

# **Processamento Digital de Imagens**

## **Proposta Inicial do Projeto**

**Carlos Eduardo Ramos**

Centro de Matemática, Computação e Cognição  
Universidade Federal do ABC (UFABC) – Santo André, SP – Brazil

*c.eduardo@ufabc.edu.br*

### **Resumo**

A análise de imagens é uma área importante na sociedade moderna, pois ajuda a solucionar problemas referentes à extração de informações a partir de imagens digitalizadas envolvendo diversas áreas. Entendemos a crescente necessidade de automatização de processos, bem como a as abordagens de análises de imagens no reconhecimento de objetos.

Além disso, o constante volume de tráfego na Região Metropolitana de São Paulo e a limitação dos sensores, notamos uma justificativa para o reconhecimento automático de placas. Nos abstemos a tratar da aquisição, pré-processamento e segmentação das imagens.

Neste trabalho apresenta-se um método baseado em morfologia matemática para a segmentação de placas de automóveis a partir de cenas cotidianas com veículos. O método baseado em morfologia apresenta a vantagem de depender pouco das condições de iluminação, porém trouxemos ainda a implementação de alguns métodos de realce de imagens para situações específicas.

Foi possível observar alguns casos em que o realce proporcionou uma melhoria na localização. E também concluímos que a morfologia matemática apresenta muita simplicidade em sua abordagem ,quando comparada com seu potencial.

### **1. Introdução**

O reconhecimento de placas de automóveis é uma aplicação bem inserida nos aspectos que estudam o reconhecimento de padrões. O objeto a ser identificado, a placa, é impressa com seus caracteres bem marcados, e isso nos induz a acreditar que o reconhecimento da mesma perante a imagem é demasiadamente simples. No entanto, essa aplicação demonstra certa

complexidade ao considerar fatores como: a neblina, a chuva, a obstrução parcial da placa, as distâncias, o ângulo de tomada da imagem, a qualidade técnica do equipamento de captura, a luminosidade natural ou falta da mesma, sombra, reflexo, diferenças de padrão, estado de conservação da placa, detalhes do veículo que atrapalham a análise e outros.

Um sistema de reconhecimento de placas (RP) é composto principalmente de três módulos de processamento: localização da placa, segmentação dos caracteres, e reconhecimento dos caracteres. Nossa proposta voltou-se para a localização das placas usando métodos de morfologia matemática. Além disso, implementamos algumas técnicas para realizar um pré-processamento na imagem, a fim de aumentar o êxito da localização das placas.

Foi possível concluir que o realce dado a imagem pode aumentar o êxito da localização, mas nem sempre. Em alguns casos, o pré-processamento atrapalhou a localização. Notamos também a técnica de morfologia matemática apresentou algumas limitações sob certas condições da imagem.

## **2. Revisão Bibliográfica**

Baseamos nosso estudo na aquisição, pré-processamento e segmentação de imagens de placas, para localizá-las através da morfologia matemática.

### **2.1. Pré-Processamento de Imagens**

O pré-processamento das imagens é utilizado para remoção dos ruídos, ou ao menos, diminuição da influência destes sobre a imagem. Os dados também podem sofrer conversões, escalonamentos e diversas outras formas de manipulação, de acordo com a necessidade do sistema como um todo. Assim, o pré-processamento objetiva o melhoramento da imagem digital, buscando a melhor representação possível para uma dada tarefa.

#### **2.1.1. Equalização de Histograma**

Equalização é uma maneira de manipulação de histograma que expande os níveis de cinza ao longo de todo intervalo. Consiste em uma transformação não

linear que considera a distribuição acumulativa da imagem original, para gerar uma imagem resultante, cujo histograma será aproximadamente uniforme.

Em outras palavras, a equalização tem por objetivo reduzir a frequência de ocorrência de valores de intensidade muito presentes e aumentar a frequência de ocorrência dos valores relativamente raros. Desta forma o histograma da imagem terá uma aparência mais equilibrada, e possibilitará a obtenção de imagens com um número maior de detalhes visíveis, facilitando sua visualização.

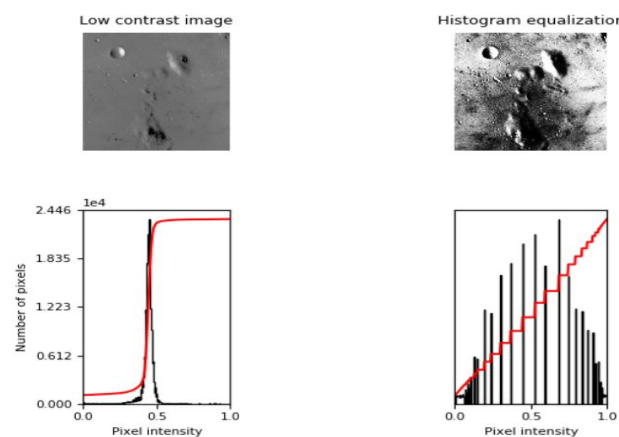


Figura 1 - Exemplo de Equalização de Histograma

### 2.1.2. Limiarização

A limiarização de uma imagem, do tipo escala de cinza, consiste em se determinar um valor limiar (threshold) de forma que todos os valores inferiores a este limiar sejam levados para um mesmo valor base, usualmente 0. Todos os valores superiores a este limiar sejam levados para um mesmo valor de topo, usualmente 1.

$$\text{Limiarização:} \quad i(u,v) = 1 \text{ se } i(u,v) > L \text{ (limiar)}$$

$$0 \text{ se } i(u,v) \leq L \text{ (limiar)}$$

Desta forma é realizada a chamada binarização da imagem, onde, partindo de uma imagem do tipo escala de cinza, obtém-se uma imagem com apenas dois níveis de cinza.

O método de Otsu é um algoritmo de limiarização, proposto por Nobuyuki Otsu [Otsu,1975]. Seu objetivo é, a partir de uma imagem em tons de cinza, determinar o valor ideal de um threshold que separe os elementos do fundo e da

frente da imagem em dois clusters, atribuindo a cor branca ou preta para cada um deles.

### **2.1.3. Filtragem no Domínio de Frequência**

As imagens digitais podem sofrer uma série de operações denominadas operações com filtros. Estas operações realizam tarefas como: ressaltar elementos, suavizar ou aumentar o contraste, detectar bordas, remover o ruído, entre outras. Um filtro é uma rede que transforma um sinal de entrada em um determinado sinal de saída desejado. Os sinais podem ser considerados em um domínio de tempo ou em um domínio de frequência, da mesma forma, os requisitos de saída do filtro podem ser gerados em termos de tempo ou frequência.

Técnicas de processamento no domínio da frequência são baseadas na utilização das transformadas de Fourier das imagens. Um conceito importante no domínio da frequência é o teorema da convolução. Seja  $g(x, y)$  uma imagem formada pela convolução de uma imagem  $f(x, y)$  e um operador linear invariante com a posição  $h(x, y)$ , isto é,  $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$ . Então, do teorema da convolução, a seguinte relação no domínio da frequência é verificada:  $G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v)$ , em que  $G$ ,  $H$  e  $F$  são as transformadas de Fourier de  $g$ ,  $h$  e  $f$  respectivamente.

No realce no domínio frequência deve-se computar a transformada de Fourier da imagem a ser realçada, multiplicar o resultado por uma função filtro de transferência, e então tomar a transformada inversa para produzir a imagem realçada.

#### **2.1.3.1. Filtragem Homomórfica**

A filtragem homomórfica atua no domínio da frequência, e busca melhorar a aparência da imagem através da compressão do intervalo de brilho e realce de contraste simultâneos.

Dada uma imagem de entrada  $f(x, y)$ , aplica-se o logaritmo sobre esta imagem e obtém-se a transformada de Fourier de  $\ln(f(x, y))$ . Aplica-se então um filtro  $H(u, v)$  sobre a transformada do logaritmo da imagem para ter a imagem filtrada. Utilizamos um filtro passa baixa de *Butterworth*.

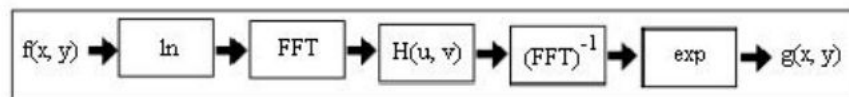


Figura 2 - Abordagem da Filtragem Homomórfica

O efeito que o processo tem sobre a aparência dos objetos em uma cena é independente da intensidade de luz incidente sobre os mesmos. Similarmente, o efeito que o processo tem sobre a intensidade de luz incidente sobre os objetos é independente da natureza dos mesmos.

### 2.1.3.2. Filtragem Passa - Baixa Butterworth

O realce de imagens com pouco contraste pode ser feito através da filtragem passa baixa. O filtro tem como parâmetros: a ordem  $n$  do polinômio envolvido no cálculo, a frequência de corte desejada e a largura do filtro. O resultado é um filtro de aspecto circular.

## 2.2. Morfologia Matemática

A morfologia matemática fornece uma abordagem sistemática para analisar as características geométricas dos sinais e de imagens, e vem sendo usada amplamente em várias aplicações tais como a detecção de bordas, segmentação de objetos, supressão de ruído e assim por diante. A localização das placas foi feita totalmente baseada na morfologia matemática.

As operações morfológicas fornecem uma alteração geométrica sistemática do conteúdo da imagem mantendo a estabilidade das características geométricas importantes. Em suma, tais operações envolvem conceitos de álgebra, e podemos desenvolver diversos filtros morfológicos com um pequeno conjunto de operações primitivas de morfologia.

Geralmente, os operadores morfológicos transformam a imagem original em uma outra imagem através da interação com uma outra imagem menor de

determinadas formas e tamanho, que é conhecido como o elemento estruturante (EE). O elemento estruturante (EE) é um conjunto utilizado para percorrer uma imagem a ser estudada operando uma transformação morfológica. A forma do EE depende do contexto da aplicação, de maneira que em nosso caso, usamos EE's na forma de disco, barra horizontal, barra vertical e quadrado.

A dilatação é o processo onde todos os pontos que tocam o objeto pelo lado de fora são incorporados ao objeto, resultando em um aumento da área do objeto. A dilatação é muito usada no preenchimento de buracos e objetos segmentados. Assim em geral, a dilatação tem o efeito de "expandir" uma imagem.

### **2.2.1. Dilatação**

Podemos definir dilatação sendo equivalente a uma união de todas as translações da imagem original pelo elemento estruturante.

O elemento estruturante define a vizinhança do pixel de interesse, que está circulado. A dilatação aplica uma regra apropriada para os pixels na vizinhança e determina um valor para o pixel correspondente na imagem de saída.

### **2.2.2. Erosão**

A erosão da imagem original pelo elemento estruturante pode ser descrita intuitivamente pela translação do elemento estruturante. O elemento estruturante é movido através da imagem original. Podemos dizer que a erosão "encolhe" a imagem original eliminando regiões onde o elemento estruturante não se encaixa.

Essa operação morfológica se baseia no processo onde todos os pontos que estão no contorno do objeto são eliminados, resultando em uma diminuição da área do objeto. Tal operação é muito utilizada para remover regiões que não são de interesse na imagem.

### 2.2.3. Abertura

Na abertura, a imagem original sofre a erosão primeiramente e em seguida é dilatada. A operação de abertura afeta a imagem de maneira a eliminar objetos pequenos e finos quebrando objetos nos pontos estreitos, geralmente deixando os contornos dos grandes objetos lisos e uniformes, sem mudanças bruscas em sua extensão. Esta operação é idempotente, ie pode ser aplicada várias vezes sem alterar a imagem, de maneira que atua suavizando os contornos da imagem original conforme o elemento estruturante (EE).

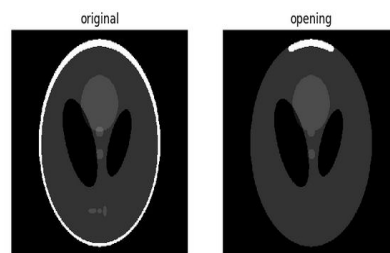


Figura 3 - Exemplo de aplicação de abertura

### 2.2.4. Fechamento

A operação de fechamento afeta a imagem de maneira a preencher buracos pequenos e finos presentes no objeto. Ela conecta objetos vizinhos a partir de seu ponto mais próximo e geralmente os contornos dos objetos ficam lisos e uniformes sem mudanças bruscas em sua extensão. Ao ser submetida a operação de fechamento, a imagem original passa uma dilatação, seguida por uma erosão.

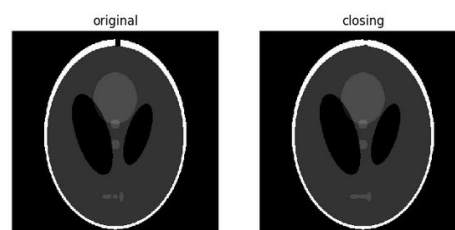


Figura 4 - Exemplo de aplicação de fechamento

### 2.2.5. Tophat por fechamento

No *Tophat* por fechamento ou *black tophat*, perante o uso de um elemento estruturante apropriado, tal processo permite a eliminação dos vales. Com a subtração, entre o sinal original e o resultado do fechamento, elimina-se o ruído e suprime-se a falta de homogeneidade, ou seja, ressalta-se a informação dos vales da imagem.



Figura 4 - Imagem original à esquerda e aplicação de black tophat à direita

### 2.3. Sistema Brasileiro de Placas

O código de trânsito brasileiro determina que alguns tipos de veículos devem possuir placa de identificação. Para cada veículo existe uma cor de fundo na placa, caracteres e tarjeta da placa conforme a tabela abaixo.

Particulares	Aluguel
Experiência (revendas)	Missões diplomáticas
Fabricantes (montadoras)	Aprendizagem (auto-escolas)
De coleção	Oficiais

Figura 5 -Tipos de placas (CONTRAN, 2006).

Além disso, as dimensões da placa também são padronizadas .

- Tamanho máximo: altura = 143 mm e largura = 440 mm
- Tamanho ideal: altura = 130 mm e largura = 400 mm
- Tamanho máximo: altura = 117 mm e largura = 360 mm



As placas são confeccionadas conforme o modelo abaixo. Sendo  $s$  = largura do caractere,  $d$  = espessura do caractere,  $h$  = altura do caractere. A dimensão ideal dos caracteres da placa é de 63 mm de altura para todos os caracteres. A largura (milímetro), no entanto varia bastante e é definida para cada letra e algarismo.



Figura 6 -Modelo de placas (mm) (CONTRAN, 2006).

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Materiais

A plataforma de desenvolvimento empregada na implementação deste trabalho foi a linguagem Python (PYTHON, 2006). O ambiente de desenvolvimento foi o notebook Jupyter hospedado no serviço de nuvem *Google Collaboratory*.

Para a experimentação, foram utilizadas as rotinas de morfologia matemática e filtros, disponíveis na biblioteca *Scikit-Image* e rotinas apresentadas durante as aulas da disciplina de Processamento Digital de Imagens.

Utilizamos um computador Dell OptiPlex™ 780, com processador Intel® Core™2 Solo Q9550 de frequência 2,83GHz, 4GB de memória RAM e um sistema operacional Windows Vista™ Business de 32 Bits.

#### 3.2. Imagens Adquiridas

Para o desenvolvimento deste trabalho de análise de imagens, o ideal seria a existência de um banco de imagens padronizadas perante o tamanho, resolução e outros fatores. Como não foi possível adquirir esta base de dados, utilizamos imagens advindas de pesquisas em um site de busca, e dessa forma, o tamanho das imagens variou. Em sua maioria, as imagens faziam parte do corpo de reportagens e notícias de sites informativos.

Todas as imagens foram adquiridas através de um endereço *URL*.

No mais, podemos apontar algumas característica comuns entre as imagens utilizadas:

- Coloridas (RGB)
- Imagens da frente e das costas de veículos (carros e caminhões)
- Distribuição de luz heterogênea
- distância da câmera desconhecida

- grau de inclinação desconhecido
- comprimidas por JPEG

Ao total, testamos nosso método em 15 imagens, das quais, 7 são das costas dos carros, 5 são da frente e 3 são de caminhões.

### 3.3. Metodologia

As etapas, desde a aquisição da imagem do veículo, passando pelo pré-processamento, processamento, segmentação e localização da placa descrevem a metodologia abordada neste trabalho. Além disso, temos as etapas de realce da imagem e re-aplicação das etapas acima para as imagens realçadas.

#### 3.3.1. Aquisição da Imagem

A aquisição das das imagens ocorreu em RGB, através do endereço URL. Usamos um método da classe *io*, contida na biblioteca *Scikit-Image* para adquirir a imagem.



Figura 7 -Imagem original de carro adquirida em RGB

#### 3.3.2. Pré-Processamento

##### 3.3.2.1. Conversão em níveis de cinza

No processo de conversão das imagens RGB para níveis de cinza usou-se o nível de cinza de um determinado pixel correspondendo a média ponderada das três componentes de cor do pixel, calculado da seguinte maneira: onde R, G e B são as componentes de cor:

$$C = R*0.2125 + G*0.7174 + B*0.0721.$$



Figura 8 -Imagem em níveis de cinza

### 3.3.3. Aplicação de *black tophat*

Aplicando a operação morfológica Tophat por fechamento ou black tophat foi possível ressaltar os vales (regiões escuras) da imagem, facilitando assim a identificação das letras da placa do veículo.



Figura 9 -Imagem em níveis de cinza

O elemento estruturante (EE) utilizado apresentou forma circular de diâmetro da espessura do caractere, assim conseguimos borrar as letras e destacar outros aspectos da imagem. Agora, abordamos a eliminação das áreas falsas.

### 3.3.4. Processamento

#### 3.3.4.1. Diminuição da complexidade

Para localizarmos a placa, é necessário eliminar regiões que não são potenciais para a existência de uma placa de veículo na imagem. O número de detalhes desnecessários na análise é considerável.

A redução da complexidade da imagem se faz necessária para a eliminação dos pequenos ruídos, ainda existentes na imagem. O processo de redução da complexidade é realizado dividindo-se o nível de cinza de cada um dos pixels da imagem por um fator de redução. Então faz-se à binarização da imagem. Usamos o Método de Otsu.



Figura 10 Imagem binarizada com método de Otsu.

### **3.3.5. Segmentação por Morfologia Matemática**

Agora, podemos prosseguir com a aplicação das operações de morfologia matemática para segmentar a região que contém a placa do automóvel

#### **3.3.5.1. Fechamento**

Realizamos a operação de fechamento, com um EE no formato de barra ou linha, com largura igual à maior separação entre os caracteres possíveis. Isso converte o conjunto dos caracteres em um retângulo branco, indicando uma área potencial para a existência de uma placa.



Figura 11 - Imagem após fechamento

#### **3.3.5.2. Abertura Horizontal e Vertical**

Ao realizar a operação de fechamento, diversos objetos que não fazem parte da placa surge, dessa forma, tratamos de eliminar estes objetos com a aplicação da abertura e fechamento com EE's diferentes. Além disso, nos baseamos nas dimensões da placa para definir os tamanhos dos EE's.

Levamos em consideração a altura mínima e máxima e largura mínima e máxima dos caracteres.

Fazendo uma abertura com um EE vertical linear, com um tamanho “pequeno” eliminamos os objetos de altura inferior à altura mínima dos caracteres (Fig.12), ie restaram apenas objetos com altura “parecida” com a da placa.

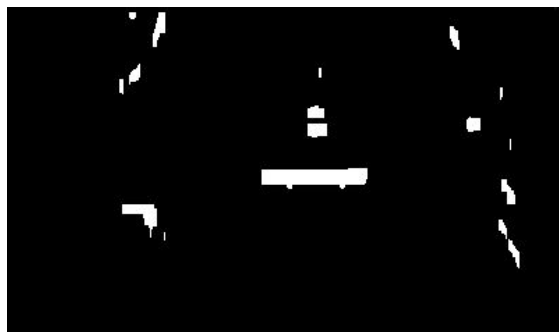


Figura 12 - Imagem após abertura mínima com EE vertical

Depois, com EE do mesmo formato, porém de tamanho “maior”, fizemos outra abertura para eliminar os objetos de altura inferior a altura máxima dos caracteres, ie tudo tinha altura maior ou igual a da placa foi eliminado. Desta forma elimina-se também a placa.



Figura 13 - Imagem após abertura máxima

Feito isso, subtraímos a imagem da figura 13 da imagem da figura 12, ou seja, a imagem resultante nesta etapa é a imagem diferença entre as imagens da abertura, mínima e máxima.

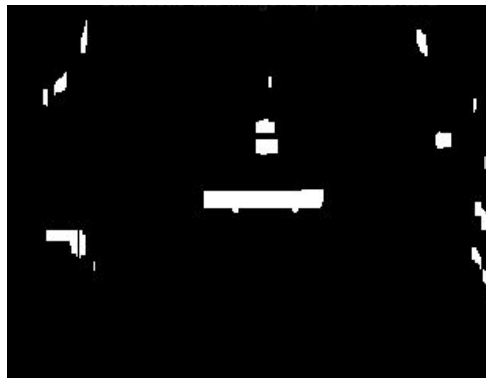


Figura 14 - Imagem após subtração e ainda com ruídos residuais

Como ainda restam alguns ruídos residuais na imagem obtida após a subtração, aplicamos uma abertura com um EE horizontal linear de largura menor do que a largura mínima da placa, desta forma, os objetos “grossos” são eliminados.

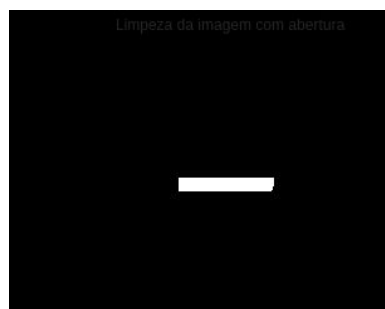


Figura 15 - Imagem após abertura

Uma última dilatação é aplicada para garantir a localização da placa por inteiro. Tal operação foi realizada com um EE na forma de quadrado, para aumentar a região que indica a existência de uma placa. Podemos imaginar a imagem obtida nesta etapa como uma faca para segmentação da imagem original



Figura 16 - Imagem após dilatação e com região da placa segmentada

Por fim, basta multiplicar a imagem da placa segmentada com a imagem original do veículo. A multiplicação é ponto a ponto e através dela, a imagem resultante contém a região da placa localizada.



Figura 17 -Imagem da placa destacada

### 3.4. Realce das imagens

Para obtermos alguma melhoria na localização das imagens, usamos algumas técnicas de realce. Dentre elas, equalização de histograma, filtragem passa baixa Butterworth e filtragem homomórfica.

### 3.4.1. Equalização de Histograma

Com o histograma equalizado, as imagens apresentam as regiões escuras mais destacadas. Utilizamos a função *equalize\_hist* da classe *exposure* contida na biblioteca *skimage*.



Figura 18-Imagem original e imagem após equalização de histograma

### 3.4.2. Filtragem Passa baixa Butterworth

Aplicando o filtro passa baixa, suavizamos as imagens. Utilizamos a abordagem vista na disciplina para tratar os aspectos acerca da Transformada de Fourier direta e sua inversa no que tange o espectro de frequência da filtragem.

O grau usado foi 2 e a frequência de corte foi de 120 pixels.



Figura 18-Imagem original e imagem após filtragem passa baixa

### 3.4.3. Filtragem Homomórfica

A filtragem homomórfica atua nos aspectos da iluminação da imagem e como nem todas as imagens continham iluminação adequada, utilizamos este filtro para suprir esta necessidade.

Implementamos uma maneira de remover os pixels com valores iguais a zero, e os substituímos por um valor mínimo de intensidade, devido ao fato da transformação logarítmica não suportar valores nulos perante seu domínio de atuação. Além disso, como a operação inversa do logaritmo é a exponenciação,

normalizamos a imagem resultante para obtermos uma apresentação sem erros e distorções (ainda assim, encontramos erros - valores tendendo ao infinito).



Figura 18-Imagem original e imagem após filtragem homomórfica

#### 4. Resultados e Discussão

Em nossa análise, aplicamos o método de processamento de imagem, discutido na metodologia - a saber, para localizar placas de veículos em imagens que contêm os mesmos. E através dos métodos de realce, para as imagens com falha na localização, buscamos aplicar a localização novamente e aferir tais resultados.

O tempo de processamento para cada imagem foi de 2 segundos, considerando a execução da filtragem de componentes, também da localização da placa, e do realce utilizando um computador equipado com processador Core™2 Solo Q9550 de 2,83GHz e 4GB de memória RAM. Citamos ainda a utilização do Google Colab, que depende da conexão de dados com a internet, cuja velocidade de conexão durante o desenvolvimento foi de 1 Gbps.

Consideramos como localização correta, aquelas imagens cuja placa estava localizada e apenas a placa. Uma localização parcial foi tida como aquela com imagem final contendo a placa localizada e mais algum ruído localizado por engano. Já na localização incorreta não foi encontrada nenhuma placa.

Na sequência, são apresentados alguns resultados obtidos perante casos particulares que notamos. A figura 19 é uma imagem de entrada em níveis de cinza. Ela pode ser considerada uma imagem ideal para a localização, pois a placa está bem evidente porém, existem locais escuros e finos que podem ser confundidos com a região da placa.

A figura 20 apresenta a aplicação da morfologia para segmentação, sem realce.





Figura 19-Imagem original

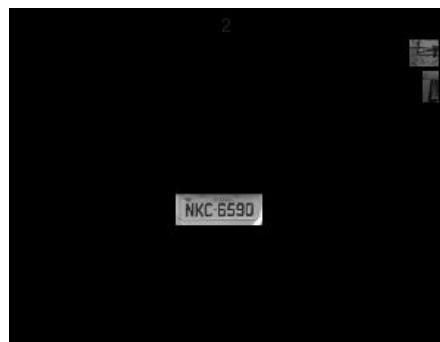


Figura 20-Localização Parcial da placa

Ao aplicarmos a filtragem homomórfica na figura 19, a iluminação foi corrigida e as regiões escuras foram iluminadas, equilibrando a imagem. Dessa forma, a figura 21 contém a localização correta.

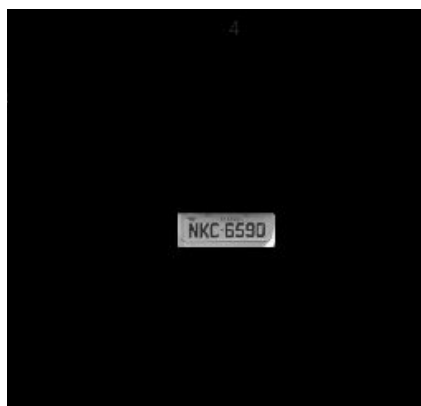


Figura 21-Localização Parcial da placa

Na imagem da figura 22, temos um caso particular obtido de localização incorreta sem realce e localização parcial com filtragem de passa baixa. Notamos que esta imagem está bem iluminada, mas existem regiões que são finas e escuras, como os caracteres da placa. Destacamos o pára-choque do veículo e o arbusto do lado direito da imagem.



Figura 22-Imagem original de caso de teste

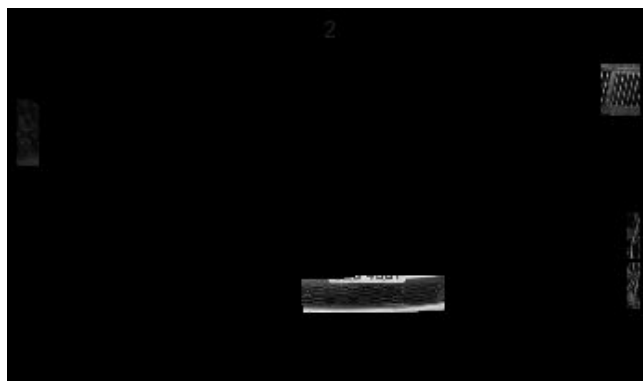


Figura 23-Localização Incorreta

Notamos que a região localizada foi próxima da placa, porém a presença destes detalhes em preto do pára-choque, invalidaram a segmentação correta.

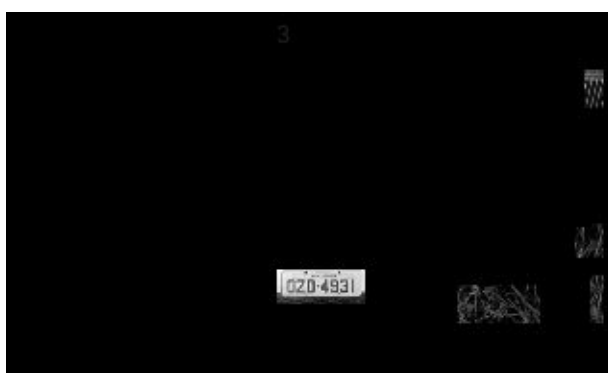


Figura 24-Localização Parcial após filtro passa baixa

Ao aplicar o filtro de passa baixa, obtivemos uma melhoria na localização, ao passo que tal localização não foi correta e sim parcial. A região escura foi suavizada e removida durante a abertura morfológica, mas o mesmo não ocorreu nos arbustos. Podemos justificar tal falha devido a dificuldade em estabelecer parâmetros numéricos de tamanho para os elementos estruturantes. Os tamanhos em pixels é pouco familiar ao tratá-los como métricas.

Na figura 26, temos o caso de localização correta mesmo sem realce. Destacamos o fato de a placa conter caracteres em branco, diferente dos caracteres pretos dos carros e caminhões particulares. Mesmo assim, a localização foi correta.



Figura 25 Imagem original caminhão



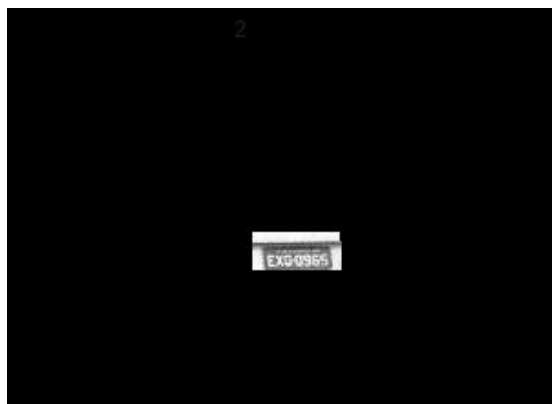
Figura 26- Imagem Localização da placa sem realce

Notamos que na figura 26, a localização correta foi quase atrapalhada pela presença de um detalhe de pára-choque. Abaixo temos outro caso de teste na figura 27.



Figura 27- Imagem original

Na localização de placa para a imagem acima, o método sem realce localizou parcialmente, ao passo que com o filtros de passa baixa a localização foi incorreta e com homomórfico foi parcial. A figura 28 apresenta a localização correta após a aplicação da equalização de histograma na imagem. Antes não havia contraste o suficiente para a localização sem realce.



As regiões do retrovisor e das grades pretas na lateral da imagem inviabilizaram as outras localizações, ao passo que a equalização de histograma trouxe mais detalhes para imagem, atenuando essas nuances escuras, que foram agrupadas em um conjunto grande e eliminadas na segmentação pela morfologia.

## **Resultados e Discussões**

### **5. Conclusões**

A abordagem apresentada neste estudo empregou a morfologia matemática para localizar e segmentar automaticamente placas de veículos de imagens em níveis de cinza. O objetivo principal do trabalho foi a segmentação de placas utilizando morfologia matemática. A proposta inicial desejada estabelecia a implementação de outro método de localização, porém devido a limitação de tempo, optamos em apresentar apenas o método com morfologia e trazer as técnicas de realce de imagem.

Destacamos uma certa dificuldade encontrada ao determinar os tamanhos dos EE's, pois a medida destes está definida em termos de pixels, e as imagens que utilizamos não tinham um tamanho fixo.

Outro aspecto está acerca da filtragem homomórfica, que apresentou alguns erros na execução da transformação logarítmica. Não ficamos satisfeitos com a implementação deste filtro, mesmo que aparentemente o mesmo tenha funcionado.

O tempo de execução do algoritmo foi satisfatório, mas isso pode ser consequência da utilização de alguns métodos já bem estabelecidos e operações simples. Uma dificuldade na aquisição das imagens tornou a apresentação de uma abordagem percentual de acertos de localização inviável. Gostaríamos de estabelecer métricas de imagens e agrupá-las em bancos para analisar melhor os resultados. Talvez isso tenha ocorrido devido a limitação de tempo.

O trabalho realizado contribuiu para o aprendizado de algumas técnicas de processamento de imagem e nos trouxe ambições para novos estudos relacionados

a redes neurais atuando no reconhecimento de caracteres. E também remeteu o desejo em programar com a linguagem Python, devido a boa experiência.

Futuramente, esperamos dar continuidade a esse trabalho, apresentando um banco de imagens maior, outro método de localização de placas e uma abordagem de reconhecimento de caracteres, para implementação de um sistema de reconhecimento de placas completo.

## REFERÊNCIAS

[1] FREITAS, R. UM SISTEMA DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE PLACAS DE AUTOMÓVEIS. Disponível em < <http://fei.edu.br/~rbianchi/publications/ENIA99.pdf> >

[2] CARVALHO, J. E.R; Uma Abordagem de Segmentação de Placas de Automóveis Baseada em Morfologia Matemática.  
Disponível em < <http://www2.ic.uff.br/~aconci/john.pdf> >

[3] Cunha, G.B; PEREIRA, A.D. Localização automática de placas de veículos utilizando variância tonal.  
Disponível em < [http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2005/ceel2005\\_058.pdf](http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2005/ceel2005_058.pdf) >