

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**Cap BRUNO AVELINO DE ARAUJO OLIVEIRA  
JAYME BOARIN DE MAGALHÃES ALVIM**

**DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS DE SEGMENTAÇÃO DE  
IMAGENS EM AMBIENTE ANDROID**

**Rio de Janeiro  
2017**

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**Cap BRUNO AVELINO DE ARAUJO OLIVEIRA  
JAYME BOARIN DE MAGALHÃES ALVIM**

**DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS DE  
SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS EM AMBIENTE ANDROID**

Projeto de Fim de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Carla Liberal Pagliari - Ph.D.  
Co-Orientador: Prof. Marcelo de Mello Perez - Ph.D.

Rio de Janeiro  
2017

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
Praça General Tibúrcio, 80 - Praia Vermelha  
Rio de Janeiro - RJ CEP 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

Oliveira, Bruno Avelino de Araujo  
Desenvolvimento de Algoritmos de Segmentação de  
Imagens em Ambiente Android / Bruno Avelino de  
Araujo Oliveira, Jayme Boarin de Magalhães Alvim, ori-  
entado por Carla Liberal Pagliari e Marcelo de Mello  
Perez - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia,  
2017.

22p.: il.

Projeto de Fim de Curso (graduação) - Instituto  
Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017.

1. Curso de Graduação em Engenharia de Compu-  
tação - projeto de fim de curso. 1. Segmentação. 2.  
Imagem. 3. Visão Computacional. 4. Algoritmos. I.  
Pagliari, Carla Liberal. II. Perez, Marcelo de Mello .  
III. Título. IV. Instituto Militar de Engenharia.

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**Cap BRUNO AVELINO DE ARAUJO OLIVEIRA  
JAYME BOARIN DE MAGALHÃES ALVIM**

**DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS DE  
SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS EM AMBIENTE ANDROID**

Projeto de Fim de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Carla Liberal Pagliari - Ph.D.

Co-Orientador: Prof. Marcelo de Mello Perez - Ph.D.

Aprovado em 18 de Maio de 2017 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Carla Liberal Pagliari - Ph.D. do IME - Presidente

---

Prof. Marcelo de Mello Perez - Ph.D. do IME

---

Prof. Anderson Fernandes Pereira dos Santos - D.Sc. do IME

---

Paulo Roberto Rosa Lopes Nunes - Ph.D. do IME

Rio de Janeiro  
2017

Dedico aos meus familiares, amigos, minha esposa Mayra e professores do Instituto Militar de Engenharia, pois me deram forças e foram fundamentais para que eu pudesse vencer os obstáculos diários. Dedico aos meus pais e familiares pelo amor incondicional e pelos valores e ensinamentos passados que me fazem crescer e evoluir constantemente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos que estiveram comigo durante essa árdua jornada de estudos e me auxiliaram nessa etapa de desenvolvimento profissional. Um muito obrigado aos familiares, amigos e mestres.

Um obrigado especial aos Professores Orientadores Ph.D. Carla Liberal Pagliari e Ph.D. Marcelo de Mello Perez, por suas disponibilidades e atenções.

““Computação não se relaciona mais a computadores. Relaciona-se a viver.””

NICHOLAS NEGROPONTE

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	7
LISTA DE TABELAS .....	8
<b>1     INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1   Motivação .....	9
1.2   Objetivos .....	10
1.3   Justificativa .....	10
<b>2     SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS .....</b>	<b>12</b>
2.1   Conceito .....	12
2.2   Segmentação para seres humanos e para computadores .....	12
<b>3     ALGORITMOS DE SEGMENTAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
3.0.1   Thresholding .....	16
3.0.2   Baseado em Bordas .....	17
3.0.3   Baseado em Regiões .....	17
3.0.3.1 Split and Merge .....	17
3.0.3.2 Region growing (abordagem bottom-up) .....	18
<b>4     FERRAMENTAS .....</b>	<b>19</b>
<b>5     CRONOGRAMA .....</b>	<b>20</b>
5.1   Definição de Etapas .....	20
5.1.1   Escolha do Tema e Estudo de Viabilidade .....	20
5.1.2   Revisão Bibliográfica .....	20
5.1.3   Elaboração da Monografia .....	20
5.1.4   Estudo e Análise dos Algoritmos de Segmentação de Imagem .....	20
5.1.5   Implementação .....	20
5.1.6   Teste .....	21
5.1.7   Entrega do Relatório Final e Apresentação .....	21
5.2   Entregáveis .....	21
<b>6     REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG.1.1	Tela do Aplicativo Android (imagem original e imagem segmentada). . . . .	9
FIG.1.2	Diagrama em Blocos do Projeto. . . . .	10
FIG.2.1	Imagem original(ARBELAEZ et al., 2011). . . . .	13
FIG.2.2	Imagens segmentadas por seres humanos, gerando 8 e 16 segmentos nas duas primeiras imagens e nas duas últimas, respectivamente.(ARBELAEZ et al., 2011). . . . .	13
FIG.2.3	Imagens segmentadas por seres humanos, gerando 22 e 26 segmentos nas duas primeiras imagens e nas duas últimas, respectivamente.(ARBELAEZ et al., 2011). . . . .	13
FIG.2.4	Imagem original(DATASET; BENCHMARK, 2017). . . . .	14
FIG.2.5	Resultados de 4 algoritmo de detecção de bordas (DATASET; BENCHMARK, 2017). . . . .	14
FIG.3.1	Uma representação visual de uma região (STANFORD, 2017) à esquerda e à direita segmentada pelo algoritmo quadtree em linguagem de programação python. . . . .	18
FIG.3.2	Imagem de uma moeda (STANFORD, 2017) à esquerda e à direita segmentada pelo algoritmo watersheed em linguagem de programação python. . . . .	18

## LISTA DE TABELAS

TAB.5.1	Cronograma das atividades previstas .....	21
---------	---	----

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Cada vez mais as máquinas estão sendo utilizadas em atividades de nossa sociedade. Atuando na substituição de profissionais ou no auxílio dos mesmos, elas estão presentes e participando de nosso cotidiano ativamente. A implementação de sistemas de visão computacional tem se tornado, portanto, uma necessidade mais forte à medida que as aplicações que envolvem o tratamento de imagens se desenvolvem e buscam se aproximar da visão e da análise humana. A segmentação é uma importante técnica utilizada nas atividades que envolvem o processamento digital de imagens. Diversas são as aplicações que fazem uso da identificação e análise de uma imagem, necessitando do estudo de regiões específicas das mesmas a fim de alcançar resultados e conclusões de forma eficiente. Por se tratar de um problema sem solução universal e de vasta aplicação, existem inúmeras possibilidades a serem exploradas e muito se tem estudado sobre essa área, com a evolução de novas técnicas e algoritmos que trazem uma nova abordagem ao problema. Esse projeto visa estudar e implementar técnicas de segmentação de imagens no ambiente Android, possibilitando o aprendizado de diferentes métodos da área de processamento de imagens, incluindo a área de visão computacional, bem como de desenvolvimento de aplicativos na plataforma Android. A Figura 1.1 exibe o resultado do aplicativo que este projeto de final de curso está desenvolvendo.

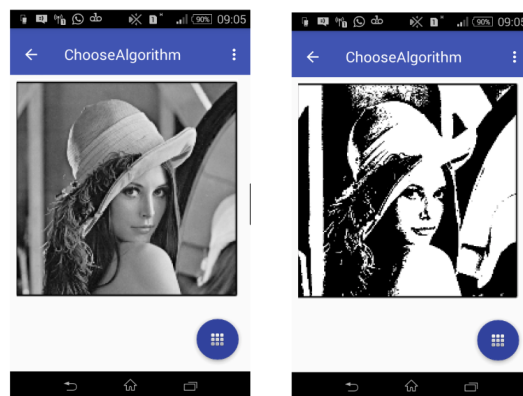


FIG. 1.1: Tela do Aplicativo Android (imagem original e imagem segmentada).

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo dessa pesquisa é o desenvolvimento de uma aplicação móvel, em plataforma Android, capaz de segmentar imagens por meio de diferentes algoritmos e técnicas de pré-processamento na área de Visão Computacional. A realização de todas as etapas de desenvolvimento até a concepção do produto final, que será disponibilizado para livre utilização, permitirá aos alunos maior conhecimento nesse assunto que é um dos domínios mais promissores da tecnologia e complementará a sua formação como engenheiros de Computação. A Figura 1.2 ilustra os passos do projeto, onde o aplicativo poderá adquirir imagens diretamente da câmera do dispositivo ou da galeria de imagens do dispositivo. O bloco denominado Pré-Processamento ilustra uma possível etapa de pré-processamento das imagens oriundas da câmera ou do banco de imagens, com a finalidade de tratar as imagens para os algoritmos de segmentação. O bloco seguinte, Técnicas de Segmentação implementa um ou mais métodos de segmentação, descritos no capítulo 2. Finalmente, o bloco Exibição vai exibir a imagem segmentada na tela do dispositivo.

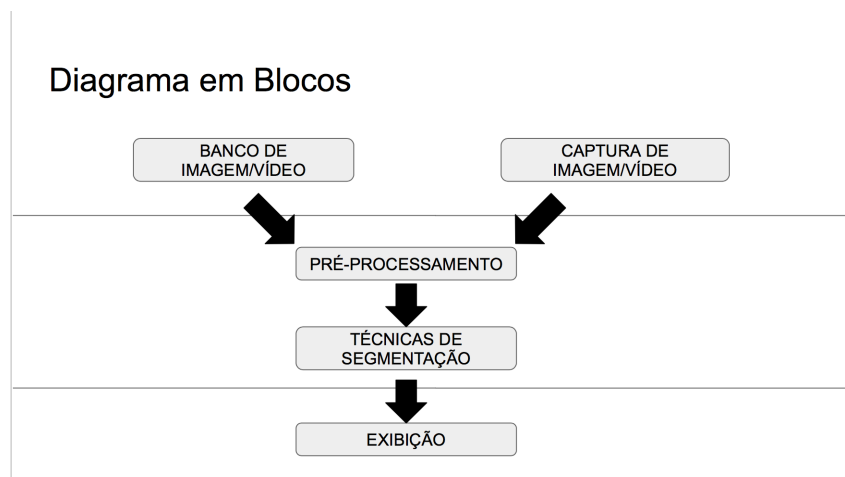


FIG. 1.2: Diagrama em Blocos do Projeto.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho pode ser justificado com base nos seguintes pontos:

- Inexistência de uma solução única para o problema em questão. Trata-se de um problema ainda em aberto com muitas oportunidades a serem exploradas;
- Diversas aplicações necessitam da segmentação de imagens como parte importante

das suas atividades, além de outras que podem ser aprimoradas e desenvolvidas por meio de sua utilização;

- Visão computacional como domínio promissor da tecnologia, com uma atuação cada vez maior no mercado e interação com outros domínios como robótica e inteligência artificial.

## 2 SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

A segmentação é um problema do tipo "ill-posed" ("mal definido"), uma vez que não existe uma solução única, universal. Por isso, a segmentação é considerada o problema mais difícil de ser resolvido em análise de imagens (POGGIO et al., 1985).

### 2.1 CONCEITO

A segmentação de imagens tem como uma de suas interpretações como a divisão em regiões ou categorias consideradas "relevantes", que correspondem a objetos ou partes de objetos. Decidir o que é relevante em uma imagem depende do problema a ser resolvido, em que os objetos segmentados devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Dentre essas aplicações, podemos citar os seguintes exemplos:

- Aplicações militares: Reconhecimento de alvos terrestres, aéreos e navais;
- Análise de imagens médicas: Identificação de doenças como tumores;
- Veículos autônomos;
- Robótica.

### 2.2 SEGMENTAÇÃO PARA SERES HUMANOS E PARA COMPUTADORES

Para seres humanos, a identificação de regiões similares ou objetos diferentes presentes em uma imagem é um processo fácil. Nosso sistema cognitivo auxiliado por nosso sistema visual nos permite reconhecer e segmentar os objetos de forma instantânea sem nos darmos conta desse processo. Além disso, usamos a segmentação por distância como técnica auxiliar, uma vez que nossa visão estereoscópica nos fornece informação de profundidade. No caso de computadores, essa tarefa se torna mais complexa, pois envolve a análise de características de cada pixel ou da distribuição da população de pixels. Para isso, deve-se implementar algoritmos de segmentação, os quais serão explorados com maior profundidade nas seções subsequentes dessa pesquisa. A Figura 2.4 exibe uma imagem que foi manualmente segmentada por 4 seres humanos. É possível notar que cada pessoa não identificou como "relevantes" as mesmas áreas, conforme ilustrado pela Figura 2.3.



FIG. 2.1: Imagem original(ARBELAEZ et al., 2011).

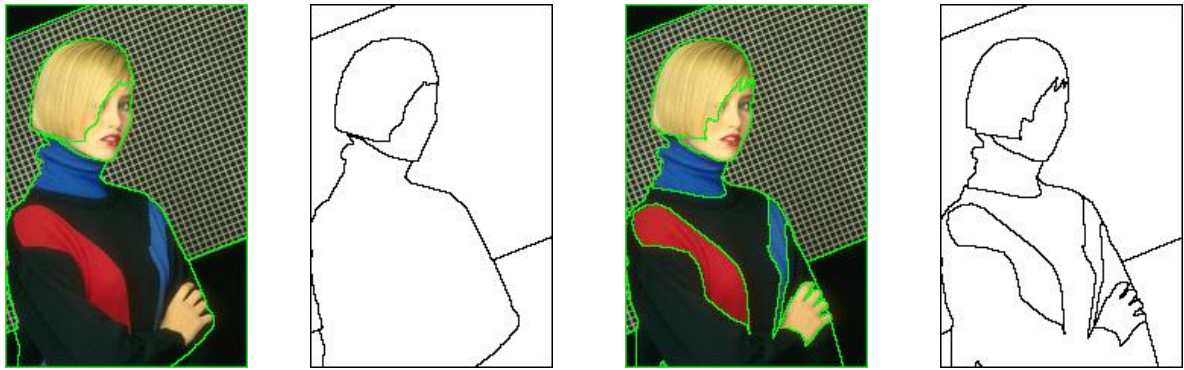


FIG. 2.2: Imagens segmentadas por seres humanos, gerando 8 e 16 segmentos nas duas primeiras imagens e nas duas últimas, respectivamente.(ARBELAEZ et al., 2011).

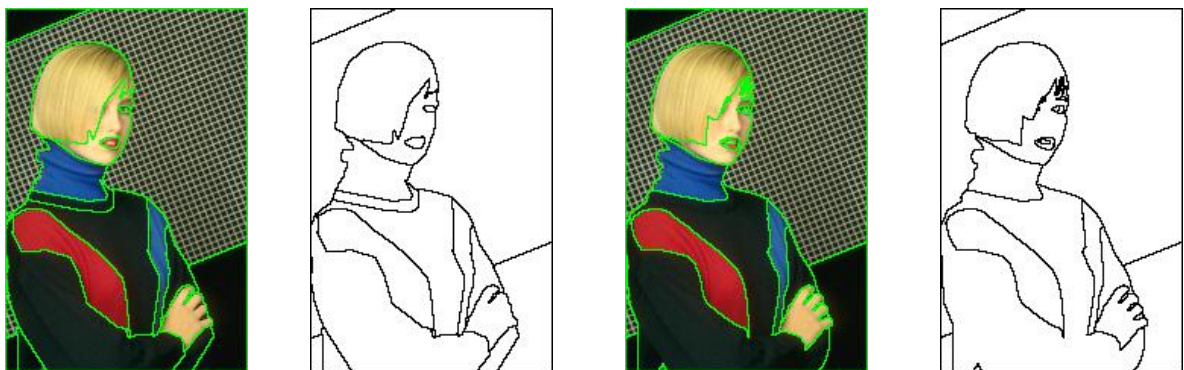


FIG. 2.3: Imagens segmentadas por seres humanos, gerando 22 e 26 segmentos nas duas primeiras imagens e nas duas últimas, respectivamente.(ARBELAEZ et al., 2011).

Ainda que o processo de segmentação para humanos seja fácil e automático, é comum e natural que diferentes pessoas identifiquem objetos ou partes de objetos distintos em uma

dada imagem. Isso se deve à percepção de relevância atribuída a cada região variar com a interpretação pessoal de cada um. O mesmo problema ocorre de forma mais acentuada com relação aos diferentes algoritmos. Cada algoritmo tem a sua própria abordagem para tratar do mesmo problema e, de acordo com sua implementação, leva a diferentes resultados, que podem ser analisados comparativamente. É importante dizer que o mesmo algoritmo pode ser mais ou menos eficiente de acordo com a imagem utilizada como dado de entrada, possibilitando diversos estudos na área como o tema desta pesquisa. A Figura 2.5 ilustra este problema(DATASET; BENCHMARK, 2017) .



FIG. 2.4: Imagem original(DATASET; BENCHMARK, 2017).

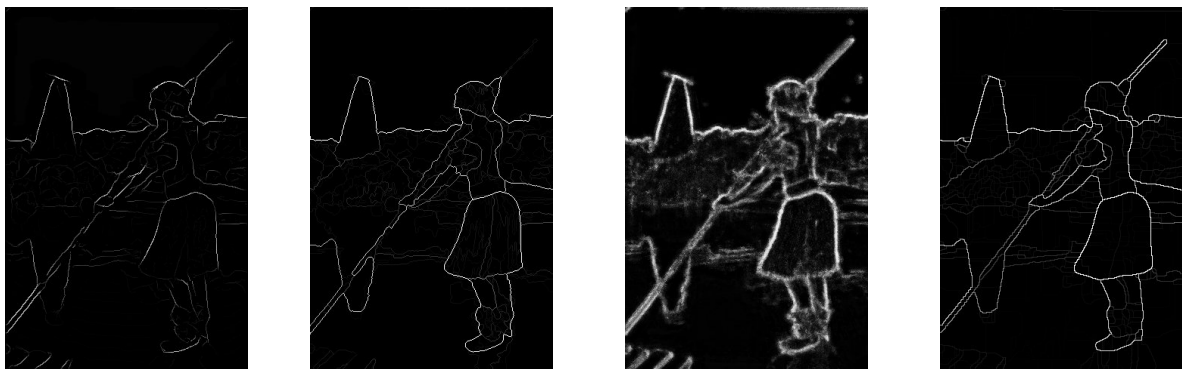


FIG. 2.5: Resultados de 4 algoritmo de detecção de bordas (DATASET; BENCHMARK, 2017).

Devido a grande variedade de algoritmos existentes, nos limitaremos à explicação dos principais e mais utilizados, os quais fornecem um bom entendimento das técnicas utilizadas e servem como base para o desenvolvimento de novas técnicas. O Capítulo 3



apresenta as técnicas estudadas.

### 3 ALGORITMOS DE SEGMENTAÇÃO

Este capítulo descreve 4 técnicas de segmentação de imagens, sendo a por limiar (Thresholding) a mais simples. As técnicas baseadas em bordas e regiões são mais complexas e demandam um ônus computacional mais elevado.

- Thresholding
- Método Baseado em Bordas
- Método Baseado em Regiões
  - Split and Merge
  - Watershed

#### 3.0.1 THRESHOLDING

É o método mais simples de segmentação de imagens. Busca dividir a imagem em duas categorias: objetos (foreground) e background. Cada pixel é alocado a uma categoria de acordo com seu valor em níveis de cinza.

Dado um threshold  $T$ , o pixel localizado na posição  $(i,j)$  com valor  $f_{ij}$  é alocado à categoria 1 se:  $f_{ij} \leq T$ . Caso contrário, o pixel é alocado à categoria 2.

O threshold  $T$  pode ser escolhido manualmente, tentando diferentes valores de  $T$  e analisando qual deles é mais eficiente na identificação dos objetos de interesse. O threshold  $T$  também pode ser escolhido a partir do Histograma da imagem.

Escolhe-se  $T$  como o valor entre as duas distribuições de cinza.

#### EXEMPLOS

##### THRESHOLD GLOBAL

O mesmo valor de  $T$  é usado para a imagem inteira.

##### THRESHOLD LOCAL (OU DINÂMICO)

Divide-se a imagem em regiões distintas e adota-se um valor  $T$  para cada uma delas, onde esse valor funcionará como Threshold Global.

### 3.0.2 BASEADO EM BORDAS

Primeiramente, classifica-se os pixels como “borda” ou “não-borda”. Depois, divide-se a imagem em regiões, baseado nas bordas detectadas.

As bordas são identificadas por meio das descontinuidades, isto é, variações abruptas nos valores dos pixels.

**EXEMPLOS e as REFERENCIAS, se for o caso**

### 3.0.3 BASEADO EM REGIÕES

#### O QUE É UMA REGIÃO?

Uma região pode ser “definida” como um grupo de pixels conectados com propriedades similares. Porém, é um conceito importante e difícil de definir, já que depende da interpretação do que seria uma região em determinado caso, conforme ilustrado no capítulo 2 pelas Figuras 2.3 e 2.5.

**EXEMPLOS**

#### 3.0.3.1 SPLIT AND MERGE

##### PROCEDIMENTO

As etapas fundamentais deste algoritmo segundo são:

- a) Criar critério para definir o que é uma área homogênea.
- b) Começar com a imagem completa e divide em 4 sub-imagens.
- c) Checar cada sub-imagem e dividi-la novamente em 4 novas sub-imagens caso ela não seja homogênea.
- d) Repetir Passo 3 até que não se consiga mais subdividir.
- e) Comparar sub-imagens com suas regiões vizinhas e agrupá-las se forem homogêneas.
- f) Repetir Passo 5 até que não se consiga mais agrupar.

#### EXEMPLO - SPLIT AND MERGE

Um exemplo de segmentação baseada em região Split and Merge é o algoritmo quadtree. A figura 3.1 abaixo ilustra a segmentação de imagem por este algoritmo, e observa-se a segmentação da região que contém água na figura.

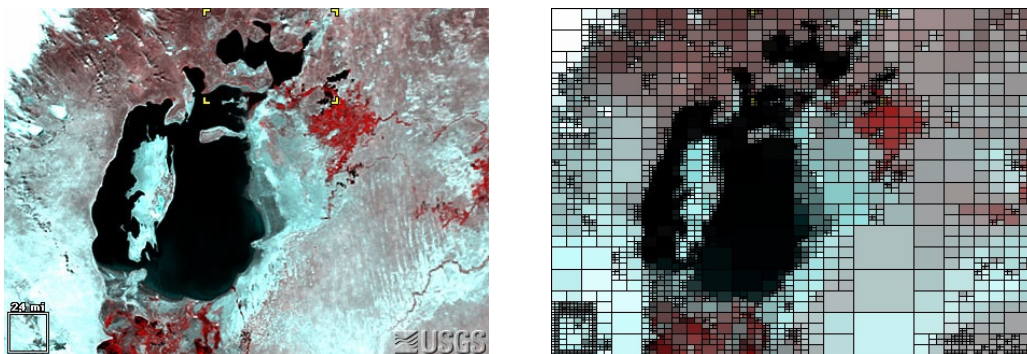


FIG. 3.1: Uma representação visual de uma região (STANFORD, 2017) à esquerda e à direita segmentada pelo algoritmo quadtree em linguagem de programação python.

### 3.0.3.2 REGION GROWING (ABORDAGEM BOTTOM-UP)

#### PROCEDIMENTO

As etapas fundamentais deste algoritmo são:

- a) Identificar o ponto de partida.
- b) Incluir pixels vizinhos com características similares (nível de cinza, textura, cor, etc).
- c) Continuar até que todos os pixels estejam associados com um dos pontos de partida.

#### EXEMPLO - WATERSHEED

Um exemplo de segmentação baseada em região Region growing é o algoritmo watershed. A figura 3.2 abaixo ilustra a segmentação de imagem por este algoritmo, e observa-se que regiões distintas correspondentes à cada moeda da figura.

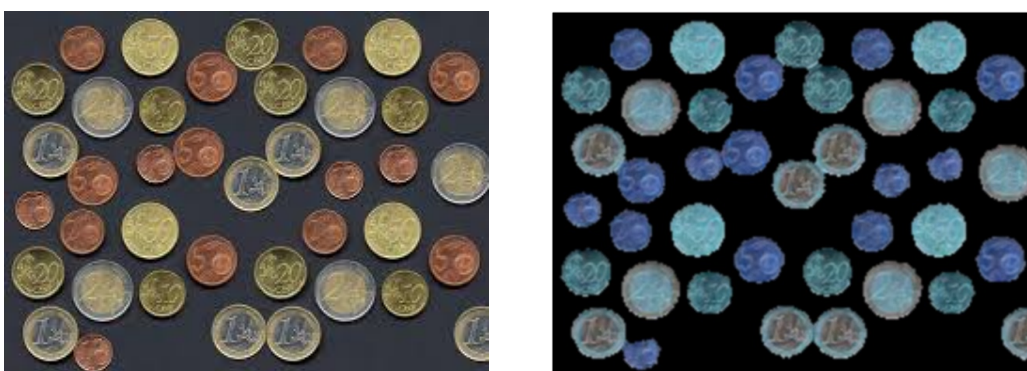


FIG. 3.2: Imagem de uma moeda (STANFORD, 2017) à esquerda e à direita segmentada pelo algoritmo watershed em linguagem de programação python.

## 4 FERRAMENTAS

OpenCV e Android

## 5 CRONOGRAMA

### 5.1 DEFINIÇÃO DE ETAPAS

#### 5.1.1 ESCOLHA DO TEMA E ESTUDO DE VIABILIDADE

A escolha do tema foi a primeira etapa do projeto. O uso de dispositivos móveis, bem como de suas respectivas câmeras tem sido cada dia mais frequentes. Essas câmeras captam informações do ambiente que os cercam e a segmentação de imagem pode ser usado no processamento de imagens de forma a desenvolver soluções computacionalmente automatizáveis.

Após a escolha do tema, foi feito o estudo de viabilidade, de forma a se verificar a possibilidade da cumprimento do objetivo do tema em tempo aceitável.

#### 5.1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Rêferências tais como livros, artigos e outras referências foram estudadas durante o período de revisão bibliográfica, de forma a permitir um embasamento bibliográfico do projeto.

#### 5.1.3 ELABORAÇÃO DA MONOGRAFIA

Esta fase do projeto se estende até o termino do projeto de fim de curso. Nesta última, confecciona-se um relatório utilizando-se os conhecimentos adquiridos desde o início do projeto.

#### 5.1.4 ESTUDO E ANÁLISE DOS ALGORITMOS DE SEGMENTAÇÃO DE IMAGEM

Na aplicação proposta, alguns algoritmos de segmentação de imagem serão implementados no dispositivo móvel, de modo a estudá-los e verificar o mais apropriado à aplicação.

#### 5.1.5 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação ocorrerá após o estudo dos algoritmos e da definição de quais deles são mais indicados à proposta. Em uma primeira fase os algoritmos serão implementados em outros ambientes de desenvolvimento e em uma segunda etapa será realizada a portabilidade para o ambiente Android.

### 5.1.6 TESTE

Os testes com as imagens em diferentes algoritmos serão realizados e, com a implementação pronta, pode-se observar e comparar os resultados dos algoritmos.

### 5.1.7 ENTREGA DO RELATÓRIO FINAL E APRESENTAÇÃO

A partir das análises e de todo conteúdo, implementação, análises e testes, será feito o relatório e a apresentação à banca.

## 5.2 ENTREGÁVEIS

Os entregáveis serão:

- Projeto do Aplicativo
- Escolha dos Algoritmos
- Aplicativo em Ambiente Android de Segmentação de Imagens implementado
- Testes e análises comparativas

Etapa	Meses								
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
4.1.1	X	X	X						
4.1.2	X	X	X	X					
4.1.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4.1.4						X	X	X	
4.1.5						X	X	X	
4.1.6								X	
4.1.7									X

TAB. 5.1: Cronograma das atividades previstas

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBELAEZ, P.; MAIRE, M.; FOWLKES, C. ; MALIK, J. Contour detection and hierarchical image segmentation. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 33, n. 5, p. 898–916, 2011.

THE BERKELEY SEGMENTATION DATASET AND BENCHMARK. Berkeley Segmentation Dataset. Disponível em: <<https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/BSDS300>>. Acesso em: 10 mai. de 2017.

POGGIO, T.; TORRE, V. ; KOCH, C. Computational vision and regularization theory. **Nature**, v. 317, n. 26, p. 314–319, 1985.

STANFORD. The Stanford Center for Image Systems Engineering. Disponível em: <<https://scien.stanford.edu/index.php/test-images-and-videos/>>. Acesso em: 10 mai. de 2017.