo Hamburgo, novembro de 2007.

ALEXANDRE LUÍS DAMBROS

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE PLACAS DE VEÍCULOS
AUTOMOTORES

Centro Universitário Feevale
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Ciência da Computação
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Marta Rosecler Bez

Novo Hamburgo, novembro de 2007.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão, em especial:

A minha família e namorada que me deram todo o apoio necessário e souberam compreender a minha ausência nesses meses de estudo. Não poderia esquecer também da Professora Marta, que me orientou, por ter acreditado no tema escolhido e por mostrar muitas vezes o caminho por onde deveria seguir, dando sua contribuição para a realização desse trabalho de conclusão.

RESUMO

Mesmo que um ser humano consiga identificar a placa de um veículo automotor eficientemente, ele não consegue fazer isso quando possui um grande volume de informação em um curto espaço de tempo. Sem falar nos erros que podem ocorrer com o excesso de trabalho. Com o constante crescimento da frota de veículos em todo o país, cria-se a necessidade da busca de soluções mais apropriadas ao assunto, como a utilização de sistemas de reconhecimento de placas de veículos automotores, agilizando o fluxo dos automóveis, evitando engarrafamentos. A área a ser estudada trata sobre processamento de imagens digitais. O presente projeto visa o estudo dos passos necessários para o desenvolvimento de um sistema de reconhecimento, que tem como objetivo identificar as letras e números da placa de um veículo automotor. Para tanto, serão estudadas técnicas de segmentação, detecção de bordas e reconhecimento de padrões. É propósito do trabalho, também, efetuar testes com imagens, apresentando os resultados, e, a partir destes, propor um protótipo de software para essa aplicação.

Palavras-chave: Processamento de Imagens. Reconhecimento de Placas.

ABSTRACT

Even if a person could do efficiently motor vehicle plate recognition; it will be hard to recognize when there is too much information in a short period of time. Without mentioning when errors appear because of this hard work. With a constant incensement of vehicles in the country, there is a necessity of new and appropriate solutions for this matter, like motor vehicle plate recognition systems. These systems can increase traffic flow and prevent traffic jam. The matter for studying is about digital image processing. This project treats about necessary steps to develop a recognition system; its objective is identifying automotive vehicles plate's letters. For doing this will be study segmentation techniques, edge detection and default recognition. Propose of this paper is image recognition tests presenting the results; acknowledge the results to propose prototype software for this matter.

Key words: Image Processing. Recognition of Plates.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Modelo de Placa conforme CONTRAN _____	14
Figura 2.2 – Caracteres na fonte Mandatory _____	15
Figura 2.3 – Diagrama com os Módulos necessários do Estudo Proposto _____	15
Figura 3.1 - Imagem sendo Capturada _____	20
Figura 3.2 – Imagem Monocromática obtida em um Ambiente Externo _____	21
Figura 3.3 – Imagem original em ambiente externo _____	22
Figura 3.4 – Imagem em ambiente externo com ruído _____	22
Figura 3.5 – Histograma da Figura 3.3 _____	23
Figura 3.6 – Imagem com Equalização do Histograma _____	23
Figura 3.7 – Histograma da Imagem vista na Figura 3.6 _____	24
Figura 3.8 – Imagem Equalizada e com contraste _____	24
Figura 3.9 – Histograma da Figura 3.8 _____	25
Figura 3.10 – Suavização pela Média, utilizando uma máscara 3x3. (a) Imagem Original; (b) Imagem Filtrada; (c) Máscara 3x3 _____	26
Figura 3.11 – Filtro aplicado por Mediana. (a) Imagem Original; (b) Imagem corrompida por um ruído aleatório; (c) Imagem com Filtro por Mediana com Máscara 3x3; (d) Imagem com Filtro por Mediana com Máscara 5x5 _____	26
Figura 3.12 – Placa do Veículo Localizada _____	27
Figura 3.13 – Técnica Prewitt – Detecção de bordas _____	29
Figura 3.14 – (a) Placa do Veículo Enquadrada; (b) Placa do Veículo Enquadrada com Detector de Bordas Prewitt _____	30
Figura 3.15 – Imagem Binária da Placa Veicular _____	30
Figura 3.16 – Caracteres Enquadrados _____	31
Figura 3.17 – Caracteres Separados formando sete novas imagens _____	31
Figura 3.18 – Semelhanças da Tipografia de Caracteres Diferentes _____	31

Figura 3.19 – Placa com Tipografia do mesmo caracter diferente. (a) Placa que contém o carecter “6” com características bem arredondadas; (b) Placa que contém o caracter “6” bem diferente da placa anterior dessa imagem	32
Figura 4.1 – Versão de Demonstração do Software SeeCar	35
Figura 4.2 – Técnicas de Detecção de bordas. (a) Canny; (b) Roberts; (c) Sobel; (d) Prewitt	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
mm	Milímetros
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Motivação	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Organização deste trabalho	12
2 SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS EM VEÍCULOS AUTOMOTORES	13
2.1 Regulamentação das Placas	13
2.2 Funcionamento	15
2.3 Utilização	16
2.4 Sistemas Desenvolvidos	17
2.4.1 Sistemas Acadêmicos	18
2.4.2 Sistemas Comerciais	18
3 ETAPAS DE UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS EM VEÍCULOS AUTOMOTORES	20
3.1 Captura da Imagem	20
3.2 Pré-processamento	21
3.2.1 Equalização de Histograma	22
3.2.2 Suavização da Imagem	25
3.3 Localização da Placa	27
3.3.1 Segmentação da Imagem	28
3.3.2 Detecção de Bordas	29
3.4 Enquadramento da Placa	29
3.5 Separação dos Caracteres	30
3.6 Reconhecimento dos Caracteres	31
4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	33
4.1 Especificações Gerais	33
4.2 Captura da Imagem	33
4.2.1 Captura em Estacionamentos	34
4.2.2 Captura nas Ruas	34
4.3 Pré-processamento	35
4.4 Localização da Placa	35
4.5 Enquadramento da Placa	36
4.6 Separação dos Caracteres	37
4.7 Reconhecimento dos Caracteres	37
CONCLUSÃO	38

1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo tem a finalidade de apresentar a motivação do estudo a ser realizado, assim como seus objetivos e a forma em que está organizada essa monografia.

1.1 Motivação

Os centros urbanos do Brasil estão sofrendo cada vez mais com graves problemas no trânsito, como congestionamentos, fiscalizações e demora nos trajetos a serem percorridos, decorrentes principalmente do grande crescimento da frota de veículos automotores. Hoje em dia existe uma necessidade da engenharia de tráfego em obter informações de maneira rápida, segura e confiável na questão do reconhecimento de placas destes veículos. Através delas, pode-se aumentar a eficiência do controle e monitoramento, localização de carros roubados, aplicação de multas, controle de estacionamentos, cobrança de pedágios, acessos restritos, dentre outros.

Conforme Dias (2005), um ser humano demora cerca de um segundo para comparar o código do veículo com cada registro de uma lista, porém, com o avanço da computação, essas listas passaram a ser armazenadas em bancos de dados. Logo, um usuário treinado demora cerca de cinco segundos para identificar o código do veículo e digitá-lo no sistema.

Com o aumento da frota veicular nas ruas do país, necessita-se de um tempo de resposta de um sistema bem inferior a cinco segundos, o que não é possível por intermédio de um ser humano, motivando muitas pesquisas e desenvolvimento de sistemas de identificação automática de veículos.

Aparentemente esse trabalho de reconhecimento de placas pode parecer de fácil solução e implementação, até porque a placa possui caracteres bem definidos. Porém, existem diversos fatores que prejudicam os sistemas com esse propósito, sendo que a cada dia empresas que já desenvolveram esse tipo de sistema, procuram implementar novos algoritmos

capazes de resolvê-los. Podem ser destacados alguns problemas, como: tamanho da placa e dos caracteres sem padrão, letras e números apagados ou sujos, dificultando toda a leitura da imagem, pintura reflexiva que alguns condutores utilizam (mesmo sendo proibido por lei), além de toda a questão meteorológica como iluminação precária ou chuva.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho é estudar as técnicas de processamento de imagens, que aplicadas, permitirão identificar as letras e os números contidos em uma placa de veículo automotor, sem intervenção de qualquer tipo por um ser humano. As imagens serão obtidas digitalmente em estacionamentos públicos e/ou privados.

Faz parte do objetivo, também, aplicar as técnicas mostrando os resultados de cada etapa necessária para sistemas de reconhecimento de placas. Além disso, será proposto um protótipo com algumas delas.

1.3 Organização deste trabalho

No segundo capítulo é demonstrado como os sistemas de identificação de placas em veículos automotores funcionam, onde podem ser utilizados e para quais situações, assim como exemplos de sistemas já desenvolvidos comercialmente e academicamente.

No terceiro capítulo são descritas as etapas necessárias em um sistema de reconhecimento de placas de veículos automotores, as quais são exploradas e estudadas individualmente, iniciando-se pela captura da imagem. Após a captura, são apresentados os processos de pré-processamento da imagem e localização da região promissora da placa. Logo em seguida, explica-se como é realizado o enquadramento da placa e a separação das letras e números, finalizando com o módulo de reconhecimento dos caracteres.

No quarto capítulo são destacados os métodos escolhidos para cada etapa do protótipo a ser desenvolvido no TCII.

Para finalizar o TCI, apresenta-se às considerações finais de todo o estudo realizado até o final da disciplina Trabalho de Conclusão I e as intenções para continuação do mesmo na disciplina de Trabalho de Conclusão II.

2 SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS EM VEÍCULOS AUTOMOTORES

2.1 Regulamentação das Placas

Conforme Dias (2005), todos os países possuem uma legislação para padronizar a placa de licenciamento veicular. No Brasil, por exemplo, o órgão competente para essa tarefa é o CONTRAN (2007) que efetua a coordenação do Sistema Nacional de Trânsito. De acordo com a resolução número 45 de 1998 e de forma resumida, segue as principais características contidas em uma placa:

- O veículo deverá ser identificado por placas dianteira e traseira;
- Deve conter na placa dois conjuntos de caracteres, sendo que o primeiro é composto por três letras e o segundo conjunto por quatro números;
- As placas deverão conter, gravados em tarjetas, a sigla identificadora da Unidade de Federação e o nome do município onde o veículo foi registrado;
- O tamanho da placa de veículos particulares, de aluguel, oficial, de experiência, de aprendizagem e fabricante devem ter as seguintes dimensões: altura = 130 mm e comprimento = 400 mm. Os caracteres têm 63 mm de altura e 10 mm de espessura do traço, porém, são toleradas variações de até 10% nas dimensões das placas e caracteres alfanuméricos das mesmas;
- A placa tem que ser retangular com fundo uniforme;
- Os caracteres alfanuméricos são em alto relevo.

Essas características são fundamentais para o desenvolvimento de um sistema com a finalidade de identificação de placas de veículos automotores.

Cabe destacar que o CONTRAN já tem uma nova resolução sobre as placas de veículos automotores, número 231, de março de 2007, onde acontecem várias modificações no padrão de placa. Esta deveria entrar em vigor a partir do dia primeiro de agosto de 2007, porém foi alterada pela resolução número 241 de junho de 2007, que estabelece essas mudanças para à partir do dia primeiro de janeiro de 2008. Todos os carros zero quilômetro e os que forem trocadas as placas, ou seja, emplacados em outra cidade, deverão se enquadrar nas novas características das mesmas. As diferenças pertinentes ao estudo proposto entre a resolução que está vigorando no Brasil até o presente momento e a nova são:

- As dimensões da placa e dos caracteres são os mesmos da resolução número 45/98, porém não são mais tolerados os 10% de variação no tamanho da placa ou dos caracteres alfanuméricos. Pode ser observado o modelo aprovado na Figura 2.1;
- A tipologia dos caracteres das placas e das tarjetas deverá seguir o modelo exposto na Figura 2.2, mais especificamente na fonte Mandatory.



Figura 2.1 – Modelo de Placa conforme CONTRAN
Fonte: CONTRAN (2007)

I234567890
ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ

Figura 2.2 – Caracteres na fonte Mandatory
Fonte: CONTRAN (2007)

Essas mudanças irão beneficiar muito os sistemas de reconhecimento de placas, principalmente por ter um tamanho definido e caracteres com fonte capazes de serem identificados bem mais fáceis do que outros em fontes que as características de determinadas letras se aproximam muito, como é o caso da letra O e a letra D.

2.2 Funcionamento

Existem muitas maneiras de como esses sistemas funcionam e isso depende basicamente de cada desenvolvedor/pesquisador, que deverá escolher as formas e técnicas mais apropriadas para chegar ao resultado, neste caso, o reconhecimento das letras e números contidos na placa de veículos automotores. Nesse capítulo será abordado, de forma sucinta, os módulos necessários de acordo com o estudo já realizado e com o que será aplicado em testes, como pode ser visto na Figura 2.3. Mais adiante será estudado cada etapa detalhadamente.



Figura 2.3 – Diagrama com os Módulos necessários do Estudo Proposto

O primeiro passo no processo é a aquisição da imagem – isto é, adquirir uma imagem digital (GONZALEZ E WOODS, 2000). Realizado isso, necessita-se pré-processar a imagem para melhorá-la através de técnicas de realce de contraste e eliminação de ruídos.

Uma vez trabalhada a imagem, é necessário localizar as regiões candidatas a placa para ir realizando os testes necessários até o isolamento da parte que a contém, retirando do restante da imagem, para a partir daí, só trabalhar em um pequeno pedaço de imagem. Se o sistema não conseguir localizar a placa, todas as demais etapas de nada servirão.

O próximo estágio é do enquadramento da placa. Isso é necessário porque as imagens normalmente são obtidas em ângulos que dificultam o reconhecimento dos caracteres, ocorrendo uma distorção, devido a câmera não ficar posicionada de modo ortogonal à placa. Em função disso, a imagem adquirida na etapa anterior contém, além da placa, partes do veículo. Com a correção da distorção, através das quatro arestas da placa, consegue-se obter uma imagem contendo somente a placa.

Após essa correção, é necessário separar da imagem, sete novas imagens com cada letra e número da placa para, posteriormente, ser trabalhada a etapa do reconhecimento de cada caracter ASCII encontrado.

Para finalizar, junta-se o resultado da segmentação de cada caracter para obter-se o conteúdo da placa, ou seja, sua identificação, para que um sistema posteriormente consiga trabalhar com essa informação em busca dos objetivos por ele definidos.

2.3 Utilização

Uma vez desenvolvida toda a tecnologia necessária para a utilização do reconhecimento de placas de veículos automotores, a destinação do produto ou aplicação do mesmo pode se dar para inúmeros fins, como:

- **Estacionamentos:** alguns estacionamentos, principalmente aqueles que cobram tarifa, necessitam saber quando o veículo entrou e quando saiu, o tempo que ficou lá dentro, entre outras, para que seja depois emitido um relatório ou realizada a cobrança de um determinado período;

- **Controle de Acesso a Áreas Restritas:** muitas empresas possuem hoje em dia controle de acesso a determinadas áreas e só aceitam a passagem de veículos se o mesmo já estiver previamente cadastrado e autorizado, porém só é realizado por intermédio de guardas na maioria dos casos;
- **Pedágios:** pode controlar quem tem permissão para passar ou então barrar, sem perda de tempo de um usuário ficar procurando no sistema se está liberado ou não;
- **Identificação de Carros Roubados:** quando um carro é roubado, sua placa vai parar em um banco de dados da polícia. Neste caso, poderiam ser instalados sistemas em qualquer ponto do país para monitorar o trânsito na busca por carros roubados e sempre que encontrados, a polícia mais próxima receber a informação para tomar as devidas providências;
- **Fiscalização:** saber, de forma ágil, se tem algum carro com infração, multa ou pendência;
- **Monitoração de Tráfego:** os responsáveis pela engenharia do tráfego podem saber qual a velocidade média de um veículo em determinado trecho da estrada, bem como, acompanhar a trajetória e até localização se, por ventura, tiver algum problema e não conseguir entrar em contato com o socorro.

2.4 Sistemas Desenvolvidos

Hoje em dia diversos centros acadêmicos e universidades do país estão procurando transformar em produto seus conhecimentos e a tecnologia desenvolvida sobre processamento digital e técnicas utilizadas para sistemas de reconhecimento de placas, assim como empresas que já descobriram uma área pouco explorada e com potencial para expansão dos seus negócios.

Esses sistemas podem ser divididos em acadêmicos, sendo alguns com apoio de empresas externas e outros simplesmente por empresas não vinculadas a nenhum grupo de estudo. Serão citados alguns produtos disponíveis no mercado.

2.4.1 Sistemas Acadêmicos

De acordo com RODRIGUES (2003), existe um sistema chamado SIAV que foi desenvolvido pela empresa Automatiza com cooperação da UFRGS. Esse sistema pode ser aplicado em controle de estacionamentos, verificação de carros roubados e em segurança.

Outro sistema criado em universidade e que está sendo desenvolvido no momento para virar um produto é o KAPTA (KAPTA, 2007). Esse é realizado no âmbito do Laboratório de Inteligência Computacional da UFRJ. O sistema localiza, extrai e reconhece automaticamente os caracteres e dígitos da placa de um veículo. Segundo informações dos criadores, o sistema tem um índice de acerto aproximado de 95% e pode ser utilizado para diversas áreas.

Na UNICAMP, em São Paulo, o Dr. Roberto de Alencar Lotufo e o aluno de mestrado Eng. Fábio Gaiotto Dias iniciaram um projeto com objetivo de elaborar uma dissertação de mestrado (DIAS, 2005) baseado no desenvolvimento de um sistema para reconhecimento de placas de veículos automotores. Porém, perceberam, no decorrer do projeto, o potencial comercial que teria um produto com essa finalidade e acabaram patenteando a principal etapa do processo, que segundo eles é chamada de "Método de Localização de Cadeias Alfanuméricas Tipográficas em Superfícies de Fundo Uniforme para um Sistema de Reconhecimento Baseado em Imagem". Foi então colocado o nome no projeto de LooKar (LOOKAR, 2007). De acordo com os autores, foi feito um protótipo que utiliza técnicas de processamento de imagens digitais e de inteligência artificial e sua plataforma de desenvolvimento foi o MATLAB. Conforme os autores, foi iniciada uma versão comercial, chamada LooKar, desenvolvido em Python e as duas versões passaram por testes em 1200 imagens que eles selecionaram e os resultados mostram que na versão inicial do projeto o acerto da placa ficou em 69%, enquanto que já nessa versão comercial, atingiram 87,3%.

2.4.2 Sistemas Comerciais

Um dos sistemas mais conhecidos no mundo é o SeeCar (SEECAR, 2007) desenvolvido pela empresa Hi-Tech Solutions de Israel e que é utilizado em vários países como Estados Unidos, Portugal, Colômbia, África do Sul, dentre outros. Esse sistema pode ser empregado para controle de estacionamentos, monitoração de tráfego e para segurança.

A PONFAC/SA (PONFAC, 2007), localizada no pólo de Informática de São Leopoldo, possui um sistema de leitura de placas, que é utilizada para controle de acesso em estacionamentos, pedágios, condomínios e áreas de acesso restrito, permitindo ainda o controle de tráfego em rodovias. De acordo com a empresa, o sistema foi desenvolvido em C++, com utilização de redes neurais e o tempo de reconhecimento é de apenas dois segundos.

A empresa TECNIMA Imagem & Automação Ltda (TECNIMA, 2007) possui dois produtos que são baseados em reconhecimento de placas através de leitura automatizada. Um deles se chama EVA Leitor de Placas e é utilizado para controle de acesso de veículos em condomínios e estacionamentos e o outro é o EVA Trânsito que identifica em tempo real a placa de veículos em movimento para compará-la com banco de dados de veículos irregulares. A TECNIMA ainda oferece a possibilidade de uma DLL para outras empresas criarem suas próprias aplicações, integrando a tecnologia nos seus próprios produtos.

A Compuetra Ltda (COMPULETRA, 2007) possui um sistema de identificação de veículos em movimento com finalidade de auxiliar a fiscalização de veículos automotores em tempo real. No caso de ser constatado uma irregularidade do veículo após pesquisa em banco de dados da fiscalização, essa feita através da placa, o sistema avisa o agente de fiscalização de forma visual e sonora.

Nenhum dos sistemas comerciais apresenta em seu material um índice aproximado de acertos.

3 ETAPAS DE UM SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE PLACAS EM VEÍCULOS AUTOMOTORES

3.1 Captura da Imagem

Essa é a primeira etapa necessária em um sistema de identificação de placas em veículos automotores. Cabe dizer que as imagens obtidas para esse tipo de sistema são capturadas normalmente em ambientes externos, praticamente excluindo a possibilidade de se conseguir controlar alguns fatores que podem prejudicar no reconhecimento, como luminância, chuva, reflexos, dentre outros. Sem falar que um ambiente dificilmente será igual ao outro, pois foi visto que um sistema com a finalidade de efetuar a identificação de uma placa pode ser usado em diversos locais e áreas. Assim, um sistema não pode ser baseado em apenas um ambiente.

Essa peculiaridade é um fator de suma importância, bem como o tamanho do carro e da placa e a posição em que foi obtida a imagem. Tudo isso deve ser levado em consideração e, por esse motivo, a captura da imagem é sempre realizada não só da placa e sim do veículo também, bem como, na maioria dos casos, do ambiente ao seu redor.

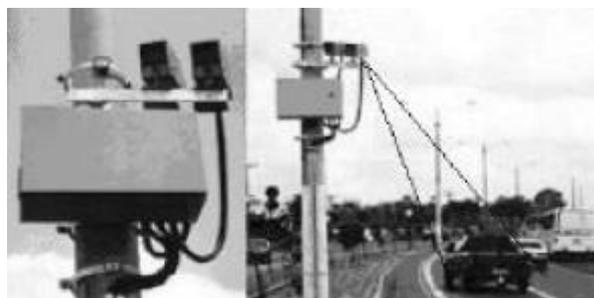


Figura 3.1 - Imagem sendo Capturada
Fonte: GUINGO, RODRIGUES, THOME (2002)

Na Figura 3.1 observa-se a captura de uma imagem sendo realizada em uma rodovia. As imagens podem ser obtidas de várias maneiras, como: câmera filmadora através de vídeo,

por fotografias digitais ou ainda fotografias analógicas. A Figura 3.2 mostra uma imagem monocromática obtida em um ambiente externo.

Se uma imagem não for obtida com boa qualidade, o sistema de reconhecimento poderá ter seu desempenho prejudicado. A captura da imagem tem como objetivo transformá-la em um padrão digital. A imagem digital pode ser considerada como uma matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem, e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto (GONZALEZ E WOODS, 2000).



Figura 3.2 – Imagem Monocromática obtida em um Ambiente Externo
Fonte: SEECAR (2007)

3.2 Pré-processamento

O trabalho será desenvolvido partindo do princípio que as imagens adquiridas já serão todas em níveis de cinza e não coloridas. Isso se deve a demora da conversão de imagens coloridas para monocromáticas. Como existe a necessidade de um sistema rápido, essa etapa da transformação levaria tempo para os computadores processarem, acarretando atrasos nos demais processos para identificação da placa e em locais com grande fluxo de veículos ficaria inviável.

A Figura 3.3 apresenta uma imagem em um ambiente externo e que servirá como base para os primeiros testes realizados que serão explicados nesse capítulo.



Figura 3.3 – Imagem original em ambiente externo

Nessa etapa são aplicadas técnicas que visam melhorar a qualidade e utilidade da imagem capturada. Essas melhorias são realizadas através de técnicas para eliminação de ruídos, além de alterações de brilho e contraste. A intenção é realçar a imagem e eliminar detalhes não desejados. A função chave no pré-processamento é melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes (GONZALEZ E WOODS, 2000). Na Figura 3.4, pode-se observar a mesma imagem da Figura 3.3, contendo ruídos que devem ser suavizados.



Figura 3.4 – Imagem em ambiente externo com ruído

3.2.1 Equalização de Histograma

O histograma possibilita equilibrar a curva de níveis de cinza realçando o contraste da imagem (RODRIGUES, 2003). O histograma permite fazer uma leitura da imagem, pois

para cada nível de cinza, consegue fornecer o número de pixels correspondentes na imagem. Um pixel é cada um dos pontos que forma uma imagem digital, sendo caracterizado por sua posição na imagem e pelo seu valor (DAVIS, 1992). A Figura 3.5 apresenta o Histograma da Figura 3.3, enquanto que a Figura 3.6 apresenta uma imagem com o histograma equalizado e na Figura 3.7, a representação desse histograma.

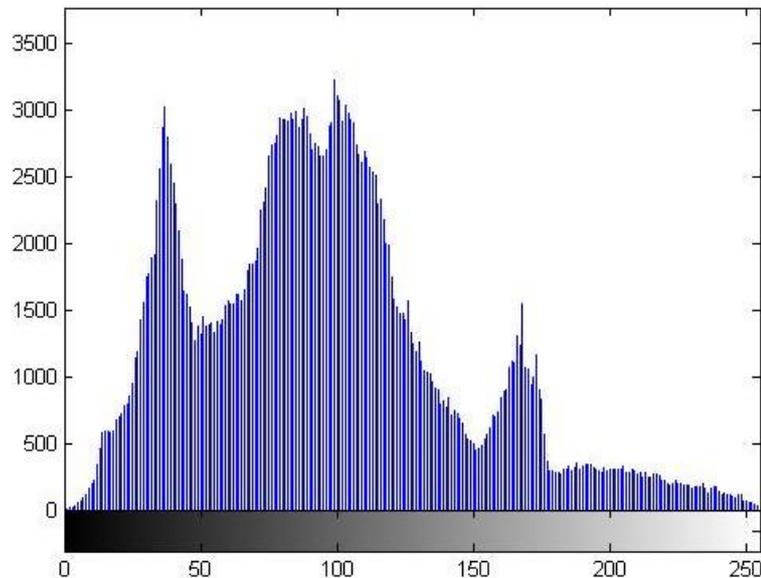


Figura 3.5 – Histograma da Figura 3.3



Figura 3.6 – Imagem com Equalização do Histograma

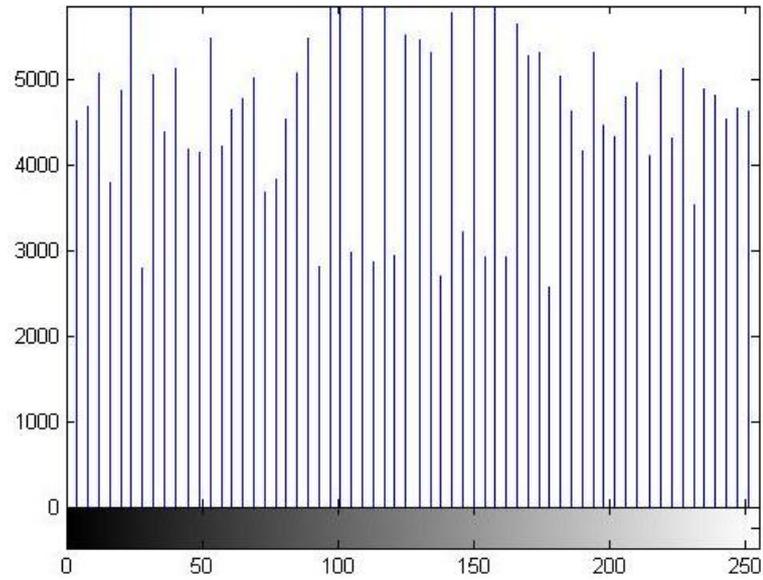


Figura 3.7 – Histograma da Imagem vista na Figura 3.6

A Figura 3.8 apresenta uma imagem onde o seu histograma foi equalizado e, além disso, alterado o contraste da imagem. A Figura 3.9 mostra o histograma da Figura 3.8.



Figura 3.8 – Imagem Equalizada e com contraste

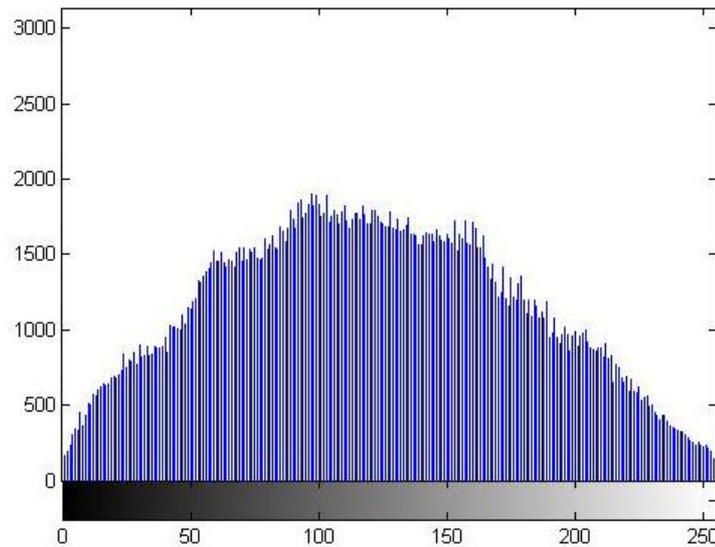


Figura 3.9 – Histograma da Figura 3.8

3.2.2 Suavização da Imagem

Através de uma função de transformação que distribui os níveis de cinza na imagem, o histograma acaba modificando os pixels da imagem completa para realçá-la, mas não garante que o local desejado seja realçado. Em alguns casos, existe a necessidade de efetuar esse procedimento em pequenas regiões, mais especificamente na vizinhança de cada pixel da imagem.

Existem técnicas de filtragem que efetuam a transformação da imagem pixel a pixel, levando em consideração não apenas o nível de cinza de um pixel escolhido, mas também de acordo com o valor dos níveis dos pixels de seus vizinhos. Esse processo utiliza matrizes aplicadas na imagem, as quais são denominadas máscaras.

Pode-se aplicar um filtro que irá suavizar a imagem atenuando as altas frequências (passa-baixa), mas que produz um efeito de borramento, diminuindo a nitidez da imagem. O processo de filtragem é feito utilizando matrizes denominadas máscaras, as quais são aplicadas sobre a imagem, e a aplicação delas consiste na substituição do valor do pixel por um novo valor que depende dos valores dos pixels vizinhos e dos pesos da máscara, gerando uma nova imagem (RODRIGUES, 2003). As máscaras podem ser de vários tamanhos, dependendo do tamanho da imagem e do ruído. A Figura 3.10 mostra esse filtro aplicado na média da vizinhança.

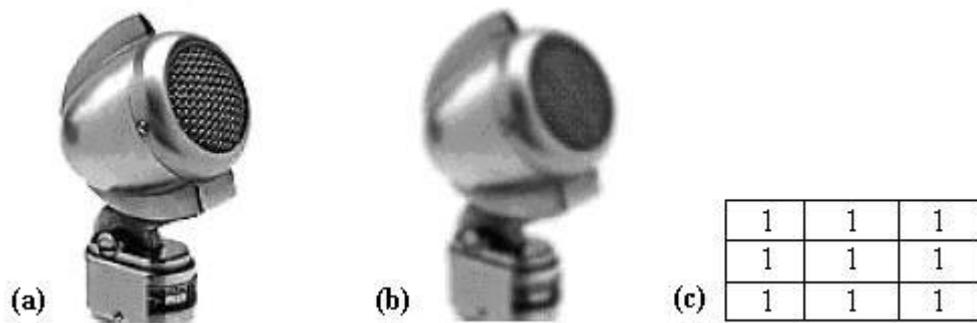


Figura 3.10 – Suavização pela Média, utilizando uma máscara 3x3. (a) Imagem Original; (b) Imagem Filtrada; (c) Máscara 3x3

Fonte: RODRIGUES(2003)

Pode-se observar que as bordas dessa imagem ficaram borradas, assim como outros detalhes dela, mas obteve-se uma imagem mais uniforme. Caso o desejo seja diminuir o ruído em vez de borrar, pode-se aplicar o filtro da mediana, onde cada pixel é substituído pela mediana dos níveis de cinza daquele ponto. Utilizando a mediana, consegue-se melhorar as bordas da imagem.

A Figura 3.11 apresenta uma suavização pelo filtro da mediana.

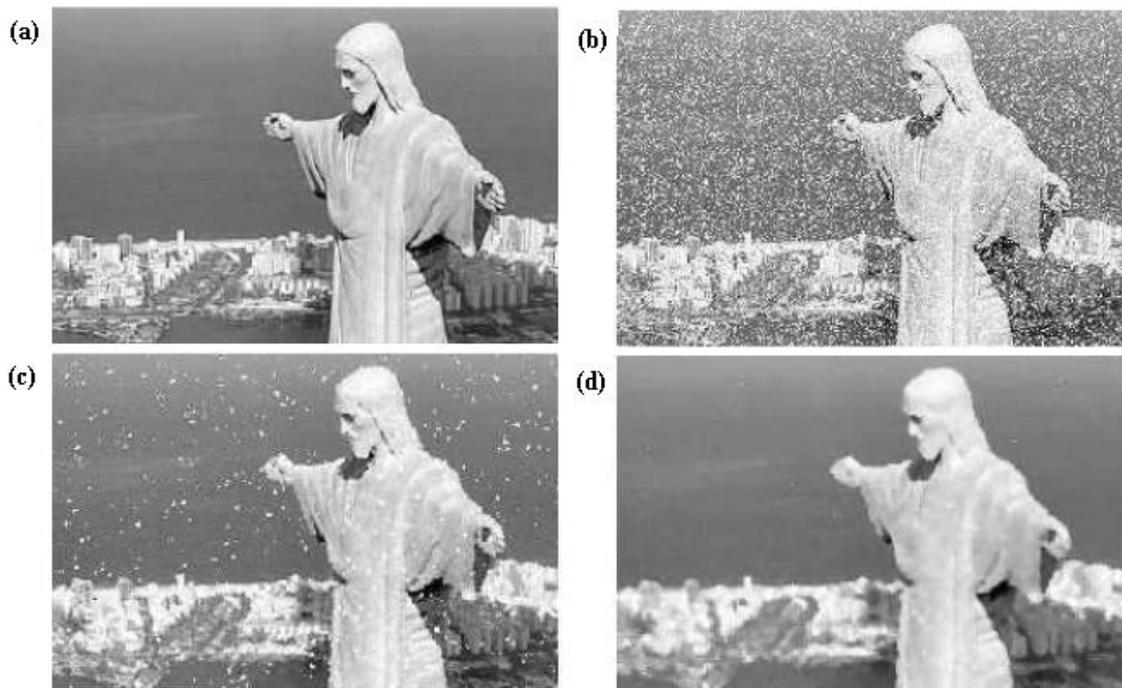


Figura 3.11 – Filtro aplicado por Mediana. (a) Imagem Original; (b) Imagem corrompida por um ruído aleatório; (c) Imagem com Filtro por Mediana com Máscara 3x3; (d) Imagem com Filtro por Mediana com Máscara 5x5

Fonte: BARBOSA (2004)

3.3 Localização da Placa

Nessa etapa são procuradas as regiões candidatas à placa, através da imagem capturada e já trabalhada da parte frontal do veículo. O objetivo é, no final do processo, conseguir isolar a região da placa, gerando uma imagem reduzida para dar continuidade nas demais etapas. A Figura 3.12 é um exemplo de uma placa de veículo que foi localizada, mas que ainda contém parte do carro, além da distorção que deverá ser corrigida na próxima etapa, que é a do enquadramento.



Figura 3.12 – Placa do Veículo Localizada

Existem alguns métodos que podem ser aplicados para localização da placa.

Método baseado na Morfologia dos Caracteres: levam em consideração vários fatores como os caracteres da placa que possuem espaçamento e altura regular. Uma grande dificuldade, nesse caso, é a existência nos carros de outras letras como marca do fabricante, nome do carro, dentre outras. Outro fator é a cor dos caracteres que é diferente do fundo da placa. A idéia é efetuar uma varredura em toda a imagem em busca de uma variação tonal, ou transição da cor, o que significaria letra e fundo da placa. A dificuldade está em localizar regiões que não seriam da placa, como a grade do radiador e paralelepípedos.

Método baseado na Morfologia do Fundo da Placa: leva em consideração que a placa tem o formato retangular e fundo uniforme. Pode ser utilizado um detector de bordas e depois um de retas. A idéia é efetuar a segmentação da imagem através de uma técnica de detecção de bordas, como pode ser observado na Figura 3.13. Logo após, utilizar uma técnica para encontrar as arestas da placa do veículo. Sabe-se que todas as placas no país possuem quatro arestas, sendo duas horizontais e duas verticais e ainda paralelas entre si. Uma vez encontradas essas retas, pode-se traçar a região na imagem onde existe a placa, efetuando o recorte dessa parte e salvando como outra imagem.

Outra maneira é procurar na imagem regiões que possuam cor e textura semelhantes às de uma placa. Uma vez encontradas, devem ser processadas para verificar suas características até chegar na que mais se aproxima de uma placa.

Métodos Híbridos: misturam os dois métodos anteriormente mencionados para obter uma melhor localização.

Após a localização da região, não será mais necessário trabalhar com toda imagem do veículo, mas somente com a da placa.

3.3.1 Segmentação da Imagem

A segmentação subdivide uma imagem em suas partes ou objetos constituintes, sendo que o nível até o qual essa subdivisão deve ser realizada depende do problema a ser resolvido (GONZALEZ E WOODS, 2000), ou seja, a segmentação deverá parar quando os objetos de interesse na aplicação tiverem sido isolados.

Existem dois conceitos na segmentação, que são a similaridade e a descontinuidade. Para imagens monocromáticas, que é o caso desse trabalho, a descontinuidade possui a abordagem de particionar a imagem, baseando-se em mudanças bruscas nos níveis de cinza (GONZALEZ E WOODS, 2000). É possível efetuar, assim, a detecção de pontos isolados, bem como a detecção de linhas ou ainda as bordas da imagem.

Já na similaridade, as principais abordagens baseiam-se em limiarização, crescimento de regiões e fusão de regiões (GONZALEZ E WOODS, 2000).

Em decorrência das imagens dos veículos automotores serem capturadas em ambientes externos, para esse tipo de aplicação, adota-se, preferencialmente, o conceito de descontinuidade, pois existem mudanças bruscas de níveis de cinza, principalmente na questão do ambiente e da placa que se distingue do restante do carro. A abordagem mais comum para a detecção de descontinuidades significantes nos níveis de cinza é a detecção de bordas e isso é a razão porque pontos e linhas finas isoladas não são ocorrências frequentes na maioria das aplicações práticas (GONZALEZ E WOODS, 2000).

3.3.2 Detecção de Bordas

Uma borda é o limite entre duas regiões com propriedades relativamente distintas de nível de cinza (GONZALEZ E WOODS, 2000). Como existe a necessidade de se identificar e classificar os objetos encontrados em uma imagem, a detecção de bordas torna-se de suma importância nesse processo de análise de imagens.

Uma vez detectada, pode-se localizar todos os objetos de uma imagem, que neste caso seria a placa do veículo e, ainda, se conseguiria definir propriedades como área e perímetro.

Dentre as principais técnicas de detecção de bordas existentes baseadas no gradiente, podem ser citadas: Canny (CANNY, 1986), Sobel (RUSS, 1998), Roberts (RUSS, 1998) e Prewitt (RITTER E WILSON, 1996).

A seguir é apresentada uma imagem com detecção de bordas Prewitt.



Figura 3.13 – Técnica Prewitt – Detecção de bordas

3.4 Enquadramento da Placa

Sabendo que as câmeras que capturam as imagens dos veículos normalmente estão posicionadas com ângulo inapropriado, ou seja, não estão alinhadas de forma reta com as placas dos veículos, necessita-se de uma fase para enquadramento delas. Na maioria das vezes, as imagens são obtidas com uma distorção de perspectiva, como pode ser visto na Figura 3.12.

Devido a distorção que dificultará o reconhecimento dos caracteres, ainda existe a questão de que na imagem contém outros objetos como grade do carro, capô, dentre outros, que não devem estar ali, pois dificultariam a continuidade do processo.

Através do ângulo formado pelas quatro arestas da placa é possível corrigir a perspectiva da mesma, acertando a rotação da placa e após, corrigindo a inclinação dos seus caracteres, como pode ser visto na Figura 3.14.



Figura 3.14 – (a) Placa do Veículo Enquadrada; (b) Placa do Veículo Enquadrada com Detector de Bordas Prewitt

3.5 Separação dos Caracteres

Caso a placa do veículo não tenha ruído e nenhuma das letras esteja se encostando, é uma das etapas mais simples. A primeira tarefa a ser executada é pegar a imagem da etapa anterior, a do enquadramento, e transformá-la para binária, como na Figura 3.15.

Os pixels das imagens podem ter uma variação de tons de cinza, variando sempre da cor preta que possui a menor intensidade para cor branca que possui maior intensidade. Em uma imagem, pode-se ter vários níveis de cinza, mas se ela for binária, então ela é uma imagem que possui apenas dois valores, que podem ser 0 ou 1, ou seja, preto ou branco. Uma imagem binária é um array lógico de zeros e uns (GONZALEZ, WOODS E EDDINS, 2002).



Figura 3.15 – Imagem Binária da Placa Veicular

O próximo passo é enquadrar cada caracter para que seja possível, na próxima etapa, efetuar o reconhecimento do mesmo, que pode ser realizado baseando-se nos componentes conexos, porém os caracteres não podem estar rompidos.



Figura 3.16 – Caracteres Enquadrados

A última etapa é de separar cada caracter em uma nova imagem, formando um total de sete.



Figura 3.17 – Caracteres Separados formando sete novas imagens

3.6 Reconhecimento dos Caracteres

A placa veicular é composta por letras do alfabeto, que são 26, além dos números que vão de 0 à 9, que formam mais 10 caracteres, compondo, no total 36 possibilidades. Cada possibilidade deverá ter várias amostras, que serão inseridas em um vetor de características. A amostra corresponde a um código ASCII.

O reconhecimento é dado pela comparação do caracter candidato, que neste caso é uma das sete imagens da etapa de separação, com o vetor de características. A que mais se aproximar da candidata será o corresponde ASCII.

As dificuldades dessa etapa estão relacionadas as semelhanças da tipografia dos caracteres diferentes, como a letra “O” e o número “0”, além da letra “D” e a letra “Q”. Isso pode ser observado na Figura 3.18.



Figura 3.18 – Semelhanças da Tipografia de Caracteres Diferentes
Fonte: SEECAR (2007)

Também são encontrados problemas relacionados a diferentes tipos de tipografia do mesmo caracter, que pode ser acompanhado na Figura 3.19, o que deverá ser corrigido como foi visto na nova resolução do CONTRAN que agora prevê só um tipo de fonte para placas,

bem como as diferenças significativas das características dos caracteres que estarão bem definidas com o tipo de fonte Mandatory.



Figura 3.19 – Placa com Tipografia do mesmo caracter diferente. (a) Placa que contém o carecter “6” com características bem arredondadas; (b) Placa que contém o caracter “6” bem diferente da placa anterior dessa imagem

Fonte: SEECAR (2007)

O reconhecimento poderá ser realizado por técnicas estatísticas, utilizando cálculo de distâncias, onde procura-se por um padrão que mais se aproxima das amostras que foram inseridas no vetor, ou então, por redes neurais que utilizam um conjunto de amostras para treinar uma rede de elementos.

Outra opção seria utilizar um programa OCR, porém, conforme RODRIGUES (2003), os programas de OCR nos testes realizados apresentaram bons resultados a partir de recortes perfeitos de placas com boa qualidade, mas quando tinham bordas e um ruído elevado, falhavam. RODRIGUES (2003) comenta ainda que esses programas não são hábeis para localizar e extrair as placas quando submetidas a partir de imagens completas do veículo.

Também existe a possibilidade de se efetuar o reconhecimento através de redes neurais. Neste caso deve-se criar uma rede de treinamento para diminuir o erro, através de amostras de cada caracter. Após, consegue-se ter um padrão para que seja comparado com as imagens candidatas.

O reconhecimento é dado pela comparação do caracter candidato, que neste caso é uma das sete imagens da etapa de separação, com o vetor de características. A que mais se aproximar da candidata será o corresponde ASCII.

No capítulo seguinte será apresentada a proposta de desenvolvimento do protótipo a ser desenvolvido no TCC II. As definições já existentes para cada etapa do processo serão apresentadas e alguns testes realizados serão demonstrados.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Esse capítulo tem a finalidade de apresentar como serão realizados os testes com imagens, além das técnicas escolhidas para desenvolvimento do protótipo.

4.1 Especificações Gerais

As etapas desse projeto serão testadas individualmente no programa MATLAB R2007a para posteriormente, serem introduzidas em uma versão de protótipo a ser implementado em uma linguagem a ser definida. Serão analisadas 81 imagens de veículos automotores, 50 obtidas pelo proponente do projeto e 31 obtidas de um software de demonstração apresentado a seguir.

O equipamento onde será realizado os testes com as imagens é um Notebook Acer Aspire 5570-2758 com processador Intel Pentium Dual-core (1.60 GHz, 533 MHz FSB, 1 MB L2 cache), além de tela 14.1 polegadas WXGA Acer CrystalBrite LCD e com 1GB DDR2 de memória RAM.

4.2 Captura da Imagem

Nessa etapa serão obtidas 81 imagens, sendo que 50 serão provenientes de estacionamentos e 31 prontas, prontas, obtidas de um software comercial de demonstração, estas, segundo o desenvolvedor, adquiridas das ruas no Brasil.

É intenção fazer o comparativo dos resultados obtidos das imagens entre o protótipo a ser desenvolvido e a versão de demonstração do programa Seecar (SEECAR, 2007).

4.2.1 Captura em Estacionamentos

Serão capturadas 50 imagens digitais da parte frontal dos veículos automotores em estacionamentos públicos ou privados, que contenham a placa de identificação do automóvel.

Para obtenção destas imagens digitais, será utilizada uma máquina digital Olympus Camedia – Digital Câmera D-435, com 5.1 megapixel. A resolução das imagens será de 640 x 480 pixels. Essas imagens obtidas serão coloridas, porém passarão por um software que irá transformá-las para tons de cinza. Após isso, estarão aptas para demais etapas do protótipo.

4.2.2 Captura nas Ruas

Existe uma versão de demonstração do software SeeCar que além de fornecerem o programa, ainda disponibilizam um diretório com 31 imagens de veículos automotores para testes, obtidas em ambiente externo, mais especificamente, nas ruas. As imagens provenientes dessa versão 4.0.4.0 já estão com tons de cinza, porém a resolução é de 768 x 288 pixel.

Para efetuar todos os testes no software Seecar, será necessário mudar a resolução das imagens que serão adquiridas em estacionamentos. Todas deverão estar em tons de cinza e com resolução de 768 x 288. Caso alguma não esteja nessa resolução, o software não consegue prosseguir a leitura das imagens, que ficam armazenadas nessa versão dentro de um diretório. Basta colocar qualquer imagem com essas características dentro do diretório que o programa tentará identificar a placa veicular. A Figura 4.1 é da versão de demonstração do Seecar. A dificuldade no comparativo do protótipo com o programa SeeCar se dará na questão das etapas. Enquanto o protótipo será passado etapa por etapa, podendo ser verificados os resultados em cada uma delas, no Seecar, só fornecerá a resposta de placa lida ou não, ou seja, se foi possível reconhecer ou não. Por ser um software comercial, este, não é separado por etapas.

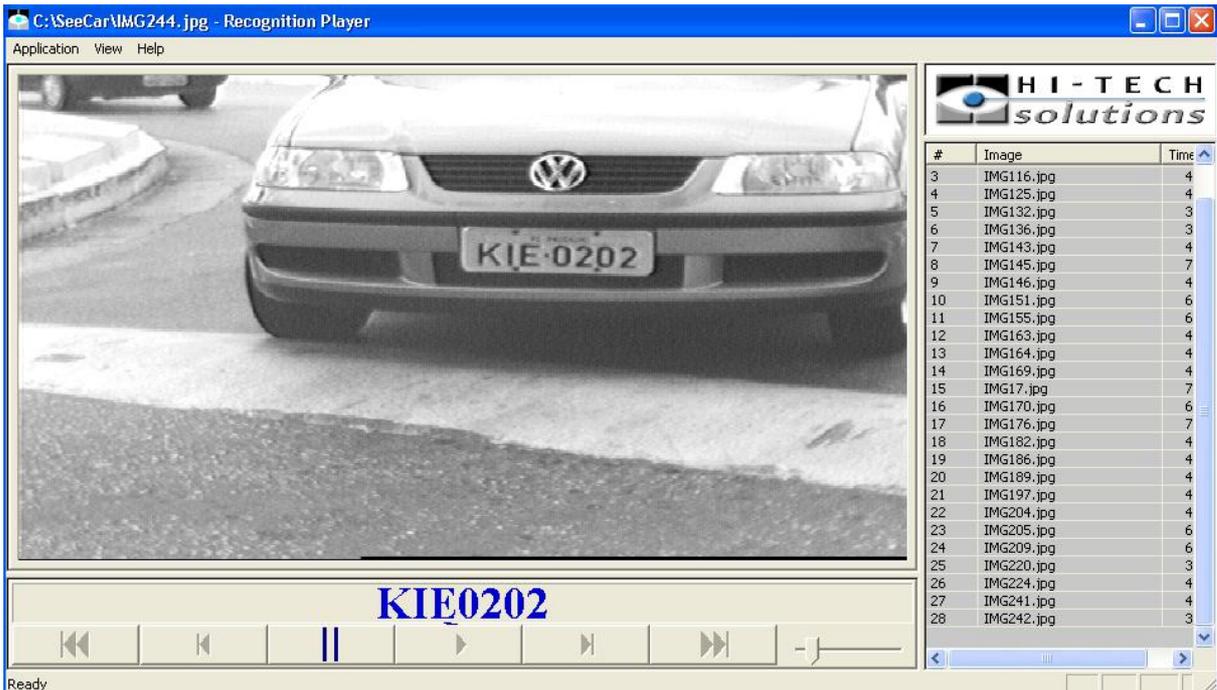


Figura 4.1 – Versão de Demonstração do Software SeeCar
Fonte: SEECAR (2007)

4.3 Pré-processamento

Como visto no capítulo três, existem várias técnicas de melhorias em imagens digitais que podem ser aplicadas. Pelos testes realizados, as imagens a serem obtidas são de boa qualidade. Acredita-se que, realizando uma equalização do histograma, já será possível obter a imagem de forma a poder ser processada.

Pelos testes realizados, pode-se perceber também uma suavização da mesma aplicando-se tão somente o filtro da mediana, para que as bordas fiquem realçadas, eliminando os ruídos e permitindo aplicar nas próximas etapas os detectores de bordas e de retas necessários.

4.4 Localização da Placa

O método pré-selecionado para essa fase é o da Morfologia do Fundo da Placa, que leva em consideração que todas as placas possuem formato retangular com quatro arestas e que uma vez detectadas, consegue-se recortar a imagem naquele ponto conforme as coordenadas verticais e horizontais encontradas. Para que isso seja possível, o primeiro passo é aplicar uma técnica de detecção de bordas. Alguns testes já foram realizados, porém em apenas uma imagem, mas que serão comprovadas ou não com as demais.

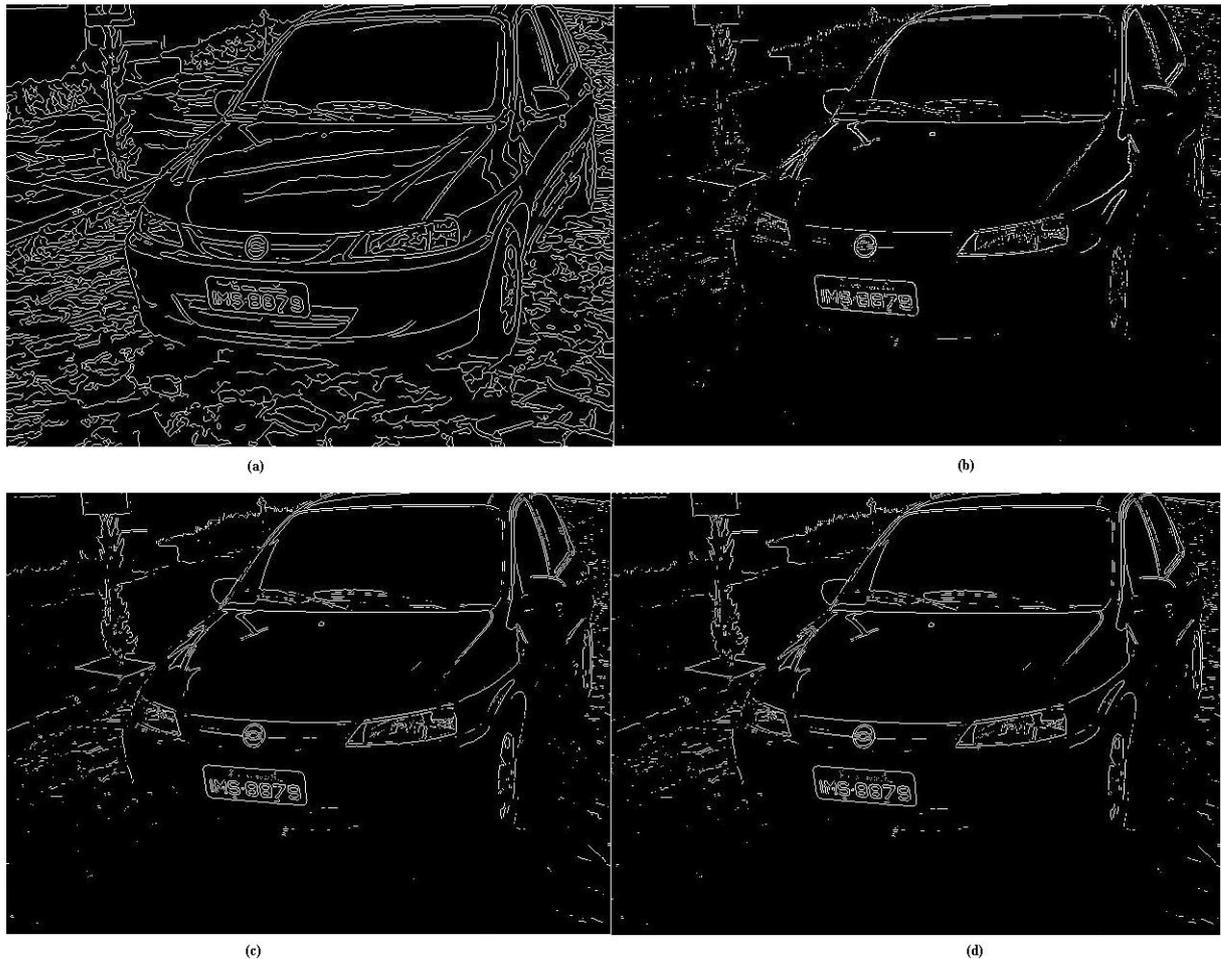


Figura 4.2 – Técnicas de Detecção de bordas. (a) Canny; (b) Roberts; (c) Sobel; (d) Prewitt

Pela Figura 4.2 apresentada, percebe-se que os dois melhores resultados são quando aplicados as técnicas Sobel e Prewitt. Por esse motivo, a técnica selecionada até o momento, para testes nas demais imagens é a técnica de detecção de bordas por Prewitt.

Após aplicada a detecção de bordas, será aplicado uma técnica de detecção de arestas, para localizar duas retas horizontais paralelas, assim como duas verticais. Uma vez que forem encontradas, serão traçadas as coordenadas e a imagem sofrerá um recorte, que deverá ser da placa do veículo. Não foram realizados ainda testes com esta técnica, mas está em estudo alguns algoritmos para serem aplicados.

4.5 Enquadramento da Placa

Ao obter a imagem de veículos, normalmente, esta é em perspectiva. Neste caso, torna-se necessário corrigir a inclinação gerada sobre a placa. Para corrigir a perspectiva da placa, será utilizado um algoritmo que efetua sua rotação e acerta a inclinação dos caracteres

da imagem. Após isso, será possível eliminar da imagem outros detalhes que não pertencem a placa como comentado anteriormente.

4.6 Separação dos Caracteres

A intenção nessa fase é de binarizar apenas a imagem da placa, aplicando uma técnica de componentes conexos para que se consiga delimitar cada caractere e após separá-los em imagens individuais para a última etapa do reconhecimento.

A binarização da imagem é uma tarefa simples, onde, usa-se um threshold a ser selecionado, fazendo com que somente as letras e números fiquem na cor preta e o resto da imagem na cor branca.

Desta maneira, pode-se varrer a imagem da placa e separar facilmente os caracteres, salvando cada um em uma imagem individual.

4.7 Reconhecimento dos Caracteres

O método selecionado, a princípio para o reconhecimento dos caracteres é o método estatístico, criando um vetor de características para cada caractere. Serão criadas 10 amostras para cada uma das 36 possibilidades do alfabeto, totalizando 360 diferentes amostras.

Tendo esse vetor pronto, cada imagem candidata que foi separada na etapa anterior, será comparada com essas amostras para tentar encontrar a que mais se aproxima, identificando dessa maneira o seu código ASCII.

Após concluídas todas as etapas do processo, o resultado do protótipo será comparado com o resultado do reconhecimento no software de demonstração do SeeCar, para verificar o índice de acerto do protótipo.

CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi estudar aspectos relacionados a área de processamento de imagens digitais e reconhecimento de padrões, com intuito de definir as etapas necessárias para ser desenvolvido no Trabalho de Conclusão II - um protótipo de sistema para reconhecimento de placas de veículos automotores. Para tanto, foi necessário buscar embasamento teórico sobre os temas em questão através da literatura e trabalhos já realizados, caracterizando-se como primeira etapa dessa monografia.

No primeiro capítulo, é apresentada uma introdução sobre os problemas do trânsito no Brasil, soluções, motivação do estudo.

No capítulo dois consta a regulamentação no Brasil sobre as placas de veículos automotores. Como funcionam os programas que efetuam o reconhecimento de placas, as etapas necessárias e várias possibilidades de programas comerciais que podem ser desenvolvidos quando essa tecnologia estiver absorvida e implementada. Fica claro, que as etapas que são colocadas como necessárias não são obrigatórias. Elas seguem uma linha de raciocínio e alguns autores/desenvolvedores não utilizam todas, acabam colocando outros nomes ou, até mesmo, unindo fases. Também são citados programas acadêmicos e comerciais que existem. Importante ressaltar que em um dos trabalhos acadêmicos, é apresentado até o índice de acertos no reconhecimento, sendo um dos principais motivos para desenvolvimento desse projeto, visto que os programas existentes não conseguem reconhecimento em 100% dos casos. Sendo assim, um programa com índices elevados de acertos pode conseguir atingir um mercado grandioso no Brasil e que não está saturado.

Prosseguindo o trabalho, no próximo capítulo são estudadas e apresentadas técnicas para cada etapa do programa a ser desenvolvido, assim como os primeiros testes de imagens. No decorrer dessa seção é possível perceber grandes dificuldades para obter sucesso no

reconhecimento de placas. Algumas dessas dificuldades estão relacionadas com iluminação precária ou condições climáticas adversas, qualidade das imagens obtidas, escolha da técnica mais apropriada, reconhecimento de algumas letras e números, onde a tipografia de caracteres diferentes pode torná-los muito semelhantes e tipografia diferente de um mesmo caracter, dentre outras. Isso influi diretamente no resultado do reconhecimento das letras e números em uma placa veicular.

No quarto capítulo, é relatado quais equipamentos necessários para aquisição de imagens e seus testes e, para cada etapa, o método escolhido. Vale ressaltar que os métodos até então pré-definidos não são necessariamente os melhores, já que foram realizados poucos testes até o presente momento. Alguns deles foram escolhidos pelo embasamento teórico que melhor se adequou com as características da etapa. Mas os métodos em definitivo serão escolhidos somente no trabalho de conclusão II, onde serão executados testes em 81 imagens. Tomando como base os resultados desse volume de informações, aí poderá ser especificado qual o mais indicado.

Com relação às dificuldades encontradas para a elaboração do trabalho, cabe destacar o pouco conhecimento do autor sobre a área de processamento de imagens digitais, ocasionando, no transcorrer da monografia, muita leitura de livros e publicações da área. Outro problema foi relacionado as inúmeras técnicas existentes, tendo que escolher conforme a aplicação e verificando se era viável ou não para esse projeto. O processamento de imagens é caracterizado por soluções específicas. Desse modo, técnicas que funcionam bem em uma área podem se mostrar totalmente inadequadas em uma outra área (GONZALEZ E WOODS, 2000).

O reconhecimento da placa possui muitos desafios, principalmente pelas imagens que serão oriundas de estacionamentos, onde os veículos estarão em ambiente externo, não podendo ser controladas as questões climáticas por exemplo.

Conclui-se, deste trabalho, ter adquirido o conhecimento necessário para dar continuidade a este, projeto no trabalho de conclusão II, onde está planejado desenvolver um protótipo de um sistema de reconhecimento de placas de veículos automotores aplicando as técnicas estudadas e realizando os testes para comprovar a eficiência do reconhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Jorge Leonardo Lima. **Processamento de Imagens Aplicado à Monitoração de Processos**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, 2004.

CANNY, John (1986). **A computational approach to edge detection**. In IEEE: Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679-698.

COMPULETRA. **SIVEM – Sistema de Identificação de Veículos em Movimento** . Disponível em: <<http://www.compuletra.com.br>>. Acesso em 11 de outubro de 2007.

CONTRAN. **Resoluções do CONTRAN**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/contran.htm>>. Acesso em 06 de outubro de 2007.

DAVIS, Clodoveu A. Jr. **PixelWare: Um Sistema de Processamento Digital de Imagens**. Minas Gerais: 1992. (Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação) - Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.

DIAS, Eng. Fábio Gaiotto. **Melhorias para Sistemas de Reconhecimento da Placa de Licenciamento Veicular**. (Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação). UNICAMP. Campinas – SP, 2005.

GUINGO, Bruno Clemente; RODRIGUES, Roberto José; THOME, Antonio Carlos Gay. **Reconhecimento Automático de Placas de Veículos Automotores através de Redes Neurais Artificiais**. 2º Congresso Brasileiro de Computação, Itajaí-sc, 2002.

GONZALEZ Rafael C.; WOODS, Richard E.. **Processamento de Imagens Digitais**. Editora Edgard Blucher, Brazil, 2000. 509 p.

GONZALEZ, Rafael. C.; WOODS Richard E.; EDDINS Steven L. **Digital Image processing using MATLAB**. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2002. 609 p.

KAPTA. **Kapta – Sistema de Reconhecimento Automático de Placas de Veículos Automotores**. Disponível em: <<http://www.labic.nce.ufrj.br/projetos.htm>>. Acesso em 07 de outubro de 2007.

LOOKAR. **LooKar - Sistema de Reconhecimento da Placa de Licenciamento Veicular.** Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gaiotto/projects/srplv/conceitos.html>>. Acesso em 10 outubro de 2007.

PONFAC. **Leitor de Placas PONFAC.** Disponível em: <<http://www.ponfac.com.br>>. Acesso em 07 de outubro de 2007.

RITTER, Gerhard X. e WILSON, Joseph N.. **Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra**, 1996.

RODRIGUES, Roberto José. **Segmentação e Extração de Características para Reconhecimento Automático de Caracteres – Estudo e Propostas.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, 2003.

RUSS, John C. **The image processing handbook** - 3rd ed. Materials Science and Engineering Department North Carolina State University Raleigh - North Carolina. 1998.

SEECAR. **SeeCar License Plate Recognition (LPR).** Disponível em: <<http://www.htsol.com/>>. Acesso em 04 de outubro de 2007.

TECNIMA. **Leitor de Placas e de Trânsito.** Disponível em: <<http://www.tecnima.com.br>>. Acesso em 12 de outubro de 2007.