

Projeto 2 - MC920A - Limiarização

Marcelo Biagi Martins - 183303

1 Introdução

A limiarização de imagens [1] é uma técnica muito simples que busca converter uma imagem com diversos níveis de cinza para uma imagem binária, contendo apenas branco e preto. Para isso, diversos métodos podem ser encontrados na literatura, sendo que todos eles seguem o mesmo princípio básico: encontrar um valor(threshold) que divida a imagem em dois grupos. Para os pixels originais que possuem valor maior ou igual do que o threshold, seu pixel correspondente na imagem final será branco(fundo), e preto(objeto) no caso contrário.

Além disso, existem duas formas principais de se fazer a limiarização de imagens: através do método global ou de métodos locais. O método global é apenas um e seu único parâmetro que varia de valor é o threshold. Para imagens com 256 níveis de cinza e um bom contraste, um valor comum de threshold para este método é a metade do intervalo: 128. Assim, pixels com tons de cinza maiores ou iguais a 128 tornam-se brancos, e menores tornam-se pretos. Já para imagens com menor contraste, os níveis de cinza acabam sendo mais "concentrados" em alguns valores, e o threshold pode mudar nestes casos.

A outra forma, mais eficiente, é a limiarização local. Esses métodos analisam a vizinhança de cada pixel para realizar cálculos, que podem envolver o desvio padrão, mediana, média e diversas outras medidas. Nesses métodos, o tamanho da vizinhança analisada e os cálculos feitos tem grande influência no resultado final, e por isso este projeto foca nesses métodos e busca entender seus pontos fracos e fortes.

2 Especificações e funcionamento do programa

O script python criado para este projeto pode ser executado com o comando `python3 proj2.py + flags`. As flags em questão servem para alterar os parâmetros de execução do código e estão dispostas na tabela 1:

Tabela 1: **Flags de execução**

Flag	Opções	Valor default
--folder	Diretório com as imagens pgm	imagens/
--mask	inteiro de 1 a 100	3
--hist	[Y, y, N, n]	y
--image	Qualquer nome de imagem dentro do folder	baboon

Além disso, existe a flag obrigatória `--option OPT` que recebe o método de limiarização escolhido pelo usuário, conforme descrito na tabela 2:

Assim, por exemplo, o comando `python3 proj2.py --option 5 --mask 7 --hist n --image wedge` executa o método de Sabale para a imagem `wedge.pgm` com vizinhança de tamanho 7x7 e não gera o histograma.

Tabela 2: Métodos de limiarização

OPT	Método
1	Global
2	Bernsen
3	Niblack
4	Sauvola
5	Sabale
6	Contrast
7	Mean
8	Median
9	Todos acima

O programa funciona de forma simples: analisa o input do usuário e chama a função correspondente à opção selecionada, com o tamanho de máscara adequado para executar sobre a imagem pgm escolhida. Caso a opção escolhida seja a "9", todos os métodos para a imagem fornecida serão executados, porém mantendo a imagem, o tamanho da máscara e as configurações de histograma.

Após a execução, as imagens resultantes são salvas no mesmo diretório em que o script estiver no formato png. Os nomes gerados para a imagem resultante são da forma: *nomeImagem_método_maskmask.png* e os nomes dos histogramas são da forma *nomeImagem_método_histogram_maskmask_percentagemPixelPreto%.png*. No caso em que o usuário não deseja gerar os histogramas, uma mensagem *Percentage of black pixels = X%* será impressa no terminal. Assim, um histograma chamado "peppers_bernсен_histogram_5x5_22.02%black.png" foi gerado a partir da imagem "peppers.pgm" com máscara de 5x5 e o resultado final possui 22.02% de pixels pretos. Importante notar que o histograma entre um método e outro não muda, pois a imagem é a mesma. A única diferença está no título, que contém a porcentagem de pixels pretos para cada método.

3 Resultados

Muitas imagens foram geradas neste projeto e elas variam bastante de acordo com o método e com a sua luminosidade e contraste original. Assim, diversas comparações podem ser feitas. A primeira delas é em relação ao tamanho das vizinhanças(máscaras). Para a imagem "wedge", podemos analisar a interferência desses valores no resultado final, conforme a figura 1.

Conforme a figura, pode-se perceber que o tamanho da máscara influencia diretamente no resultado, sendo que o melhor deles foi atingido com a máscara 7x7 e que testes com a 9x9 também apresentaram resultados satisfatórios dentro do possível. É notável que nenhum dos métodos apresentou resultados muito parecidos com a imagem original, sendo que alguns, como o de sabale, geraram imagens totalmente insatisfatórias, em que há 99,89% de pixels pretos com uma máscara de 7x7, por exemplo. Já para os filtros que obtiveram bons resultados, máscaras de tamanho próximo de 7 foram bem-sucedidas, pois essa medida preserva detalhes e consegue suprimir mais ruídos, enquanto que máscaras pequenas de 3x3 não conseguem suprimir os ruídos e as máscaras grandes de 15x15 ou mais não conseguem conservar muitos detalhes.

Além dessa comparação, podemos analisar o desempenho dos métodos para as imagens. Fixando o tamanho da máscara em 7x7, foram obtidos os seguintes resultados para as imagens baboon e peppers, representados nas figuras 2 e 3.

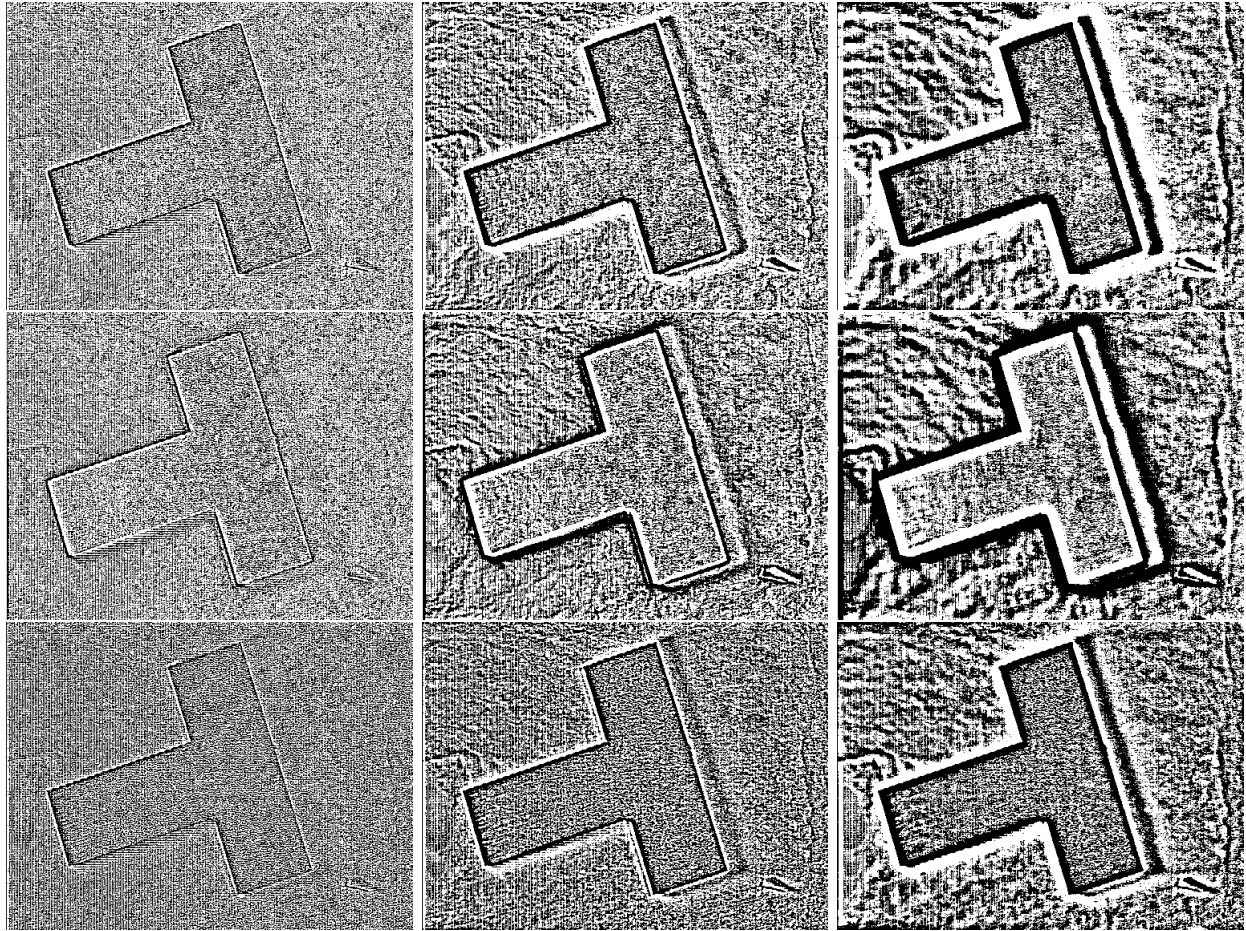


Figura 1: Linhas representando bernsen, contrast e mean. Colunas representando máscara 3x3, 7x7, 15x15

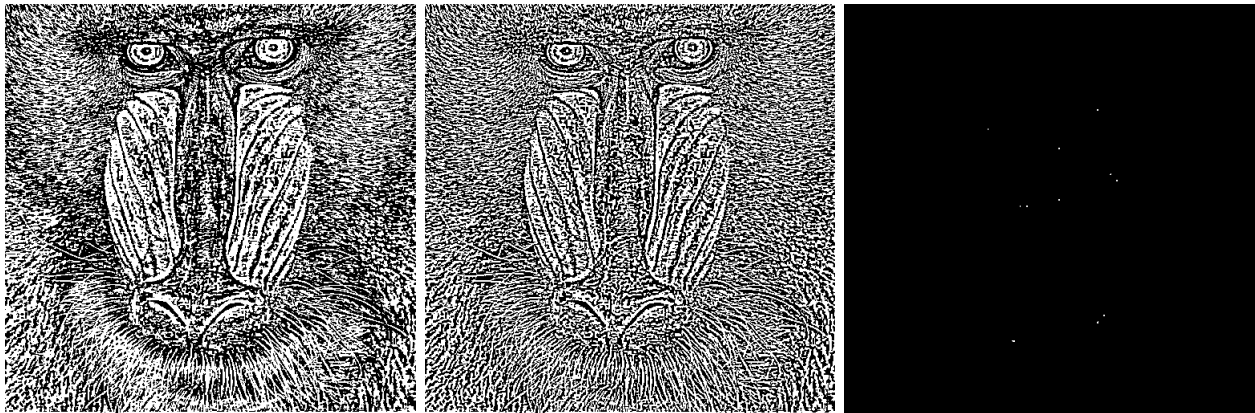


Figura 2: Comparação baboon entre bernsen, mean e sabale com máscara 7x7

Nota-se basicamente o mesmo resultados para as duas imagens: bernsen como o melhor, mean como médio e sabale como o pior, possuindo 99,98% de pixels pretos como resultado. Esses resultados semelhantes se devem ao fato de que tanto a baboon quanto a peppers são imagens que o "objeto" é a imagem toda. E nitidamente filtros como o de sabale não funcionam nessas condições. Para isso, outros testes foram feitos com imagens distintas, representadas na figura 4.



Figura 3: Comparação peppers entre bernsen, mean e sabale com máscara 7x7

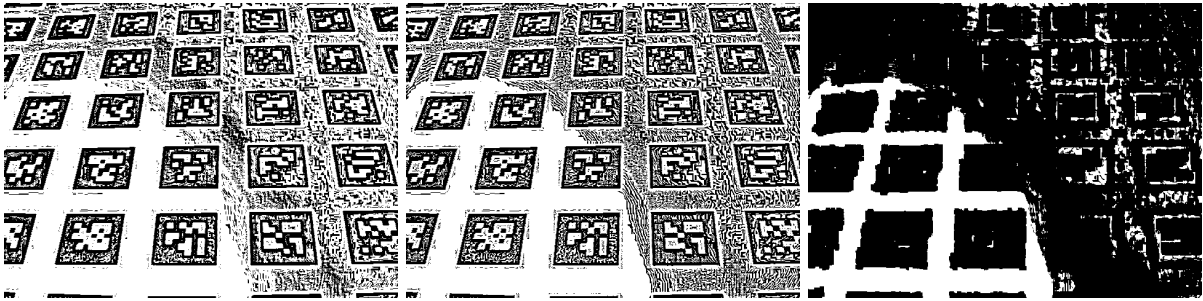


Figura 4: Comparação fiducial entre bernsen, mean e sabale com máscara 7x7

A imagem fiducial foi a única em que o filtro sabale obteve resultados visíveis e, mesmo assim, foi o pior de todos os métodos analisados. Portanto, ele não é um bom filtro para limiarizar imagens escuras com um bom contraste.

Além disso, ainda é possível comparar a eficiência geral dos filtros, conforme 5. De todos os resultados obtidos para todas as imagens fornecidas e utilizando máscaras 7x7, os melhores foram: baboon(bernsen, global), fiducial(bernsen, mean), monarch(bernsen, mean), sonnet(mean, mediana), peppers(bernsen, global), retina(bernsen, contrast) e wedge(bernsen, contrast). Assim, nota-se que o método de bernsen, mesmo sendo um dos mais simples de todos, foi o que apresentou os resultados mais satisfatórios nesse estudo. Além disso, métodos globais são bons para imagens em que o objeto ocupa todo o espaço, como é o caso do baboon e peppers. Enquanto isso, os piores métodos foram constantemente o de sabale e de sauvola, que apresentaram imagens com mais de 95% de pixels brancos ou pretos na maioria dos casos.

Quanto aos métodos globais, é quase uma constante que seus resultados são insatisfatórios, caracterizados por manchas e intenso ruído inexistente na imagem original. Isso se deve ao fato de que os mesmos não analisam as nuances das vizinhanças de cada pixel e apenas realizam uma binarização da forma mais simples possível. Assim, sombras e imagens escuras tornam-se pontos pretos na imagem final, tornando-as irreconhecíveis. Os únicos casos neste estudo em que isso não aconteceu, como já citado, foram com as imagens peppers e baboon. Temos alguns resultados globais na figura 6 que exemplificam essa criação de sombras.

Por fim, ainda podemos comparar a eficiência dos métodos de niblack, sauvola e sabale, pois eles estão interligados e usam os dois mesmos parâmetros para calcular o limiar: média e desvio padrão da vizinhança. Enquanto que o método de sauvola é uma aprimoração do método de niblack, o método de sabale serve para imagens de baixo contraste. Para os testes, foi utilizado sempre a constante $k=0.2$

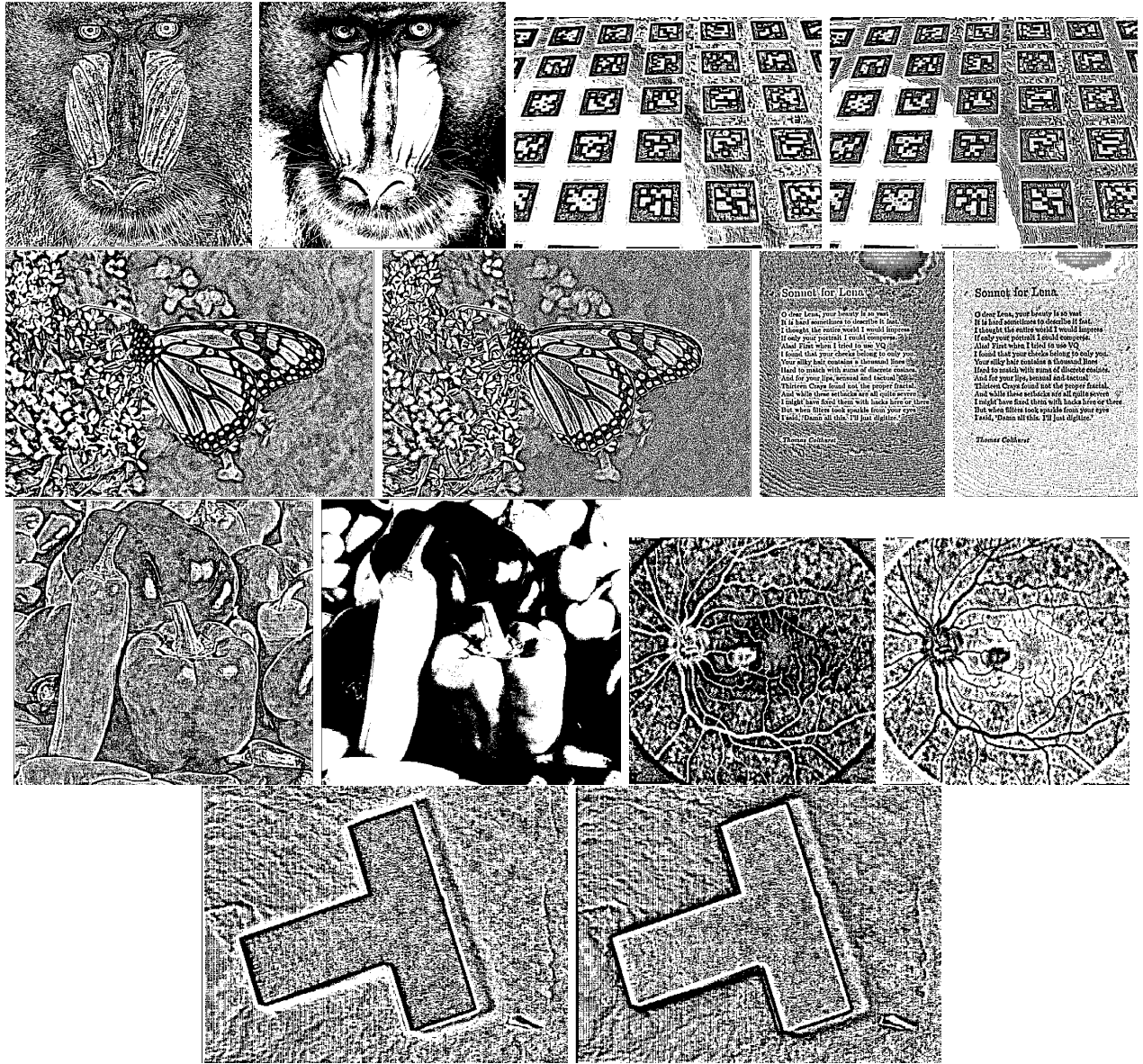


Figura 5: Os dois melhores resultados para cada imagem

no filtro de niblack, como sugerido na literatura [2]. Assim, temos os resultados nas figuras 7 e 8.

Os histogramas ajudam a entender o porquê dos resultados de sabale e sauvola serem visíveis para fiducial e não para wedge. Enquanto que o contraste desta é bom, o contraste da primeira não é, visto que seu histograma está concentrado em valores entre 20 e 100 e valores entre 245 e 255 (figura 9), ou seja, os filtros de sabale e sauvola conseguem agir melhor sobre a imagem fiducial. Isso explica porque os resultados desses dois filtros são tão insatisfatórios nas outras imagens, pois a fiducial é a única com o contraste baixo. Assim, nota-se que, na imagem wedge, sabale obteve 99,89% de pixels pretos, enquanto que sauvola obteve 100% de pixels brancos, dois resultados totalmente dispensáveis.

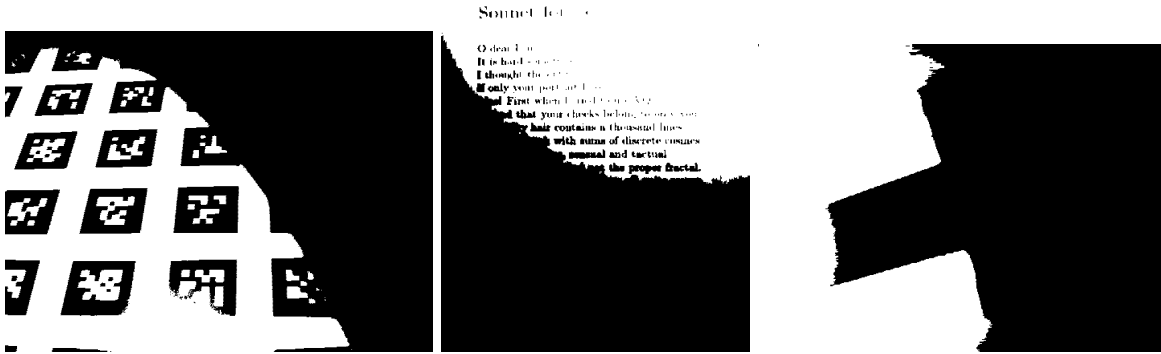


Figura 6: Resultados globais para fiducial, sonnet e wedge

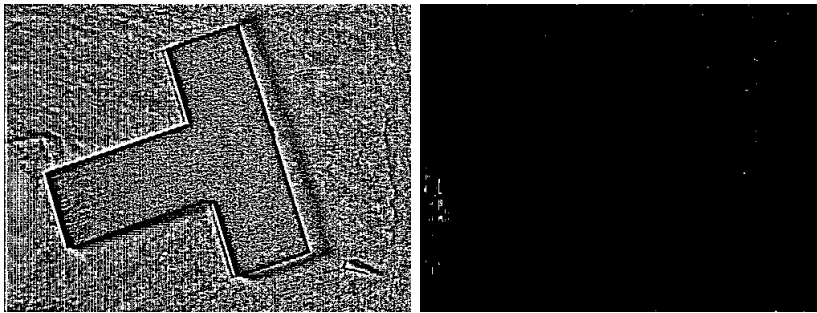


Figura 7: Comparação wedge entre niblack, sabale e sauvola

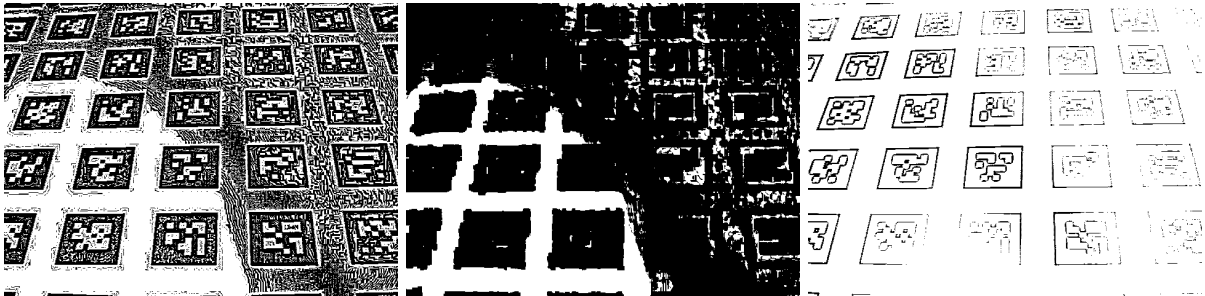


Figura 8: Comparação fiducial entre niblack, sabale e sauvola

4 Conclusões

É marcante como o tamanho da máscara influencia no resultado final gerado. Percebeu-se que máscaras de tamanho médio, como 7x7, são ideais, pois preservam detalhes e suprimem ruídos em uma taxa melhor do que as máscaras menores ou maiores. Além disso, esse tamanho foi funcional devido às dimensões das imagens estudadas serem pequenas.

Conforme visto no anexo, nas figuras 10 e 11, a maioria das imagens apresentava um bom contraste, pois seus histogramas estão relativamente bem distribuídos e, por isso, os filtros de sauvola e sabale apresentaram péssimos resultados e o de bernsen foi o melhor no geral. Além disso, inclusive o filtro global obteve melhores resultados do que alguns métodos mais complexos, como no caso das imagens peppers e baboon.

Sendo assim, conclui-se que a técnica de limiarização é extremamente poderosa, mas seus parâmetros

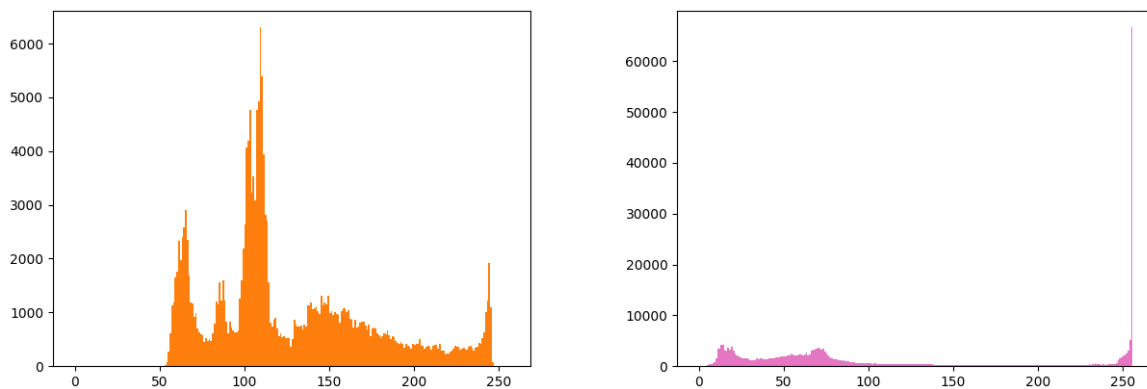


Figura 9: Histograma wedge e fiducial

devem ser escolhidos com cautela e variam muito, e esse tradeoff pode interferir significativamente nos resultados.

Referências

- [1] *O que é Binarization*, Em <https://craftofcoding.wordpress.com/2017/02/13/image-binarization-1-introduction/> 1
- [2] *How Niblack and Sauvola work*, Em <https://pdfs.semanticscholar.org/809e/ed8e72e34bcb757a86ea9fef60fbe5cf12e3.pdf> 5

5 Anexos



Figura 10: Figuras teste

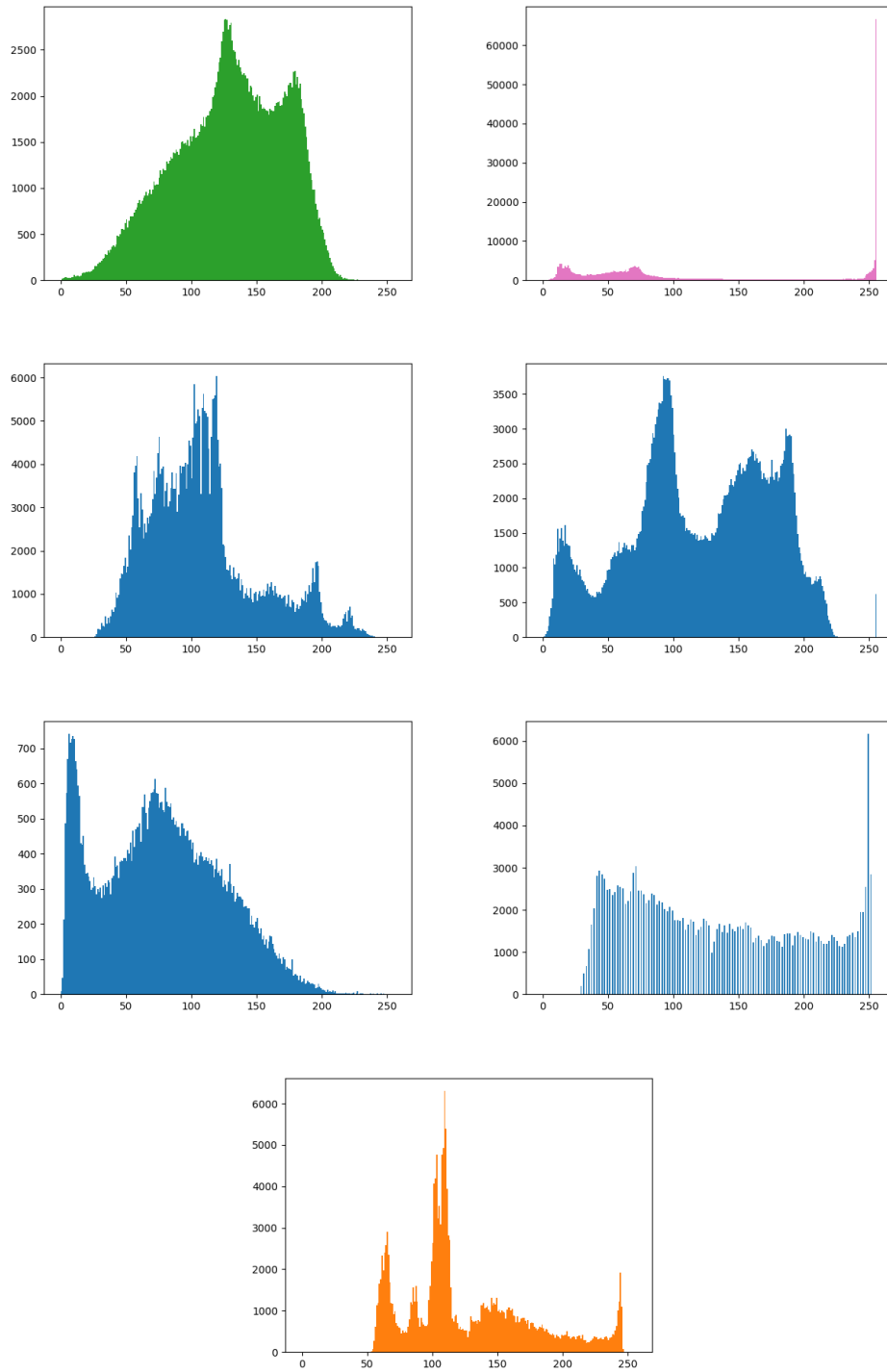


Figura 11: Histogramas baboon, fiducial, monarch, peppers, retina, sonnet e wedge, respectivamente