



**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção**

**MeSegHi: Um Método de Segmentação para  
o Processamento Linear e Não-Linear  
de Imagens**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Luciana Vescia Lourega**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**MESEGHI: UM MÉTODO DE  
SEGMENTAÇÃO PARA O  
PROCESSAMENTO LINEAR E  
NÃO-LINEAR DE IMAGENS**

por

**Luciana Vescia Lourega**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, área de concentração em Tecnologia da Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia da Produção**

**Orientador: Marcos Cordeiro d'Ornellas**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

## CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Vescia Lourega, Luciana

MeSegHi: Um Método de Segmentação para o Processamento Linear e Não-Linear de Imagens / Luciana Vescia Lourega. – Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, 2006.

95 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Santa Maria, BR-RS, 2006. Orientador: Marcos Cordeiro d’Ornellas.

1. Processamento de Imagens. 2. Segmentação de Imagens. 3. Padrões de Projeto. 4. Programação Orientada por Objetos. I. d’Ornellas, Marcos Cordeiro. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Reitor: Prof. Dr. Clóvis Silva Lima

Vice-Reitor: Prof. Dr. Felipe Martins Müller

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa: Prof. Dr. Hélio Leães Hey

Diretor do Centro de Tecnologia: Prof. Dr. Eduardo Rizzatti

Coordenador do PPGEP: Prof. Dr. Denis Rasquin Rabenschlag

Coordenador da Área de Tecnologia da Informação: Prof. Dr. Marcos C. d’Ornellas



**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**MESEGGI: UM MÉTODO DE  
SEGMENTAÇÃO PARA O  
PROCESSAMENTO LINEAR E NÃO-LINEAR  
DE IMAGENS**

elaborada por  
**Luciana Vescia Lourega**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia da Produção**  
COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. Ph.D. Marcos Cordeiro d'Ornellas  
(Presidente/Orientador - UFSM-Departamento de Eletrônica e Computação)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Marques da Silva  
(UFSM-Departamento de Física)

---

Prof. Dr<sup>o</sup>. José Antônio Trindade Borges da Costa  
(PUCRS-Faculdade de Informática)

Santa Maria, 24 de Novembro de 2006

Dedico esta dissertação aos meus pais  
José M. Lourega e Maria Rita V. Lourega,  
ao meus irmãos Rogerio e Marilu V. Lourega  
e ao meu namorado Dirceu Luis Conrad.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e aos anjos protetores por ter me iluminado e por ter-me dado forças para concluir este trabalho.

Agradeço ao professor e orientador Marcos Cordeiro d'Ornellas por seus ensinamentos, incentivo e dedicação.

Quero agradecer também aos professores José Antônio Trindade Borges da Costa e Daniela Ushizima que sempre me conduziram em meus estudos com muito carinho e atenção.

Um agradecimento especial as minhas amigas Gabrielle Dias Freitas, Thais Frazzon, Tanise Dias Freitas, Ellen Dias Soares e Susana Mussoi, as quais estiveram sempre ao meu lado, me ajudando e me incentivando. Jamais esquecerei de vocês.

Não posso esquecer é claro dos meus amigos Daniel Welfer e Diego Schmaedech Martins, que sempre me auxiliaram e incentivaram nos momentos difíceis. E, finalmente, a todos os integrantes do grupo PIGS (Grupo de Processamento de Informação Multimídia) que indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

*“Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muitos bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida.  
Esses são os imprescindíveis.”*

**Bertolt Brecht**



## RESUMO

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Pós-Graduação em Engenharia da Produção  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **MESEGHI: UM MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO PARA O PROCESSAMENTO LINEAR E NÃO-LINEAR DE IMAGEM**

AUTORA: LUCIANA VESCIA LOUREGA

ORIENTADOR: MARCOS CORDEIRO D'ORNELLAS

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 24 de Novembro de 2006.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver o método de segmentação híbrido, o qual utiliza duas técnicas de segmentação: uma linear, *Mean Shift*, e outra não-linear, *Watersheds* por Image Foresting Transform (IFT). Para implementar esse método utilizou-se um conjunto reduzido de cores obtido pela aplicação do procedimento *Mean-Shift*, como marcadores para o algoritmo IFT. Com o desenvolvimento dessa técnica, o usuário não necessita selecionar o conjunto de marcadores corretos para realizar o processo de segmentação por *Watersheds-IFT*, pois o método híbrido fará isso automaticamente. Se as sementes geradas não forem suficientes ou forem inseridas em uma parte da amostra que não esteja sendo analisada, o usuário, por meio da interface, poderá inserir ou retirar tais sementes, a fim de obter um melhor resultado. Com o objetivo de desenvolver um sistema robusto e eficiente, com alto grau de reusabilidade, optou-se por utilizar o paradigma de programação orientada a objetos, juntamente com a aplicação de padrões de projeto. A linguagem de programação utilizada é a Java, que além de dar suporte à orientação a objetos, possui uma *Application Programming Interface* (API) denominada *Java Advanced Imaging* (JAI) que permite a implementação de operações para o processamento de imagens com maior facilidade. A linguagem UML é usada para projetar o sistema, ajudando o desenvolvedor a extrair melhor as informações necessárias a fim de construir o software. Após desenvolver o método de segmentação híbrida são realizadas três aplicações a fim de que sua eficiência seja comprovada. A primeira aplicação busca auxiliar os patologistas a realizarem a classificação do exame de Papanicolaou em seus respectivos níveis; a segunda, realiza uma comparação entre os métodos de segmentação *Watersheds-IFT* e híbrido; e a terceira visa auxiliar profissionais da área médica, a medir a profundidade do câncer de pele em tecidos histológicos.

**Palavras-chave:** Processamento de Imagens, Segmentação de Imagens, Padrões de Projeto, Programação Orientada por Objetos.

## **ABSTRACT**

Master Thesis  
Graduate Program in Production Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **MeSegHi: A Hybrid Segmentation Method for Linear and Non-Linear Image Analysis**

AUTHORESS: LUCIANA VESCIA LOUREGA

ADVISOR: MARCOS CORDEIRO D'ORNELLAS

Date and Place: Santa Maria, November, 24th, 2006.

*This research aims to develop the hybrid segmentation's method which uses two techniques: linear mean-shift and non-linear image foresting transform watersheds (IFT). To implement this method the reduced color set was used, it was obtained by mean-shift application, like markers to IFT algorithm. With this technique, the user doesn't need to concern about selecting the correct set marker to Watershed-IFT segmentation's process, since hybrid method will do so automatically. If the seeds are not good enough or are placed just outside the region of interest, the user can add or remove such seeds in order to improve watershed segmentation results. With the purpose of developing a robust and efficient system, with high degree of reusability, it was decided to make use of the object-oriented paradigm together design patterns' application. The Java programming language was used to implement the hybrid's method because it supports object oriented and it has an Application Programming Interface (API) Java Advanced Imaging (JAI) that allows an easier image processing operations' implementation. The Unified Modeling Language (UML) was used to design the system; it helped the developer to extract the best necessary information to construct the software. After it develops the hybrid segmentation method were realized three applications to prove hybrid method efficiency. The first application helps the pathologists to classify Papanicolaou examination in yours respective levels; the second makes a comparison between Watersheds-IFT and hybrid segmentation methods; and the third aim to help professionals of medicine area to measure the depth of the skin cancer in histology tissues.*

**Keywords:** Software Engineering, Design Patterns, Object Oriented Paradigm.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	18
1.1	Estrutura da dissertação . . . . .	19
2	A ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS EM MICROSCOPIA . . . . .	20
2.1	As Imagens Digitais e suas Particularidades . . . . .	21
2.2	Etapas do Processamento de Imagem . . . . .	23
2.3	Vantagens e Desvantagens no Uso de Técnicas Digitais . . . . .	24
2.4	A importância da Análise Quantitativa . . . . .	26
3	DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE BASEADO EM COMPONENTES PARA A SEGMENTAÇÃO . . . . .	28
3.1	O Desenvolvimento Baseado em Componentes . . . . .	28
3.2	Reutilizando Componentes por meio de Padrões de Projeto . . . . .	32
3.3	Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do Método Híbrido . . . . .	34
3.3.1	A Linguagem de Programação Java . . . . .	34
3.3.2	Java Advanced Imaging (JAI) . . . . .	36
3.3.3	A Biblioteca <i>Swing</i> . . . . .	36
3.3.4	A Unified Modeling Language (UML) . . . . .	37
3.4	Aplicação das Ferramentas no Sistema . . . . .	38
3.4.1	A Linguagem Java . . . . .	39
3.4.2	A API JAI . . . . .	39
3.4.3	A Biblioteca <i>Swing</i> . . . . .	40
3.4.4	A Modelagem do Método de Segmentação Híbrido . . . . .	41
3.5	Componentes Utilizados na Implementação do Método de Segmentação Híbrido	44
3.6	A Reusabilidade do Componente Híbrido . . . . .	45
4	SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS . . . . .	47
4.1	Métodos de Segmentação . . . . .	50
4.1.1	Método Linear - <i>Mean Shift</i> . . . . .	50
4.1.2	Método Não-Linear - <i>Watersheds</i> . . . . .	55
4.2	Método Híbrido . . . . .	58

4.2.1	A Implementação do Método Híbrido . . . . .	60
4.2.2	A Aplicação dos Padrões de Projeto no Método Híbrido . . . . .	61
4.2.3	O Funcionamento do Software . . . . .	64
5	APLICAÇÕES DO MÉTODO HÍBRIDO E A COMPROVAÇÃO DE SEUS RESULTADOS . . . . .	66
<b>5.1</b>	<b>Primeira Aplicação: Auxílio na Classificação do Exame de Papanicolaou.</b> . .	66
5.1.1	Sistemas de Classificação . . . . .	68
5.1.2	A importância do Método de Segmentação Híbrido para os patologistas . . . .	76
<b>5.2</b>	<b>Segunda Aplicação: Estudo Comparativo e avaliação do desempenho dos métodos de segmentação.</b> . . . . .	77
<b>5.3</b>	<b>Terceira Aplicação: Auxiliando os patologistas a identificar o grau de invasão do melanoma em células cutâneas.</b> . . . . .	79
5.3.1	Nível I . . . . .	82
5.3.2	Nível IV . . . . .	83
5.3.3	Nível V . . . . .	84
5.3.4	Avaliando os resultados obtidos com o Método de Segmentação Híbrido. . . . .	85
6	CONCLUSÕES . . . . .	87
<b>6.1</b>	<b>Trabalhos Futuros</b> . . . . .	88
	REFERÊNCIAS . . . . .	89

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Convenção dos eixos para representação de imagens digitais. . . . .	21
Figura 2.2:	Imagem digital e detalhe com <i>pixels</i> visíveis. . . . .	22
Figura 2.3:	a) Imagem de tamanho 40x30 <i>pixels</i> . b) Imagem de tamanho 640x480 <i>pixels</i> . . . . .	22
Figura 2.4:	Etapas do processamento de imagens. . . . .	23
Figura 3.1:	Atividades realizadas a fim de efetuar o desenvolvimento de software através de componentes. . . . .	29
Figura 3.2:	Modelos utilizados no processo de construção do software. . . . .	30
Figura 3.3:	A figura ilustra a união das linguagens OO, formando uma única linguagem padrão: a UML. . . . .	38
Figura 3.4:	Interface construída no sistema para realizar o processo de segmentação híbrida. . . . .	40
Figura 3.5:	Diagrama de classe do sistema. . . . .	42
Figura 3.6:	O diagrama de atividade mostra o caminho que o usuário deve percorrer a fim de executar o processo de segmentação híbrida. . . . .	44
Figura 4.1:	Resultado do processo de segmentação por região. a) Imagem Original. b) Imagem segmentada. . . . .	48
Figura 4.2:	Resultado do processo de segmentação por contorno. a) Imagem Original. b) Imagem segmentada. . . . .	48
Figura 4.3:	Resultado do processo de segmentação por textura. a): Imagem Original. b): Imagem segmentada. . . . .	49
Figura 4.4:	Energias atuantes no processo de segmentação por contorno ativo. . . . .	50
Figura 4.5:	Segmentação por contorno ativo. a) Curva procurando o mínimo da função de energia. b) Imagem que mostra o resultado da função de energia mínima, encontrando o objeto desejado. . . . .	50
Figura 4.6:	Nessa figura é possível visualizar a escolha do tamanho da janela através do raio <i>h</i> . . . . .	51
Figura 4.7:	Ponto selecionado a fim de localizar a janela. . . . .	51
Figura 4.8:	Descobre-se o centro de massa a fim de realizar o deslocamento da janela. . . . .	52

Figura 4.9:	Desloca a janela para um outro ponto médio e a diferença entre o ponto médio e o centro $x$ gera o vetor <i>Mean Shift</i> . . . . .	52
Figura 4.10:	Executa os passos três e quatro até que o vetor <i>Mean Shift</i> alcance um valor próximo a zero. . . . .	53
Figura 4.11:	Nessa figura é possível visualizar a união de certas regiões, diminuindo os tons de cinza presentes na imagem. . . . .	53
Figura 4.12:	Método <i>Mean Shift</i> sendo aplicado a uma imagem de leucócitos, passando como parâmetro $h=4$ $T1=50$ e $T2=1000$ . . . . .	54
Figura 4.13:	Procedimento <i>Mean Shift</i> sendo representado em gráficos: Figura (a): Vetor de cor. Figura (b): Conjunto de amostras. . . . .	54
Figura 4.14:	Resultado da segmentação por <i>Mean Shift</i> em uma imagem médica. (a): Imagem Original. (b): Contornos. (c): Imagem Segmentada. . . . .	55
Figura 4.15:	A segmentação do núcleo é realizado em várias categorias de células. A borda do núcleo é marcada com um contorno branco. . . . .	55
Figura 4.16:	Figura a) Linhas divisórias, mínimos e bacias de captação em um relevo topográfico em imagens em nível de cinza. Figura b) Construção de represas que irá dividir duas bacias de captação. . . . .	56
Figura 4.17:	Adjacência euclideana de uma figura 2D de raio 1, o qual analisa apenas os pixels que estão ao seu redor. . . . .	57
Figura 4.18:	Grafo resultante da adjacência da Figura 4.17. Os pixels pintados de pretos são as sementes e os pixels brancos são seus nós-filhos. . . . .	57
Figura 4.19:	Resultado do método <i>Watersheds-IFT</i> em uma imagem médica. a) Imagem Original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT. . . . .	58
Figura 4.20:	Imagem resultante do método de segmentação por <i>Mean Shift</i> . Figura a) Imagem original de um tecido ósseo. Figura b): Imagem resultante do procedimento <i>Mean Shift</i> . . . . .	59
Figura 4.21:	Representação gráfica, mostrando a redução dos tons de cor presentes em uma imagem. . . . .	59
Figura 4.22:	A modelagem UML permite visualizar o processo utilizado para implementar a operação <i>Save</i> . . . . .	62
Figura 4.23:	Estrutura do Padrão Command . . . . .	63
Figura 4.24:	Estrutura do diagrama de classe do Padrão Singleton. . . . .	64
Figura 4.25:	Interface do Sistema. . . . .	65
Figura 5.1:	Coletando células cervicais para realizar o exame de Papanicolaou. . . . .	67
Figura 5.2:	Preparação das lâminas, as quais serão analisadas no laboratório por médicos. . . . .	67
Figura 5.3:	Epitélio escamoso / células escamosas Profundas, Intermediárias e Superficiais (PIS). . . . .	68

Figura 5.4:	As várias classificações do carcinoma de colo uterino, vista de maneira evolutiva, a partir do pioneiro sistema clássico até o mais recente, o sistema Bethesda. . . . .	69
Figura 5.5:	Esfregaço normal não contendo nenhuma alteração celular. A relação núcleo-citoplasma se encontra normal. . . . .	70
Figura 5.6:	Resultado do método híbrido em imagens citológicas pertencente ao nível I.	71
Figura 5.7:	Nesse esfregaço é possível observar a presença de células inflamatórias e um pequeno aumento do núcleo. . . . .	71
Figura 5.8:	Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível II.	72
Figura 5.9:	Comparando os resultados obtidos nos níveis I e II. . . . .	72
Figura 5.10:	Esfregaço contendo alteração nuclear e citoplasmática. O núcleo encontra-se em divisão, crescendo de modo descontrolado. . . . .	73
Figura 5.11:	Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível III.	73
Figura 5.12:	Esfregaço contendo células com alta alteração nuclear. . . . .	74
Figura 5.13:	Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível IV.	74
Figura 5.14:	Esfregaço com alta alteração nuclear. O núcleo cresceu descontroladamente ocupando praticamente todo o espaço do citoplasma. . . . .	75
Figura 5.15:	Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível V.	76
Figura 5.16:	Resultado do método <i>Watersheds-IFT</i> em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT. . . . .	78
Figura 5.17:	Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido. . . . .	78
Figura 5.18:	Resultado do método <i>Watersheds-IFT</i> em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT. . . . .	79
Figura 5.19:	Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido. . . . .	79
Figura 5.20:	Camada da pele onde o melanoma pode atingir. Adaptado de [BRE 2006] .	80
Figura 5.21:	Escala de Breslow mostrando os seis níveis de invasão do melanoma. . . .	81
Figura 5.22:	Nessa tabela é possível observar a sobrevida de um paciente num período de 5 anos. . . . .	82
Figura 5.23:	Célula pertencente ao nível I da escala de Breslow. . . . .	83
Figura 5.24:	a): Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação não-linear. b): Imagem segmentada por meio do método de segmentação híbrido . . . . .	83
Figura 5.25:	Amostra pertencente ao nível IV conforme a escala de Breslow. . . . .	84
Figura 5.26:	Imagem resultante do método de segmentação híbrido. a) Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação <i>Watersheds-IFT</i> . b): Imagem segmentada através do método de segmentação híbrido . .	84

Figura 5.27: Célula pertencente ao nível V conforme a escala de Breslow. . . . .	85
Figura 5.28: Imagem resultante do método de segmentação Híbrido. a): Imagem con- tendo sementes, as quais serão utilizados na segmentação por <i>Watersheds-IFT</i> . b): Imagem resultante do método de segmentação híbrido. . . . .	85



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	Vantagens encontradas em utilizar técnicas de processamento e análise de imagens. . . . .	25
Tabela 2.2:	Desvantagens encontradas em utilizar técnicas de processamento e análise de imagens. . . . .	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- API (*Application Programming Interface*). Interface de programação para construção de software.
- AWT (*Abstract Window Toolkit*). API que provê, entre outros, componentes gráficos de interface com o usuário.
- CBSD (*Component-Based Software Development*). Desenvolvimento de software baseado em componentes.
- DBC (*Component Based Development*). Desenvolvimento Baseado em Componentes.
- GOF (*Gang of Four*) The Gang of Four (Gangue dos Quatro). Grupo de amigos que definiram 23 padrões de projeto, os quais foram divididos em três categorias: criacional, estrutural e comportamental.
- GUI (*Graphics User Interface*). Interface gráfica com o usuário.
- HCI (*Human-Computer Interaction*). Interação entre homem e máquina.
- HTML (*HyperText Markup Language*). Linguagem de Formatação de Hipertexto. Trata-se de uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Internet.
- JAI (*Java Advanced Imaging*). API Java para processamento de imagens.
- JDK (*Java Development Kit*). Kit de Desenvolvimento Java.
- OMT (*Object Modeling Technique*). Técnica de Modelagem de Objetos.
- OOP (*Object-Oriented Programming*). Programação orientada por objetos.
- OOSE (*Object Oriented Software Engineering*). Engenharia de Software Orientada a Objetos.
- PIGS (*Multimedia Information Processing Group*). Grupo de Processamento de Informação Multimídia
- RTF (*Rich Text Format*). É um tipo de arquivo que foi originalmente criado para transferir documentos de texto formatados entre aplicativos, mesmo que sejam executados em plataformas diferentes. É, portanto, um formato de arquivo que vários processadores de texto entendem.

SQL (*Structured Query Language*). Linguagem de Consulta Estruturada.

UML (*Unified Modeling Language*). Linguagem de Modelagem Unificada.

# 1 INTRODUÇÃO

Sistemas de processamento e análise de imagens vêm sendo empregados com sucesso na solução de problemas das diversas áreas do conhecimento. Na área médica, por exemplo, as imagens são utilizadas para diagnosticar patologias; no domínio geoespacial, elas são utilizadas para visualizar o estado climático de uma região ou até mesmo para registrar o relevo de outros planetas [KAS 1995].

Nestes sistemas de processamento de imagens, técnicas sofisticadas de segmentação e análise de imagens possibilitam uma inspeção automatizada dos artefatos analisados de forma rápida e precisa. Por este motivo, tais tecnologias vêm substituindo processos baseados na visão humana, lentos e sujeitos a falhas.

A segmentação, por sua característica, é uma tarefa de processamento de imagens desafiadora. O ser humano é capaz de, visualmente, saber o que extrair da imagem. Porém é freqüentemente observada a incapacidade do computador em executar a mesma tarefa.

A técnica de segmentação de imagem é uma etapa importante para a obtenção de um bom resultado. A segmentação consiste em dividir uma imagem em suas partes ou objetos constituintes, sendo uma das mais difíceis tarefas no processamento de imagens [GON 2000].

A grande dificuldade da segmentação reside no fato de não se conhecer, inicialmente, o número e o tipo de estrutura que se encontram numa imagem. Essas estruturas são identificadas a partir da geometria, da forma, da topologia, da textura, da cor ou do brilho. É com base nessas informações que são escolhidas, em princípio, estruturas que possibilitam a melhor aplicação.

A literatura contém diversos algoritmos de segmentação, entre eles destaca-se o método de segmentação por *Watersheds-IFT*. Nessa técnica a segmentação é realizada a partir de sementes selecionadas pelos usuários, onde cada semente corresponde a um pixel da imagem. O ato de gerar o conjunto certo de sementes ou marcadores na imagem é fundamental para que o usuário obtenha um resultado satisfatório em suas amostras. Mas essa tarefa não é tão simples, para selecionar as sementes corretamente na imagem é necessário conhecer a técnica *Watersheds-IFT*, dificultando assim seu uso para um usuário não familiarizado com a técnica.

A fim de minimizar essa dificuldade no processo de segmentação por *Watersheds-IFT*, o presente trabalho propõe a criação de um método híbrido pelo qual, a técnica de segmentação *Watersheds-IFT* será automatizada, auxiliando o usuário a realizar a difícil tarefa de encontrar o conjunto correto de marcadores, essenciais na obtenção de um bom resultado no processo de

segmentação.

Para realizar esse processo, o método de segmentação *Mean Shift* será utilizado, o qual tem por objetivo reduzir o conjunto de pontos presentes na imagem. Esse conjunto reduzido de pontos serão as sementes utilizadas no algoritmo IFT, facilitando assim a tarefa do usuário. Com base nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho é automatizar o método de segmentação por *Watersheds-IFT*, possibilitando ao usuário uma análise mais rápida e precisa.

Após finalizar a implementação, foram realizados testes para avaliar a eficiência desta técnica, considerando os resultados obtidos e a complexidade dos algoritmos analisados.

## 1.1 Estrutura da dissertação

O capítulo 2 apresenta uma descrição do processo de análise de imagens digitais em microscopia, que inclui as particularidades de uma imagem digital, as etapas do processamento de imagens e a importância da análise quantitativa. No capítulo 3, são descritos o processo de componentização utilizado no método de segmentação híbrido, os padrões de projeto e as ferramentas utilizadas na construção do método híbrido, como por exemplo, a linguagem Java-JAI, a biblioteca Swing e a ferramenta de modelagem unificada (UML) juntamente com suas respectivas aplicações. O capítulo 4 apresenta os métodos de segmentação utilizados no desenvolvimento deste trabalho, *Watersheds-IFT* e *Mean Shift*, juntamente com o processo de implementação do método de segmentação híbrido. A seguir, no capítulo 5, são apresentados os testes realizados com o método de segmentação híbrido e seus respectivos resultados. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as considerações desse trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 A ANÁLISE DE IMAGENS DIGITAIS EM MICROSCOPIA

Desde sua invenção, há cerca de quatrocentos anos [CLA 2002], o microscópio tem desempenhado um papel fundamental na exploração de amostras orgânicas e inorgânicas, tornando-se uma ferramenta indispensável na pesquisa científica. Ao longo deste período, com a evolução do conhecimento científico básico em física ótica e a expansão dos campos de aplicação de microscopia nas áreas biológicas e de materiais, tanto no campo da microscopia ótica como na microscopia eletrônica foram desenvolvidos instrumentos cada vez mais poderosos. Uma gama de técnicas de contraste, aliadas ao surgimento de software e acessórios para processamento e análise de imagem, tornaram a microscopia uma ferramenta imprescindível na ciência moderna [CLA 2002].

O uso do microscópio ótico ou eletrônico possibilita a percepção de mais detalhes ou primitivas da imagem, obtendo subsídios para interpretar e analisar o conteúdo de forma confiável. No entanto, os microscópios óticos e eletrônicos possuem diferentes formas de obter as informações das imagens.

Na microscopia ótica, a amostra é iluminada com radiação eletromagnética de comprimentos de onda que variam do infravermelho ao ultra violeta próximos. Já na microscopia eletrônica, um feixe de elétrons varre a superfície da amostra. Em ambos os casos, o sinal detectado pode ser proveniente da superfície irradiada. No primeiro caso, a microscopia é denominada de reflexão ou de varredura e no segundo, de transmissão [SIL 2003].

A cada um desses sistemas são acoplados diferentes tipos de sensores ou detectores capazes de coletar um sinal que resultará na formação de uma imagem. No caso da microscopia ótica, o sensor pode ser uma câmera de vídeo ou de TV ou ainda uma câmera CCD (*Charge Coupled Device*).

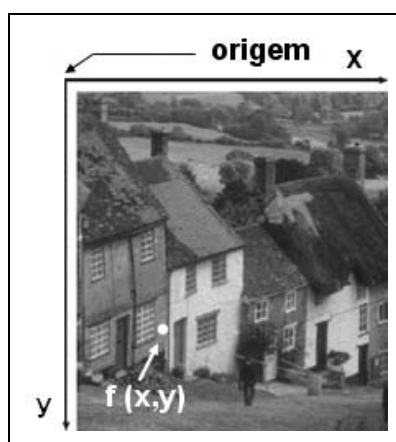
Entretanto, mesmo utilizando bons equipamentos, deve-se ter cuidado no momento de adquirir imagens, pois vários problemas podem ser evitados como iluminação inadequada, ruído, entre outros. A estação de captura deve estar preparada para gerar imagens com a melhor qualidade possível, evitando que a imagem seja gerada com informações indesejáveis (ruídos) ou que informações importantes sejam perdidas. Quanto melhor a qualidade da imagem adquirida, mais fácil e rápido serão realizados os processamentos de filtragem, de segmentação, de correção de iluminação entre outros [MUR 2001].

Nesse trabalho, para adquirir tais imagens, utilizou-se um microscópio ótico de luz transmi-

tida ajustado com uma objetiva de 40x. Nesses microscópios, a iluminação é feita através da amostra e exige que a mesma seja transparente com espessura suficientemente fina para permitir a passagem da luz.

## 2.1 As Imagens Digitais e suas Particularidades

Uma imagem digital monocromática é uma função bidimensional de intensidade da luz  $f(x,y)$  discretizada tanto em coordenadas espaciais quanto em brilho. Nessa imagem,  $x$  e  $y$  denotam as coordenadas espaciais e o valor de  $f$  em qualquer ponto  $(x,y)$  é proporcional ao brilho da imagem, naquele ponto, conforme a Figura 2.1.




---

Figura 2.1: Convenção dos eixos para representação de imagens digitais.

---

Para o processamento computacional, de acordo com Gonzalez [GON 2000a], uma função  $f(x,y)$  precisa ser digitalizada tanto espacialmente quanto em amplitude. A digitalização das coordenadas espaciais  $x,y$  é denominada amostragem da imagem e a digitalização da amplitude é chamada quantização em níveis de cinza. Conforme Pavim [PAV 2005], o processo de amostragem e quantização de uma imagem está intimamente ligado à resolução da imagem produzida. Nota-se que quanto maior o número de pontos amostrados na imagem, maior será a resolução espacial desta. Da mesma forma, quanto maior o número de níveis de intensidade luminosa considerados na imagem para representar a tonalidade de um ponto amostrado, maior será a resolução de tonalidades da imagem.

O termo imagem *bitmap* é resultante do agrupamento de vários pontos, com diferentes tonalidades de cor e brilho, podendo chegar a uma imagem policromática. Estes pontos nas imagens digitais são chamados de *pixels*. Conforme Alexandre [LEÃO 2005], o termo *pixel* é uma abreviação do inglês *picture element* que significa elemento de figura. É a menor unidade de uma imagem digital, geralmente de forma quadrada, aonde são descritos a cor e o brilho específico de uma célula da imagem, conforme a Figura 2.2. Cada *pixel* é criado quando a cor e brilho de

uma dada posição na matriz 2D são mensurados e armazenados como uma quantidade discreta.



Figura 2.2: Imagem digital e detalhe com *pixels* visíveis. Adaptada de [LEÃO 2005]p.59.

A quantidade de *pixels* presentes em uma imagem nos fornece o tamanho da mesma. O tamanho do arquivo digital não se refere apenas a quantidade de detalhes visível - resolução espacial-, mas também ao número de cores presentes - profundidade de cor. Quanto maior a quantidade de *pixels*, maior será o tamanho da imagem e melhor a qualidade de detalhe visível da mesma, conforme Figura 2.3. O tamanho de uma imagem digital é descrito, por exemplo: 640 X 640 *pixels*, 1024 X 728 *pixels* ou outros valores.

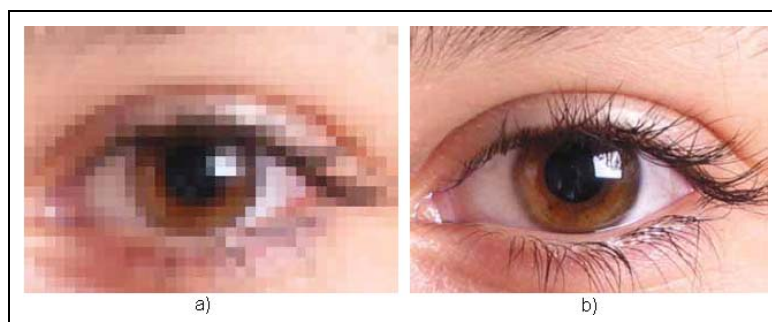


Figura 2.3: a) Imagem de tamanho 40x30 *pixels*. b) Imagem de tamanho 640x480 *pixels*. Adaptada de [LEÃO 2005]p.60

Entretanto, uma imagem pode ser representada por um histograma que descreve a fração de área ocupada pelos *pixels* de cada tonalidade. Conforme Israel [ALB 2003], o histograma de uma imagem é muitas vezes denominado como um perfil de intensidade, distribuição de tons de cinza ou, quando o autor refere-se especificamente a um tipo de técnica de aquisição de imagem, pode ser denominado de perfil de elétrons retroespalhados [BOY 1990].



O histograma de uma imagem com  $k$  níveis de cinza é definido por uma função discreta  $p(k) = \frac{n_k}{n}$  em que o argumento  $k$  representa os níveis de luminância discretos;  $n_k$  representa o número total de *pixels* na imagem com intensidade  $k$ ;  $n$  é o número total de *pixels* da imagem:  $n = M \times N$ , onde  $M$  e  $N$  representam as dimensões da imagem. De forma simplificada, afirma-se que o histograma de uma imagem representa a contagem dos níveis de cinza da imagem, podendo informar a distribuição dos *pixels* dentro dos  $k$  níveis possíveis [ALB 2003].

A forma do histograma de uma imagem fornece muitos dados sobre as suas características. Por exemplo, um histograma de uma imagem com *pixels* concentrados em uma faixa estreita de níveis de cinza indica que a imagem apresenta um baixo contraste. Um histograma de uma imagem com *pixels* distribuídos ao longo de toda a faixa de níveis de cinza indica que ela apresenta um bom contraste. Um histograma bimodal é aquele que apresenta duas concentrações de *pixels*, uma em torno de valores escuros e outra em torno de valores claros. Em histogramas bimodais, o objeto se distingue facilmente do fundo [NA 1994].

O histograma de uma imagem digital é uma ferramenta bastante útil uma vez que fornece uma visão estatística sobre a distribuição dos *pixels*, sobre o contraste da imagem e os níveis de iluminação. Além disso, o histograma é bastante utilizado na etapa de segmentação, principalmente em técnicas que utilizam a similaridade entre *pixels*.

A seguir serão descritas as fases de um sistema de processamento de imagens, juntamente com uma breve descrição de cada etapa.

## 2.2 Etapas do Processamento de Imagem

Conforme Portes [ALB 2003], um sistema de processamento de imagens é constituído de diversas etapas, tais como: aquisição e digitalização da imagem, pré-processamento, segmentação, representação e descrição, reconhecimento e interpretação, como ilustra a Figura 2.4.

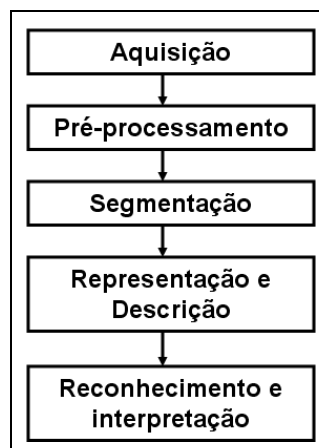


Figura 2.4: Etapas do processamento de imagens.

O primeiro passo do processo é a **aquisição** da imagem. Para fazer isso, necessita-se de dois dispositivos. O primeiro é um dispositivo físico que deve ser sensível ao espectro de energia eletromagnético, como por exemplo luz visível, raios-X ou radiação. O segundo, chamado digitalizador, é um dispositivo que converte o sinal elétrico analógico produzido na saída do sensor em um sinal digital. O sensor poderia ser uma câmera de TV monocromática ou colorida, ou ainda uma câmera de varredura por linha que produza uma única linha de imagem por vez.

Após a aquisição, o próximo passo trata de **pré-processar** a imagem. A função chave no pré-processamento é melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes. Tipicamente, essa fase envolve técnicas para correção de iluminação, remoção de ruído e isolamento de regiões.

O próximo estágio trata da **segmentação**, que divide uma imagem de entrada em partes ou objetos constituintes. A segmentação é considerada, dentre todas as etapas do processamento de imagens, a mais crítica do tratamento de informação. É na etapa de segmentação que são definidas as regiões de interesse para processamento e análise posteriores. Como consequência deste fato, quaisquer erros ou distorções presentes nesta fase se refletem nas demais etapas, de forma a produzir ao final do processo resultados não desejados que podem contribuir de forma negativa para a eficiência de todo o processamento.

O processo de **descrição**, também chamado **seleção de características**, procura extrair características que resultem em alguma informação quantitativa de interesse ou que permitam a discriminação entre classes de objetos.

O último estágio envolve reconhecimento e interpretação. **Reconhecimento** é o processo que atribui um rótulo a um objeto, baseado na informação fornecida pelos seus descritores. A **interpretação** envolve a atribuição de significado a um conjunto de objetos reconhecidos, facilitando a análise do usuário.

## 2.3 Vantagens e Desvantagens no Uso de Técnicas Digitais

No final do século XX, o registro de imagens de microscopia eletrônica em filme foi substituído pelo uso de dispositivos de digitalização dos sinais produzidos pela interação do feixe de elétrons com a amostra [COS 2004].

A substituição do filme fotográfico pelo arquivo digital mostrou-se muito vantajosa e abriu uma série de novas possibilidades. Como arquivo digital, a imagem pode ser visualizada, armazenada, copiada, compartilhada, transmitida e distribuída com rapidez e sem perda de informação. A esse arquivo podem ser associados metadados que descrevem o seu conteúdo como, por exemplo, a natureza da amostra e seu conteúdo de preparação, técnicas e condições de imageamento, ou características morfológicas, estruturais, texturais e físico-químicas dos objetos imageados. Dessa forma, a imagem pode ser incorporada a um banco de dados, de onde será eventualmente recuperada por mecanismos de busca ou, ainda, ter seus metadados cruzados com os de outras imagens em busca de correlações [COS 2004].

Além disso, o uso da imagem digitalizada permitiu aos usuários utilizarem técnicas de pro-

cessamento e análise, a fim de corrigir imperfeições ocorridas no momento da aquisição, auxiliando os usuários a realizar suas análises.

Atualmente, são utilizados equipamentos de aquisição cada vez mais modernos onde as imagens estão sendo adquiridas com ótimas condições de focagem, distinguindo as áreas escuras, que correspondem às regiões de alta densidade atômica, das áreas claras, de baixa densidade atômica. Por outro lado, quando as imagens não são de boa qualidade, seja por problemas de aquisição ou falta de equipamento adequados, muitas informações podem ser perdidas.

Essas imagens, bem como as consideradas “boas”, podem ser melhoradas usando um programa de processamento de imagens, como por exemplo, Adobe Photoshop, ImageTool, Corel-Draw, entre outros. Em geral, esses programas apresentam muitas ferramentas que permitem uma melhor visualização das imagens, entretanto, é preciso cuidado ao utilizá-los a fim de não causar transformações incorretas, prejudicando assim a análise dos usuários.

Sendo assim, para garantir a obtenção de resultados que sejam exatos e reprodutíveis, é recomendável que o usuário conheça o significado das operações realizadas antes de aplicá-las à solução de um problema. Mais do que isso, ele precisa compreender que a qualidade da análise não depende apenas de métodos numéricos e computacionais adotados ou da sua implementação, mas também das etapas que precedem a sua aplicação, a saber, a aquisição e o processamento das imagens.

Dessa forma, as técnicas de processamento e análise digitais possuem vantagens e desvantagens em seu uso; algumas delas serão listadas a seguir:

<b>Vantagens</b>
Realiza medidas constantemente e com maior velocidade.
Maior precisão na geração dos resultados.
Permite que o usuário realize medidas impossíveis de se obter manualmente.
Realiza medidas acuradas.
Corrige possíveis erros de aquisição como ruído, iluminação irregular, brilho, entre outros.
Realiza correções nas imagens, permitindo ao usuário uma melhor qualidade durante o processo de análise. Vários são os tipos de correções como filtro, contraste, brilho, entre outros.
Permite aumentar ou diminuir a resolução das imagens, com o intuito de analisar, mais detalhadamente, os objetos presentes na amostra.

Tabela 2.1: Vantagens encontradas em utilizar técnicas de processamento e análise de imagens.

<b>Desvantagens</b>
Sistemas não testados corretamente podem levar os patologistas a realizar análises incorretas, prejudicando assim, o tratamento de seus pacientes.
Tecnologia de alto valor financeiro e de difícil utilização.
Usuário não sabe utilizar corretamente as técnicas de processamento, causando, muitas vezes, perda de informação.

Tabela 2.2: Desvantagens encontradas em utilizar técnicas de processamento e análise de imagens.

Com isso, é preciso ter cuidado ao se utilizar ferramentas de processamento e análise de imagens a fim de não cometer erros que possam prejudicar o resultado. A falta de cautela no uso de técnicas digitais traz certa insegurança aos analistas no momento de gerarem seus relatórios, os quais contêm uma análise e/ou implicam, até mesmo, numa tomada de decisão. Mas apesar das dificuldades encontradas pelos usuários em utilizar técnicas de processamento de imagens, os métodos computacionais representam um ganho significativo de tempo e precisão em relação aos métodos visuais.

## 2.4 A importância da Análise Quantitativa

O termo análise está relacionado à parte do tratamento onde é feita uma descrição da informação presente na imagem. Essa parte é chamada de parametrização. É nela que várias medidas quantitativas (parâmetros) são utilizadas para descrever diferentes informações dentro de uma imagem [ALB 2001]. Tratar uma imagem, com o objetivo de extrair informações quantitativas consiste em transformá-la sucessivamente a fim de deixar mais acessível o seu conteúdo informacional.

Algumas aplicações típicas onde é necessário realizar o processo de análise quantitativa são: a determinação do número de células presentes em um tecido biológico, o cálculo das formas dos contornos de uma célula ou ainda a determinação da distribuição de uma população específica de um conjunto de células. As técnicas dedicadas à análise de imagens podem variar, significativamente, segundo a sua complexidade e a necessidade em tempo de processamento [PRA 2001].

É nesta área que se encontra um nível elevado de complexidade no tratamento da informação. Um exemplo prático é a classificação automática de células anormais dentro de um conjunto de células observadas em microscopia. Esta análise específica demanda soluções dadas pelas técnicas de classificação e pelo reconhecimento de formas. Neste caso, deve-se medir vários parâmetros pertinentes ao problema, como por exemplo, a superfície, a forma de cada célula, sua quantidade, o número de células vizinhas a uma dada célula e a densidade de células em uma certa região.

Em seguida, tem-se a comparação destas medidas com várias classes de células organizadas em uma base de dados, catalogadas anteriormente. Obtém-se então uma classificação das células

com uma dada probabilidade de serem células anormais ou normais. Dessa forma, a análise quantitativa irá relacionar a cada problema uma grandeza (área, volume, entre outras), extraindo informações específicas, fornecendo dados (números), os quais servirão de base para que o analista possa realizar, com maior precisão, seus pareceres finais.

Sendo assim, a análise quantitativa auxilia os usuários a analisarem, de forma rápida e precisa, suas amostras. Além disso, possibilita que um número maior de amostras sejam examinadas em um menor tempo, e que um número maior de pontos sejam amostrados em um mesmo campo de observação.

### **3 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE BASEADO EM COMPONENTES PARA A SEGMENTAÇÃO**

Nesse capítulo serão apresentados alguns princípios de estruturação de software para a construção de sistemas flexíveis, reusáveis e robustos.

As seções 1.1, 1.2 e 1.3 apresentam, respectivamente, os seguintes conceitos: Desenvolvimento de software baseado em componentes, reusabilidade de componentes por meio de padrões de projeto e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do método híbrido (Java, Jai, Swing e UML) que serviram para desenvolver o método de segmentação híbrido.

#### **3.1 O Desenvolvimento Baseado em Componentes**

Antes de abordar o desenvolvimento de software baseado em componentes, primeiramente será explicado o que é um componente.

Componente podem ser descritos como partes pré-definidas de software, com interfaces e comportamento delineados, que podem ser usados e reutilizados em diferentes aplicações e tem a finalidade de prover conjuntos de serviços que são acessíveis através de uma interface bem definida.

Deste modo, o desenvolvimento baseado em componentes (DBC) permite que aplicações sejam estruturadas a partir de componentes pré-construídos ao invés de desenvolvê-los desde o início [CRN 2003]. O DBC é um amadurecimento natural da indústria de software baseando-se na força da orientação a objeto (OO). A indústria de software procura com o DBC, maximizar a reutilização e a produtividade do desenvolvimento de aplicações. Segundo Sun Microsystems [Sun 2004], existem várias vantagens em construir um componente, as principais são:

- Reusabilidade: a reutilização da funcionalidade do componente por toda a aplicação;
- Produtividade: com o estabelecimento de uma interface bem definida e a redução da complexidade através do encapsulamento, desenvolver aplicações torna-se mais rápido e simples;
- Facilidade de uso e Aplicação: Através do modelo fornecedor/consumidor (no modelo fornecedor/consumidor os chamados fornecedores devem ser capazes de publicar componentes com suas respectivas especificações em um formato compreensível e em um

lugar onde outras pessoas tenham acesso. Já os consumidores têm que estar aptos a localizar componentes que satisfaçam suas necessidades), desenvolvedores podem rapidamente tornar-se produtivos no DBC, sem um extenso treinamento;

- Mudanças executadas com facilidade e rapidez: O aumento da modularidade e ausência de dependências permitem aos desenvolvedores modificar, adicionar ou substituir componentes tão rapidamente quanto as necessidades de negócio mudam;
- Melhor foco de negócios: níveis mais altos de abstração permitem a desenvolvedores e a gerentes de negócios trabalharem juntos para planejar, projetar e construir a aplicação em termos de negócio em alto nível;
- Proteção dos investimentos: Com a criação de novos padrões de inter-operacionalidade entre os componentes (Java Beans, COM/DCOM e CORBA), desenvolvedores poderão ficar certos de que os componentes baseados nesses padrões além de funcionarem imediatamente, também funcionarão no futuro.

É importante, para esta perspectiva, que já existam componentes de software implementados e que estejam disponíveis para serem selecionados e reutilizados na composição dos sistemas. As atividades essenciais para o desenvolvimento com componentes, segundo [ALA 1997], são: seleção, qualificação, adaptação, composição e atualização.

A Figura 3.1 adaptada de [ALA 1997], ilustra as cinco atividades propostas, onde cada uma delas é brevemente caracterizada a seguir:

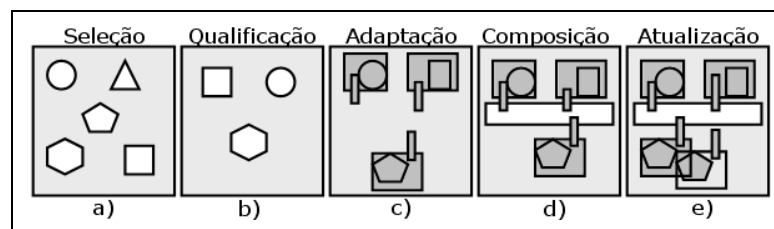


Figura 3.1: Atividades realizadas a fim de efetuar o desenvolvimento de software através de componentes. a) Seleciona componentes, os quais podem ser utilizados em um sistema. b) Ajusta o componente escolhido ao sistema que está em desenvolvimento. c) Adapta os componentes selecionados e qualificados a fim de corrigir possíveis conflitos existentes em um sistema. d) Une componentes através de uma infra-estrutura comum. e) Atualiza versões antigas de componentes ou troca os módulos por um novo.

**Seleção:** Esta primeira atividade consiste em pesquisar componentes que apresentem potencial para serem empregados no desenvolvimento do sistema. É necessário realizar um processo de investigação das propriedades e da qualidade do componente, seus parâmetros e uma breve descrição do ambiente de execução, gerando, assim, uma relação de componentes candidatos, os

quais serão avaliados na próxima etapa a fim de determinar quais serão utilizados. Caso nenhum candidato a componente tenha sido selecionado é necessário envolver-se no desenvolvimento de componentes.

**Qualificação:** esta etapa consiste em garantir que o componente candidato execute as funcionalidades necessárias, ajuste-se ao estilo arquitetural definido para o sistema e apresente as qualidades requeridas para a aplicação (desempenho, confiabilidade, usabilidade, etc.) [PRE 2001]. A qualificação geralmente envolve uma análise detalhada de toda a documentação ou especificação disponível, da discussão com os desenvolvedores dos componentes e usuários do sistema e do teste de execução do componente em diferentes cenários [ALA 1997].

**Adaptação:** Atividade que busca corrigir potenciais fontes de conflito entre os componentes selecionados e qualificados para compor o sistema.

**Composição:** Nesta etapa é realizada a união dos componentes através de uma infra-estrutura comum. Para que esta união seja consistente, a infra-estrutura deve prover uma ligação dos módulos e um conjunto de convenções conceituais compartilhadas pelos componentes.

**Atualização:** Como última atividade tem-se a atualização dos componentes, onde versões antigas serão substituídas ou novos componentes, com comportamento e interface similares, serão incluídos.

As cinco atividades apresentadas descrevem possíveis etapas no desenvolvimento de software com componentes. Entretanto, não existe uma ordem para sua realização ou mesmo obrigação de sua realização. As etapas necessárias, bem como a importância e esforços empregados em cada uma, correspondem a uma decisão relacionada ao processo de desenvolvimento com componente a uma aplicação.

Com isso, o DBC mudou o processo da arquitetura de software na medida que algumas partes do sistema puderam ser adquiridas dos fornecedores de componentes. Tem-se agora, dois tipos de processos: o convencional e o baseado em componentes, os quais são ilustrados na Figura 3.2.

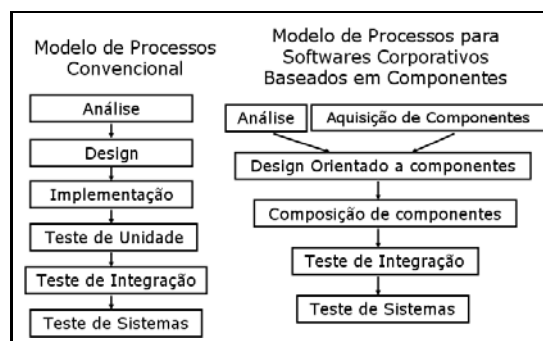


Figura 3.2: Modelos utilizados no processo de construção do software. a) representa o modelo convencional. b) Representa o modelo baseado em componentes que, ao contrário do anterior, realiza a montagem do software mais rápido e com menor custo. Adaptada de [MIC 2001]



A diferença entre esses dois sistemas está em sua montagem. Enquanto o modelo convencional faz uma análise do sistema, levantando os principais requisitos para após iniciar a implementação, o modelo baseado em componentes realiza uma análise dos componentes existentes a fim de encontrar o que melhor se adapta ao seu sistema, tendo um desenvolvimento mais rápido e com menor custo, pois não terá que construir uma aplicação desde o início como o modelo convencional faz.

Também é importante salientar que o atual sucesso da abordagem de desenvolvimento de software baseado em componentes deve-se principalmente ao paradigma da orientação a objetos [VIT 2003]. As linguagens de programação OO reconhecem a necessidade de considerar o comportamento de um sistema como sendo um conjunto de ações inter-relacionadas, assim como a abordagem do DBC, centrando foco nas similaridades e diferenças de comportamento dos objetos no sistema e na captura dos relacionamentos entre esses objetos. Assim, no contexto do paradigma OO, quando um novo comportamento deve ser definido, este é geralmente criado através da reutilização ou da herança de um comportamento já existente no sistema, que é então especializado.

Em muitas situações, essa abordagem é benéfica, no entanto, observa-se que a mesma tem algumas limitações. Por exemplo, quando devemos levar em consideração o aumento da produtividade, a necessidade de que todos os detalhes do comportamento de dado componente do sistema sejam entendidos por um desenvolvedor de aplicações não pode ser considerada muito produtiva [SHA 2004]. Bem como, para sistemas complexos, as hierarquias de comportamento herdado podem se tornar estruturas pesadas, difíceis de serem entendidas e com várias interdependências que as tornam difíceis de ser modificadas. Se considerarmos que as partes reutilizadas são desenvolvidas por terceiros, tem-se então, um ambiente com grandes problemas de produtividade. A razão é simples: dificilmente entenderemos, de maneira detalhada, o comportamento de cada uma das partes.

Para superar essas dificuldades, é preciso que o comportamento e as interfaces desses componentes sejam claramente especificadas. Além disso, é preciso que sejam fornecidos mecanismos que permitam a conexão dos componentes de forma flexível e que cada um destes seja substituído por outro similar a qualquer momento, sem a necessidade de modificações internas na estrutura dos componentes relacionados.

Sendo assim, nota-se que o desenvolvimento de software baseado em componentes representa um dos mais importantes fenômenos da década na área de desenvolvimento de software, uma vez que tem aumentado a necessidade de construir softwares eficientes em um curto intervalo de tempo e com um baixo custo.

### 3.2 Reutilizando Componentes por meio de Padrões de Projeto

O desenvolvimento de novos software muitas vezes é complexo e lento. Para auxiliar e solucionar estas questões existem muitas pesquisas e metodologias voltadas para o reuso de software.

Segundo Buschman *et al.* [BUS 1996], quando especialistas trabalham na solução de um determinado problema, é comum comparar o projeto atual com projetos desenvolvidos anteriormente de modo a recorrer a uma solução já usada em algum projeto anterior. Procurar e investir em uma solução completamente nova não é uma prática comum, pois a experiência os leva a comparar problemas na tentativa de se utilizar a essência de soluções já aplicadas. Assim, ao confrontar-se com novos problemas, é comum recuperar e lembrar soluções antigas pensando em pares “problema-solução” [BUS 1996].

Esses pares problema-solução podem ser categorizados em famílias de problemas e soluções similares, sendo que cada uma dessas famílias exibe um padrão de ocorrência tanto nos problemas como nas soluções. Assim, quando uma mesma solução pode ser utilizada para uma classe comum de problemas, pode-se afirmar que está usando-se um *padrão*.

Christopher Alexander introduziu a idéia do uso de padrões na área de arquitetura na década de 1970, mas o conceito foi estendido a outras áreas, como na computação. De acordo com Alexander [ALE 1977], “um padrão descreve um problema que ocorre inúmeras vezes em determinado contexto, e descreve ainda a solução para esse problema, de modo que essa solução possa ser utilizada sistematicamente em distintas situações”. Em outras palavras, um padrão de projeto pode ser descrito como uma solução que já foi testada para um problema. Desse modo, padrões geralmente descrevem uma solução ou uma instância da solução que foi utilizada para resolver um problema específico.

A análise, o projeto e a codificação de programas também apresentam características que se repetem com certa frequência no desenvolvimento de *software*. Assim, as soluções encontradas para problemas similares são chamadas de *padrões*, visto que são bases de comparação ou servem de modelo para outros sistemas [MAR 2004].

A principal razão para se utilizar padrões de projeto no desenvolvimento de *software* baseia-se no fato de que a fase de projeto é mais difícil e a que consome mais tempo de todas as fases do desenvolvimento de um programa [SAN 1997]. Os padrões permitem que essa fase seja otimizada, pois pode-se aproveitar as experiências que são comprovadamente eficientes, reduzindo o tempo gasto na busca de uma solução.

Um dos aspectos considerados cruciais para a produção de programas de alta qualidade baseia-se no grau de reuso dos componentes [PRE 1995]. Os componentes reusados tem um impacto positivo no momento de corrigir o programa porque as partes que já foram usadas e testadas contêm menos erros do que as novas funções desenvolvidas. Assim, ao se criar componentes baseados em padrões de projeto comprovadamente eficientes, aumenta-se a reusabilidade dos programas e componentes produzidos.

Outro benefício do uso de padrões de projeto é que eles facilitam o desenvolvimento de

classes altamente coesas [GAM 2000], ou seja, nas quais todos os métodos estão fortemente relacionados uns com os outros. Isso ocorre porque todos os métodos de uma classe contribuem para a solução do problema, garantindo também o mínimo de acoplamento possível entre duas classes.

De acordo com as características apresentadas, pode-se sumarizar, pelo menos, quatro vantagens do uso de padrões de projeto para o desenvolvimento de sistemas:

1. Formam um vocabulário comum que permite uma melhor comunicação entre os desenvolvedores, uma documentação mais completa e uma melhor exploração das alternativas de projeto. Reduz a complexidade do sistema através da definição de abstrações que estão acima das classes e instâncias;
2. Constituem uma base de experiências reutilizáveis para a construção de software. Funcionam como peças na construção de projetos de software mais complexos; podem ser considerados como micro-arquiteturas que contribuem para arquitetura geral do sistema;
3. Reduzem o tempo de aprendizado de uma determinada biblioteca de classes. Isto é fundamental para o aprendizado dos desenvolvedores novatos;
4. Quanto mais cedo são usados, menor será o retrabalho em etapas mais avançadas do projeto.

Os programas para processamento de imagens são conhecidos por serem difíceis de implementar. Dificuldades surgem tanto no projeto quanto na codificação dos programas. Essas dificuldades surgem em razão da diferença de conhecimento que existe entre os desenvolvedores e os usuários, que pode causar falhas na modelagem e fazer com que os algoritmos sejam usados de forma inadequada devido à falta de especificação [D'OR 2001]. Assim, considerando as vantagens do uso de padrões de projeto enumeradas anteriormente, a utilização dos padrões para o desenvolvimento de programas para o processamento de imagens pode suprir o problema da difícil codificação desse tipo de *software*, pois poderá haver o reuso de soluções comprovadamente bem sucedidas.

De acordo com Gamma *et al* [GAM 2000], um padrão tem geralmente quatro elementos essenciais:

1. **Nome:** Define, em uma ou duas palavras, uma referência que pode ser usada para descrever o padrão. Cada padrão deve ter um nome bastante claro e intuitivo, a fim de facilitar a sua identificação.
2. **Problema:** Descreve em quais situações o padrão deve ser aplicado, explicando seu problema e contexto. Gama *et al* [GAM 2000] salientam ainda que algumas vezes o problema pode incluir uma lista de condições que devem ser satisfeitas para que o uso do padrão seja justificado.

3. **Solução:** “Descreve os elementos que compõem o projeto, seus relacionamentos, suas responsabilidades e colaborações”. Convém salientar que a solução não descreve um projeto concreto para uma determinada situação, e sim uma descrição abstrata de um problema que pode ser aplicada em situações diferentes.
4. **Conseqüências:** Representam os resultados e as análises das vantagens e desvantagens da aplicação do padrão. Podem ser avaliados os impactos do uso do padrão sobre a flexibilidade, a extensibilidade ou a portabilidade de um sistema.

De acordo com Gamma e <http://hillside.net><sup>1</sup> [GAM 2000], os quais são considerados a principal referência na área de padrões de projeto, os padrões são categorizados em três grupos:

- **Criacionais:** estão relacionados à instanciação de objetos;
- **Estruturais:** referem-se à composição de classes ou objetos;
- **Comportamentais:** caracterizam formas de interação entre classes e objetos.

Existem outras maneiras de se categorizar os padrões, como, por exemplo, a forma explorada por Buschmann *et al.* [BUS 1996]. Porém, os padrões sumarizados pela GOF (*Gang Of Four*) são os mais populares, pois representam soluções para problemas comuns no desenvolvimento de programas.

Sendo assim, os padrões de projeto, buscam isolar no processo de desenvolvimento de *software* as partes que são estáveis daquelas que são alteradas com frequência. Dessa forma, o resultado esperado são aplicações mais fáceis de manter, compreender e reutilizar.

### 3.3 Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do Método Híbrido

O método híbrido foi implementado utilizando a linguagem de programação Java juntamente com sua API Java Advanced Imaging (JAI). Para construir a interface e os diagramas foi utilizada, respectivamente, a biblioteca Swing e a linguagem UML.

#### 3.3.1 A Linguagem de Programação Java

A tecnologia Java foi criada como uma ferramenta de programação em computação, parte de um pequeno trabalho anônimo e secreto chamado “the Green Project” da Sun Microsystems em 1991. Nos primeiros 18 meses de trabalho a equipe “Green Team” chegou à sua primeira conclusão afirmando que uma tendência significativa seria a convergência de computadores e de dispositivos controlados digitalmente. Essa conclusão resultou na linguagem de programação não atrelada a dispositivos, apelidada de “Oak” [SUN 2005].

Para demonstrar como essa nova linguagem poderia impulsionar o futuro dos dispositivos digitais, a equipe Green Team desenvolveu um controlador portátil para sistemas de entretenimento doméstico, voltado ao setor de televisão digital. A idéia estava muito à frente de seu

---

<sup>1</sup>Repositório de Padrões, os quais estão disponíveis na página <http://hillside.net>

tempo e o setor de TV digital não estava preparado para o incrível avanço oferecido pela tecnologia Java.

Mas o “boom” da Internet aconteceu, e, rapidamente, uma grande rede interativa estava se estabelecendo. Era esse tipo de rede interativa que a equipe estava tentando vender para as empresas de TV a cabo. E, da noite para o dia, não era mais necessário construir a infra-estrutura para a rede, em um golpe de sorte, ela simplesmente está lá. Gosling foi incumbido de adaptar o Oak para a Internet e, em janeiro 1995, foi lançada uma nova versão do Oak que foi rebatizada para Java [SUN 2005a].

A tecnologia Java tinha sido projetada para se mover através de redes de dispositivos heterogêneos, redes como a Internet. Agora aplicações poderiam ser executadas dentro dos Browsers nos Applets Java e tudo seria disponibilizado pela Internet instantaneamente.

Segundo descrito por Almeida [ALM 1998], a linguagem Java é simples, orientada a objetos, interpretada, robusta, segura, portátil, além de ser dinâmica. A combinação dessas características torna Java uma poderosa linguagem de programação, sendo de extrema utilidade para os desenvolvedores de software. A seguir, será dada uma breve descrição sobre algumas das características citadas por [ALM 1998].

- Simplicidade: Java é simples para o uso devido a sua similaridade com a linguagem C e por eliminar componentes causadores de erros e problemas de memória;
- Robustez: Java pode ser considerada robusta pelo fato que, o uso de ponteiros e a administração de memória deixam de ser de responsabilidade do programador;
- Linguagem Interpretada: por ser uma linguagem interpretada, Java permite ser compilada para uma determinada máquina virtual e mesmo assim, o código resultante poder ser utilizado em qualquer plataforma de *hardware* que possua um interpretador da linguagem;
- Arquitetura Neutra: por possuir uma arquitetura neutra, as aplicações podem ser portadas para várias plataformas. Essa característica é alcançada, pois as aplicações são escritas e compiladas em *byte code* por uma máquina virtual Java, a qual emula um processador;
- Segurança: Java é segura por não permitir acesso direto à memória, por disponibilizar o tratamento de exceções e por ser fortemente tipada.

Além dessas vantagens, Java é uma linguagem de múltiplos processos (*multithreaded*). Ela provê para múltiplas *threads* de execução, também chamadas de processos leves (*lightweight processes*) que podem tratar diferentes tarefas. O suporte nativo para implementação de múltiplos processos evita a necessidade de se usarem bibliotecas, que, por não estarem disponíveis em todos os ambientes, dificultam a portabilidade dos programas [ALM 1998].

Atualmente, a tecnologia Java encontra-se em redes e dispositivos que vão desde a Internet e supercomputadores científicos a laptops e telefones celulares, de simuladores de mercado da Wall Street a dispositivos para jogos e cartões de crédito simplesmente em todo lugar.

Sendo assim, desde seu lançamento, em maio de 1995, a plataforma Java foi adotada mais rapidamente do que qualquer outra linguagem de programação [HOR 2001]. Ela continua crescendo até hoje e é um padrão para o mercado, oferecendo qualidade, performance e segurança aos seus usuários.

### 3.3.2 Java Advanced Imaging (JAI)

A API (Application Programming Interface) JAI, como é comumente chamada, é formada por um conjunto de classes especialmente desenvolvidas para o desenvolvimento de aplicações em processamento de imagens [Sun 2004a].

Ela oferece suporte e formatos complexos de imagens, incluindo imagens com mais de três dimensões, como, por exemplo, operadores pontuais, de área, de escala e estatísticos.

Apesar de a JAI dar suporte a um grande número de operações para o processamento de imagens, ela foi projetada para permitir que os programadores estendam as classes existentes de maneira a fornecer as operações a uma determinada aplicação [Sun 2004a].

Uma das grandes vantagens ao se usar a JAI está no fato que ela permite processar de maneira idêntica tanto um arquivo de uma imagem quanto um objeto de imagem transmitido pela rede, ou ainda um fluxo de dados em tempo real. Isso é possível devido ao encapsulamento dos formatos dos dados da imagem, juntamente com as invocações dos métodos remotos em um objeto de dados de imagem reusável [Sun 2002]. A JAI permite ainda acesso paginado a imagens grandes. Por exemplo, se uma imagem é maior que a memória principal do computador, ela pode ser dividida em partes menores para fins de manipulação.

Como vantagem adicional, aplicações escritas em Java podem ser executadas em praticamente qualquer plataforma, devido ao fato de Java ser executada através de uma máquina virtual [Sun 2004b]. Conseqüentemente, aplicações que utilizam JAI também podem ser executadas em qualquer plataforma.

Sendo assim, esses fatores tornam a combinação da linguagem Java com a biblioteca JAI uma opção atraente quando comparada a soluções comerciais de ambientes de desenvolvimento para processamento de imagens.

### 3.3.3 A Biblioteca *Swing*

Nas primeiras versões do Java, a única forma de fazer programas gráficos era através da AWT (Abstract Window Toolkit- ferramentas de janelas abstratas), uma biblioteca de “baixo-nível” que dependia do código nativo da plataforma onde rodava. Ela trazia alguns problemas de compatibilidade entre as plataformas, fazendo com que o programa nem sempre tivesse a aparência desejada em todos os sistemas operacionais, sendo, também mais difícil de ser usada [Wik 2006].

Para suprir as necessidades cada vez mais freqüentes em obter uma API estável e fácil de usar, o *Swing* foi criado como uma extensão do Java a partir da versão 1.2. A API *Swing* fornece componentes de mais alto nível, possibilitando assim uma melhor compatibilidade entre os vários sistemas onde Java é executado.

Ao contrário da AWT, a biblioteca *Swing* não contém uma única linha de código nativo, e permite que as aplicações tenham diferentes tipos de visuais (skins), os chamados “Look and Feel”. Já com AWT isso não é possível, tendo todos os programas a aparência da plataforma onde estão instalados [GUJ 2005].

Além disso, a biblioteca *Swing* possui outras vantagens. Há várias opções extras disponíveis, tais como áreas de texto que nativamente podem mostrar conteúdo RTF ou HTML, botões com suporte a imagens, sliders<sup>2</sup>, selecionadores de cores etc. É também possível alterar o tipo de borda para a maior parte dos componentes, todos podem ter imagens associadas e é possível até ter controle de como são desenhados os mínimos detalhes de apresentação [GUJ 2005].

Sendo assim, *Swing* é uma API Java para interfaces gráficas. Ela é compatível com a API AWT, mas trabalha de uma maneira totalmente diferente. A API *Swing* procura renderizar ou desenhar por conta própria todos os componentes, ao invés de delegar essa tarefa ao sistema operacional, como a maioria das outras APIs de interface gráfica trabalham, resolvendo o problema de falta de portabilidade existente na antiga AWT.

### 3.3.4 A Unified Modeling Language (UML)

UML significa Unified Modeling Language (linguagem de modelagem unificada). Ela deriva principalmente da unificação das linguagens de modelização de três métodos: o “OMT” de Rumbaugh, o “método de Booch” e os “casos de uso” de Jacobson. Pode-se citar outros métodos importantes como Fusion<sup>3</sup>, Shlaer-Mellor<sup>3</sup> e Coad-Yourdon<sup>3</sup>. Todos eram métodos completos, destacavam-se em certos pontos, porém tinham suas limitações. O método Booch destacava-se durante as fases de projeto e construção de sistemas, o OOSE<sup>4</sup> fornecia excelente suporte para captura de requisitos, a análise e o projeto em alto nível; o OMT-2<sup>4</sup> era mais útil com a análise e sistemas de informações com uso de dados [BOO 2000]. Na Figura a seguir é possível visualizar a união das linguagens, as quais compõe a UML.

---

<sup>2</sup>A interação do usuário é feita por meio do deslocamento de uma “seta” que aponta para o valor escolhido e que esse valor é exibido em uma espécie de régua. Mais informações no site [www.apl.jhu.edu/hall/java/Swing-Tutorial/Swing-Tutorial-JSlider.html](http://www.apl.jhu.edu/hall/java/Swing-Tutorial/Swing-Tutorial-JSlider.html)

<sup>3</sup>Técnicas de modelagem criadas no final da década de 80 e início da década de 90. Conforme David [DAV 2001] a linguagem Fusion utiliza uma abordagem dirigida a dado. Nessa linguagem, o desenvolvimento de uma aplicação passa pelas etapas de análise, projeto e implementação. Já a técnica Shlaer-Mellor utiliza a modelagem de dados com um enfoque estruturado bottom-up. O método Coad/Yourdon divide a análise orientada a objetos em classes e objetos, relacionando-os por meio de conceitos de agregação, generalização/especialização, associações entre outros.

<sup>4</sup>Conforme Admilson [NOG 2005], OOSE e OMT-2 significam respectivamente: Object Oriented Software Engineering e Object Modeling Technique

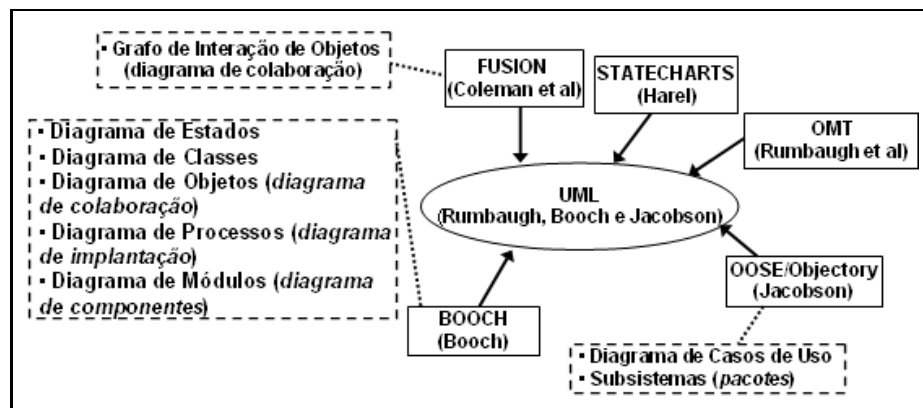


Figura 3.3: A figura ilustra a união das linguagens OO, formando uma única linguagem padrão: a UML. Adaptada de [BOA 2006]

Com isso, os criadores da UML procuraram desenvolver uma linguagem unificada padrão que pudesse ser de fácil entendimento a todos. Preocuparam-se em deixá-la aberta aos desenvolvedores, onde os mesmos pudessem criar seu próprio método de trabalho.

Como todas as linguagens, a linguagem UML é usada para transmitir e receber de outros algumas informações. Nesse caso, as informações são definições detalhadas de como um sistema deve ser implementado, a fim de realizar o que o usuário deseja, gerando uma documentação do sistema.

Portanto, é fundamental conhecer a linguagem para entender os modelos que outras pessoas desenvolveram com muito esforço ou para explicar a outras pessoas (por exemplo programadores) como um sistema deve ser implementado. Cada conceito a ser modelado (subsistema, classe, relações, etc.) tem uma representação gráfica específica na linguagem. É muito importante sempre respeitar as convenções definidas na UML para que outras pessoas possam entender os diagramas gerados.

Sendo assim, a UML pode ser usada para modelar todas as fases de um sistema, desde os primeiros contatos até a geração do código. É aplicada em qualquer tipo de sistemas em termos de diagramas de orientação a objetos, mas também pode ser utilizada em sistemas mecânicos, de engenharia em geral, podendo também ajudar na organização dos processos de uma empresa.

### 3.4 Aplicação das Ferramentas no Sistema

Nessa seção será apresentada a aplicação de cada ferramenta no processo de desenvolvimento do método híbrido.



### 3.4.1 A Linguagem Java

Atualmente, temos um grande número de linguagens de programação disponíveis no mercado. Escolher uma linguagem a fim de desenvolver um projeto depende muito das características (segurança, portabilidade, velocidade de execução, etc.) que esse projeto deve conter, a fim de satisfazer as necessidades de seus clientes.

A linguagem de programação escolhida para desenvolver esse trabalho foi a linguagem Java. Essa escolha ocorreu devido às três características presentes na linguagem, as quais são importantes no processo de desenvolvimento do método híbrido. A seguir será apresentada cada uma dessas características.

Primeiramente, a linguagem Java foi utilizada para poder realizar o processo de reuso uma vez que, os componentes *Watersheds-IFT*, *Mean Shift* e *Save* estavam implementados nessa linguagem. A reutilização de componentes aumentou a modularidade do sistema, permitindo que os módulos utilizados fossem agregados rapidamente ao software. Se essa característica não fosse utilizada, o método híbrido levaria muito tempo para ser concluído, tornando a pesquisa lenta e cara.

A portabilidade é a segunda característica importante presente na linguagem Java. Ela permite que o componente híbrido seja melhor utilizado, pois, através dela, o módulo híbrido pode ser acoplado em qualquer sistema, independente da plataforma que o usuário estiver utilizando.

E finalmente, a terceira característica importante a ser citada é que a linguagem Java possui junto a si APIs (Interface de Programação de Aplicações). Nessas bibliotecas está um conjunto grande de classes organizadas em pacotes, onde cada um desses pacotes traz classes com funcionalidades básicas e vital para um determinado ramo da programação java. Nesse trabalho utilizaram-se várias APIs: `java.util` (oferece classes com funcionalidades diversas, como por exemplo, data corrente, números aleatórios etc), `java.awt` (classes para a criação de objetos de interface gráfica e para manipulação de eventos), `java.io` (mantém classes usadas para controle de entrada e saída em arquivos e em dispositivos), entre outras.

### 3.4.2 A API JAI

A biblioteca JAI é um pacote Java que possui classes e métodos para a construção dos principais algoritmos de processamento digital de imagens. A sua utilização permite ao desenvolvedor utilizar o mínimo de programação, necessitando apenas que o programador faça a sua chamada através de uma linha de comando.

Essa biblioteca permite a criação de aplicações mais complexas e com performance melhor. Além disso, ajuda os desenvolvedores a competirem nos ambientes de rede heterogêneos e altamente distribuídos, simplificando a criação de aplicações de imagens com suporte a vários sistemas, de clientes magros até poderosas estações de trabalho.

Contudo, a API JAI foi utilizada nesse trabalho apenas para realizar operações de entrada e saída, visto que, na implementação do método híbrido não foi necessário chamar nenhuma de suas operações. É importante frisar também que os métodos *Watersheds-IFT* e *Mean Shift* não

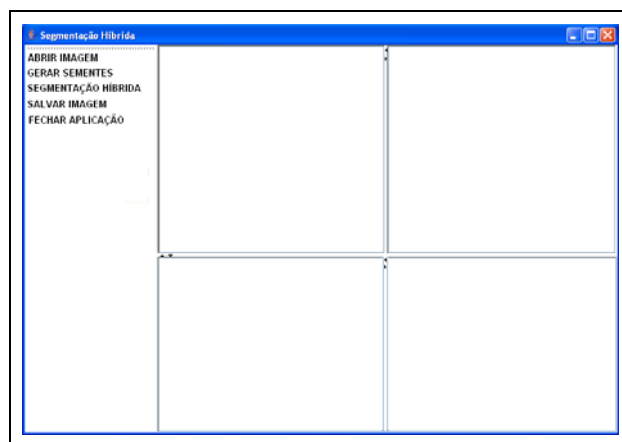
fazem parte dessa API.

### 3.4.3 A Biblioteca *Swing*

A biblioteca *Swing* foi utilizada nesse trabalho com o propósito de construir uma interface gráfica para o sistema. No processo de construção da interface não foi aplicada nenhuma metodologia a fim de facilitar a sua utilização por parte do usuário, pois esse não é o foco do trabalho.

Após o processo de desenvolvimento do método híbrido, foi constatado que sua utilização automática, isto é, sem a influência do usuário, não gerava resultados satisfatórios para que os usuários pudessem realizar suas análises. Sendo assim, a construção da interface tornou-se necessária para que o usuário pudesse auxiliar no processo de segmentação híbrida. Esse auxílio acontece quando é permitido ao usuário, por meio da interface gráfica, adicionar ou remover sementes na imagem, a fim de obter um melhor resultado ao final do processo. A interface implementada apresenta requisitos mínimos porque o nosso foco é o método e não a interface humano computador (IHC).

Dessa forma, a interface apresenta componentes gráficos básicos, que permitem uma mínima interação com o usuário. Nesses componentes estão incluídos os botões e as janelas, as quais permitem ao usuário acompanhar o procedimento híbrido. Isso pode ser melhor visualizado na Figura 3.4.



---

Figura 3.4: Interface construída no sistema para realizar o processo de segmentação híbrida.

---

A interface está dividida em cinco partes: uma pequena parte é destinada para alojar os botões (Abrir imagem, Gerar Sementes, Segmentação híbrida, Salvar Imagem e Fechar Aplicação), as outras partes são destinadas a visualização das imagens: imagem original, imagem resultante da segmentação *Mean Shift*, imagem marcador e imagem resultado.

Para implementar os botões contidos na interface foi utilizado o comando “JButton” o qual está inserido na API *Swing*. Dentro da classe *híbridoGUI* (classe na qual a interface está im-

plementada) há o método construtor, que mostra os botões na interface, bem como o comando “Listen”, o qual executa a ação implementada em cada botão. Por exemplo, o botão “Gerar Sementes” possui, em sua classe, o método construtor “ListenSegment” e o método “ExecuteAction”, o qual implementa a ação a ser executada quando o usuário clica no botão “Gerar Sementes”. As ações executadas por esse botão são:

- Executa o método de segmentação *Mean Shift*, o qual está representado;
- Atualiza a imagem de marcadores na tela; e
- Habilita o botão Segmentação híbrida da aplicação.

Essas três ações podem ser visualizadas nas linhas 10,11 e 12 da listagem abaixo.

---

**Código 1:** Classe responsável por instanciar o botão Segmentar Imagem e implementar a ação que deve ser executada quando o botão for pressionado

---

```

01.  /*Algoritmo que implementa o método construtor
02.  public ListenSegment(String text){
03.      super(text);
04.      this.setBorderPainted(true);
05.  }
06.  /*Algoritmo que implementa a ação que o botão irá realizar
07.  /*quando pressionado
08.  public void ExecuteAction(){
09.      marcadores = JAI.create("fileload", path);
10.      segmentMS(path);
11.      showImageMarcadores(marcadores);
12.      button5.setEnabled(true);
13.  }
```

---

Sendo assim, observa-se que a biblioteca *Swing* é mais avançada que a AWT, pois com ela é possível implementar todos os controles visuais em Java, utilizando apenas as primitivas gráficas da plataforma. Também permite ao programador especificar uma aparência e um comportamento diferente para cada plataforma, ou uma aparência e um comportamento uniforme entre todas as plataformas, oferecendo um maior nível de portabilidade e flexibilidade aos seus usuários.

### 3.4.4 A Modelagem do Método de Segmentação Híbrido

Realizar a modelagem de um sistema é tão essencial quanto indispensável quando se deseja construir um software. Através dela, é possível projetar cada fase do sistema, desde os primeiros contatos até a geração do código, facilitando a visualização do projeto e posteriormente sua implementação.

No corrente trabalho, a técnica de modelagem foi a primeira atividade a ser realizada no desenvolvimento do método híbrido. Com ela, visualizou-se os relacionamentos das classes e toda a estrutura desse método, ficando muito mais fácil implementar e compreender o software.

A modelagem do sistema foi realizada utilizando a ferramenta Enterprise Architect (EA), a qual utiliza a linguagem UML. Com essa ferramenta construíram-se dois diagramas: o de classe e o de atividade. Os diagramas de classe são importantes para a visualização, a especificação e a documentação de modelos estruturais [BOO 2000]. Por exemplo, ao construir uma casa, é necessário analisar a construção de blocos básicos como, paredes, pisos, janelas, vigas entre outros. Esses itens não podem ser considerados independentes, pois é necessário que eles estejam interagindo, a fim de determinar a arquitetura final da casa. Já a planta apresentada no final é a apresentação gráfica desses itens e seus relacionamentos. A construção de um software tem muitas dessas características e através do diagrama de classe será possível visualizar os relacionamentos entre as classes e especificar os detalhes da construção, conforme mostra a Figura 3.5.

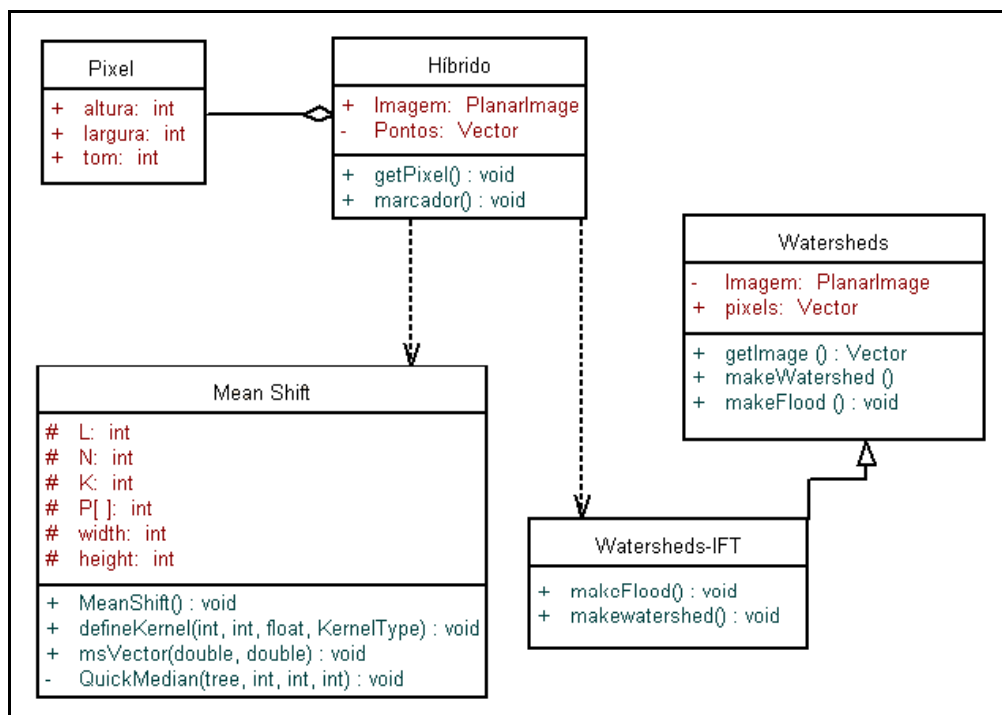


Figura 3.5: Diagrama de classe do sistema. Nele é possível visualizar os relacionamentos existentes entre classes (**Pixel**, **Híbrido**, **Mean Shift**, **Watersheds-IFT** e **Watersheds**), métodos (`getImage()`, `makeFlood()`, `getPixel()`, etc.) e atributos (`altura`, `largura`, `tom` entre outros).

Através da Figura 3.5, pode-se extrair diversas informações, as quais são importantes saber antes de o sistema começar a ser implementado, a fim de que se possa corrigir possíveis erros. A seguir são listadas as informações que foram extraídas do diagrama de classe mostrado acima.

- Classe *Pixel*: esta classe fornece os métodos e os atributos necessários para o estabelecimento dos valores e das relações de vizinhança existentes entre os pixels presentes nas imagens em níveis de cinza.
- Classe *Híbrido*: esta classe implementa os métodos necessários a fim de realizar o processo de segmentação híbrida.
- Classe *Mean Shift*: esta classe implementa os métodos necessários a fim de executar o algoritmo *Mean Shift*, sendo também utilizada pela classe híbrido, a qual necessita de seus métodos para poder executar suas funções.
- Classe *Watershed-IFT*: esta classe implementa os métodos necessários para executar a transformada *watershed* por operadores IFT (Image Foresting Transform). Também é utilizada pela classe híbrida, a qual necessita de seus métodos para ser funcional.
- Classe *Watershed*: é uma classe abstrata que fornece meios para que as diferentes abordagens de segmentação de imagens por watersheds sejam implementadas, como watershed por imersão, por distância topográfica e por operadores IFT. Esse trabalho utiliza apenas a abordagem *watersheds-IFT*;

Sendo assim, o diagrama de classes permite encontrar facilmente informações sobre métodos, atributos e nomes das funções auxiliando o processo de implementação do método híbrido.

Já os diagramas de atividades são essencialmente gráficos de fluxo, os quais mostram o fluxo de controle de uma atividade para outra em um único processo. Uma atividade é essencialmente parte de um fluxo, que interage com uma outra atividade, podendo ser paralela a ela ou não. A execução paralela é representada pelos ícones Forquilha/Esperar, e para as atividades executadas em paralelo, não é importante a ordem na qual elas se executam (elas podem ser executadas ao mesmo tempo ou uma após a outra). A seguir será exposto o diagrama de atividade do sistema.

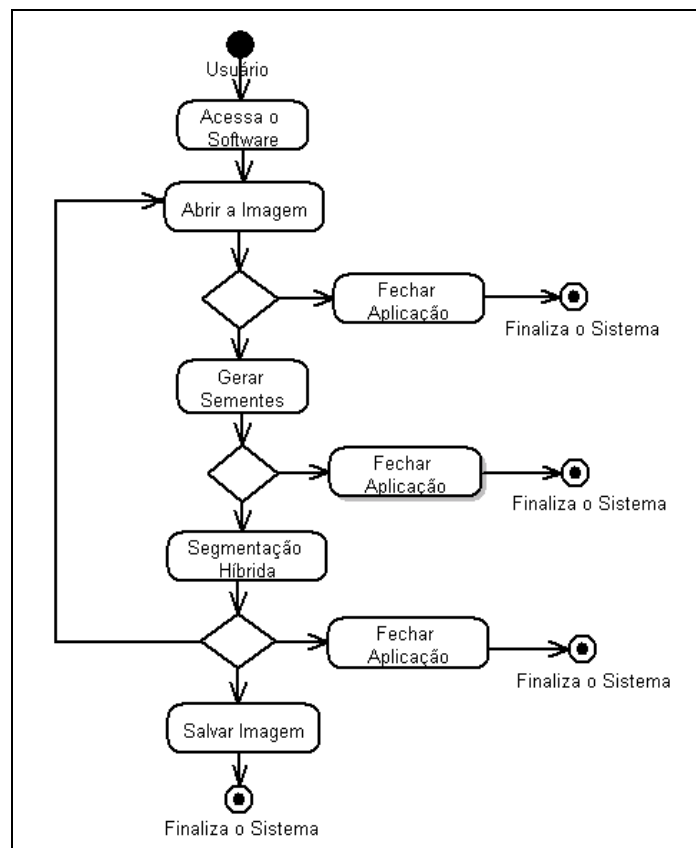


Figura 3.6: O diagrama de atividade mostra o caminho que o usuário deve percorrer a fim de executar o processo de segmentação híbrida.

Através do diagrama de atividade é possível visualizar os passos que o usuário deve seguir, a fim de desencadear uma determinada ação. Por exemplo, para poder realizar a ação de “Gerar Sementes”, tem-se que, primeiro, executar a ação “Abrir a Imagem”, uma vez que o botão gerar sementes não é habilitado, não permitindo que o usuário pratique a ação “Gerar Sementes”. Com isso, o diagrama de atividade nos mostra todas as ações que o usuário deve seguir para poder utilizar adequadamente o sistema.

### 3.5 Componentes Utilizados na Implementação do Método de Segmentação Híbrido

Os módulos que fazem parte da construção do método de segmentação híbrida são os componentes de segmentação *Watersheds-IFT* e *Mean Shift* juntamente com o componente *Save*. Com essa abordagem, a aplicação (método híbrido) constituiu-se a partir de um conjunto de módulos (componentes) interligados.

A existência desses componentes permite que o processo de construção do método híbrido não começasse a ser construído desde o início, proporcionando uma melhor produtividade e

uma melhor qualidade, haja visto que, o software reutilizável demanda mais testes e garantia de qualidade, simplesmente porque as consequências de um erro são mais sérias e o uso contínuo ocasiona uma maior probabilidade de detecção de erros.

Os componentes *Watersheds-IFT* e *Mean Shift* estão sendo reutilizados porque estão implementados na mesma linguagem de programação em que o componente híbrido está sendo desenvolvido, a linguagem Java. Essa linguagem dá suporte a fatores de qualidade (confiabilidade, independência de plataforma e portabilidade) como facilidade de reuso e manutenção, incluindo adaptabilidade.

Sendo assim, a utilização desses componentes, diminui significativamente o tempo de implementação da nova aplicação - a Segmentação Híbrida, bem como a quantidade de código desenvolvido, na medida em que parte das responsabilidades ficou atribuída aos artefatos de software reutilizados.

### 3.6 A Reusabilidade do Componente Híbrido

O desenvolvimento de software orientado a componentes é uma abordagem que promove o reuso de artefatos de alta granularidade, com a capacidade de promover reuso de projeto e código. A adoção destas abordagens no desenvolvimento de software - em conjunto ou isoladamente - pode diminuir significativamente o tempo para o desenvolvimento de novas aplicações, bem como a quantidade de código a desenvolver, pois parte das responsabilidades das novas aplicações são atribuídas aos artefatos de software reutilizados.

Durante o desenvolvimento do método híbrido, à medida que a modelagem foi sendo desenvolvida, o aspecto de reuso foi sendo juntamente pensado e elaborado. Para que o componente híbrido se tornasse reutilizável, foi necessário desenvolver uma classe (reuso), a qual contém apenas os caminhos necessários para que outros desenvolvedores possam agregar esse componente a diferentes sistemas, sem ter que conhecer a parte interna do código.

Dentro da classe “reuso” foram implementados três passos necessários para o processo de reutilização do componente. No primeiro passo, a imagem de entrada é recebida (linha 06), no segundo, foi chamado o comando `instanciacomponente` (linha 11) que realiza o processo de segmentação híbrida e, por último, passou-se a imagem resultado para o usuário (linha 13). Para realizar o primeiro e o último passo foi utilizada a JAI. A seguir é exposto o código que realiza esse procedimento.

---

**Código 2:** Algoritmo que possibilita o método híbrido tornar-se um componente reutilizável

---

```
01.  /*Algoritmo implementado dentro do método híbrido o qual permite
02.  /*o processo de reuso
03.  public class reuso {
04.  public static void main(String args[]){
05.  /*recebe a imagem de entrada
06.  String diretorio = "./ALGRAINS.BMP";
07.  PlanarImage resultado;
08.  /*Instancia a classe híbrido, a qual contém todo o processo
09.  /*de segmentação do sistema
10.  MH.hibrido reusoComponente = new hibrido();
11.  resultado = reusoComponente.instanciaComponente(diretorio);
12. /*mostra a imagem resultado após o processo de segmentação híbrida
13.  JAI.create("filestore", resultado, "./resultado.tiff");
14.  }
15. }
```

---

Desta forma, os passos utilizados na classe reuso foram implementados conforme o código acima, pois tem-se o objetivo de incorporar o método híbrido ao sistema Arthemis, o qual está sendo desenvolvido pelo grupo PIGS<sup>5</sup>, uma vez que esses comandos são exatamente aqueles que os desenvolvedores necessitam saber para agregar um componente novo a seu sistema.

Com isso, o Arthemis poderá, ao final desse trabalho, contar com mais uma ferramenta de segmentação, auxiliando seus usuários no processo de análise de imagens. É importante também frisar que o componente híbrido poderá ser reutilizado em outros sistemas, desde que possuam os mesmos propósitos (segmentação por contorno, utilização de sementes, entre outros), os quais foram desenvolvidos nesse método.

---

<sup>5</sup>O Grupo de Processamento de Informação Multimídia (PIGS) dedica-se particularmente ao desenvolvimento de pesquisas na área de automação e informática industrial, integrando conceitos e técnicas de processamento e análise de imagens, reconhecimento de padrões e visão computacional. O PIGS também atua na área de engenharia de software, desenvolvendo sistemas de imageamento, construídos através de componentes de software e padrões de projeto. Recentemente, o PIGS ampliou as suas linhas de pesquisa para incluir o desenvolvimento de jogos para computador.



## 4 SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

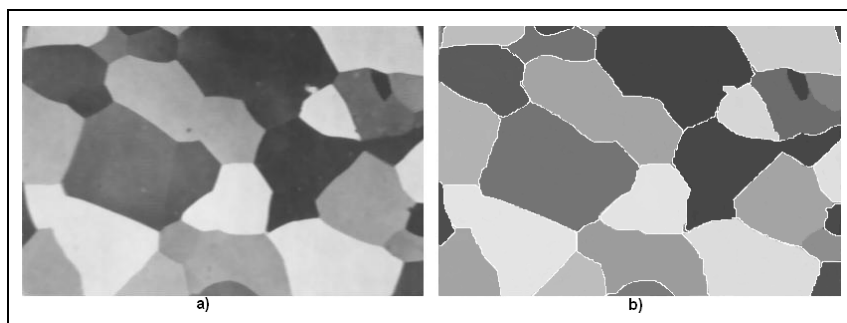
Para extrair informações de imagens digitais é necessário separar do restante da imagem, os objetos de interesse que a compõem. Este processo é denominado segmentação. Por exemplo: numa imagem de células, pode-se segmentar as bordas das células do resto da imagem. O mesmo processo ocorre numa imagem do coração, quando se separa o ventrículo esquerdo do restante, bem como numa imagem de texto, quando se segmenta os parágrafos pela forma com que eles são alinhados: centralizado, à direita ou à esquerda.

Estes exemplos são suficientes para dar a noção do quão importante é conseguir um resultado preciso na segmentação dos objetos de interesse numa imagem. É a partir dessa segmentação que se extraem informações da imagem, na maioria dos casos, medidas dos objetos segmentados. Geralmente, percebe-se uma certa facilidade e rapidez na identificação visual de objetos ou informações de uma cena, mesmo quando ela não é estática. Isso pode levar a pensar que a automatização da mesma seja igualmente simples, o que não é verdade, uma vez que, computacionalmente, segmentar uma imagem é uma tarefa difícil e cujos resultados nem sempre são satisfatórios.

Há diversos problemas que impedem o sucesso de uma segmentação como, por exemplo, o sombreamento de objetos tridimensionais, presença de ruído na imagem digitalizada, manchas, distorções geométricas, falta de informação suficiente para distinguir as partes da imagem, excesso de objetos na imagem, sobreposição de objetos além da dificuldade para quantificar características complexas como textura.

As abordagens existentes na literatura para solucionar esses problemas são múltiplas e basicamente levam à noção de região, de contorno, de textura, de contornos ativos, ou ainda a uma abordagem mista. Na solução desses problemas é preferível a abordagem mista, mesmo que seu uso seja mais complicado [AYA 2004].

A detecção de regiões em uma imagem pode ser feita com dois objetivos: extrair uma determinada região ou dividir a imagem num conjunto de áreas distintas. Uma região de uma imagem é definida como um conjunto de pontos ligados onde, de qualquer um de seus pontos pode-se chegar a qualquer outro ponto dessa mesma região ou por um caminho completamente contido em seu interior. Estas regiões normalmente apresentam alguma característica homogênea que, comumente, é a continuidade dos níveis de cinza de seus pixels [ANT 1999]. A Figura 4.1 mostra uma imagem sendo dividida em regiões.

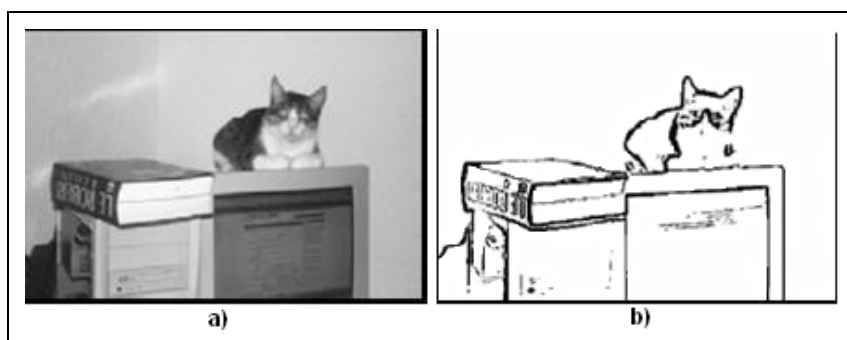


---

Figura 4.1: Resultado do processo de segmentação por região. a) Imagem Original. b) Imagem segmentada.

---

A segmentação por contorno é definida como uma mudança brusca de níveis de cinza entre duas regiões relativamente homogêneas. Ela pode aparecer como uma sequência de pontos, uma linha, um segmento, uma curva ou uma forte variação do nível de cinza médio [ANT 1999]. Na Figura 4.2 é possível visualizar a variação dos níveis de cinza onde, o gato, a mesa, o livro e o monitor são regiões diferentes presentes na imagem.



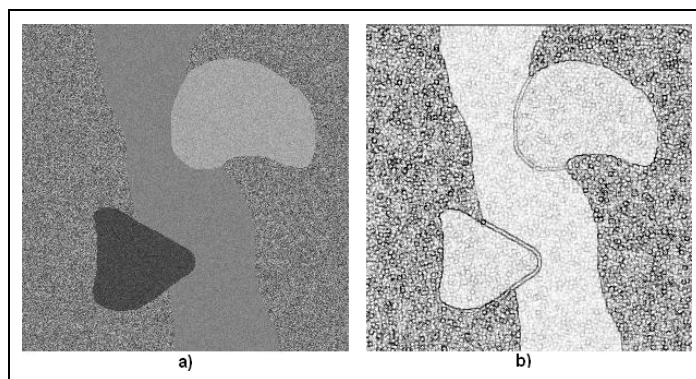
---

Figura 4.2: Resultado do processo de segmentação por contorno. a) Imagem Original. b) Imagem segmentada.

---

A segmentação por textura permite colocar em evidência os motivos da imagem, considerando-se as propriedades de regularidade e de repetição [STE 1999], (Figura 4.3). A noção de textura supõe que:

1. O motivo seja um agrupamento aleatório ou não aleatório de subconjuntos da imagem;
2. As entidades detectadas sejam uniformes e tenham aproximadamente as mesmas dimensões em qualquer lugar da imagem;
3. O motivo local seja repetido ao menos estaticamente numa região comparativamente grande em relação ao tamanho desse motivo.



---

Figura 4.3: Resultado do processo de segmentação por textura. a): Imagem Original. b): Imagem segmentada.

---

Como não é fácil encontrar uma noção própria de textura, alguns pesquisadores consideram que ela pode revestir-se de um aspecto anárquico e homogêneo (exemplos da erva, da casca de árvore, entre outros) enquanto outros consideram que ela se reveste mais de um aspecto determinístico e estruturado (exemplos do tecido, do muro, etc.).

Finalmente vamos considerar o método de contornos ativos, o qual pode ser definido como um modelo de uma curva deformável. O modelo de contorno ativo é uma técnica de ajuste de uma curva deformável em relação às bordas de regiões homogêneas da imagem, baseada na minimização [AYA 2004].

Existem duas funções associadas a energia atuando no processo de segmentação por contorno ativo: a energia interna e a energia externa. A energia interna está relacionada ao comprimento do contorno e manter o mesmo espaçamento entre os pontos, conforme mostra a Figura 4.4(a). Já a energia externa está relacionada às informações dos níveis de cinza. Essa energia vai gerar um campo de força externo à curva que deverá “puxar” a mesma em direção às bordas, Figura 4.4(b).

Desta forma, o modelo está sempre procurando minimizar a sua função energia. Assim, pode-se dizer que é um método dinâmico. Durante o processo de minimização, o contorno ativo tem um comportamento parecido ao de uma cobra que rasteja, daí originou-se a denominação de “*snakes*”. Na Figura 4.5, é possível visualizar um exemplo da segmentação por contorno ativo sendo aplicada em uma imagem.

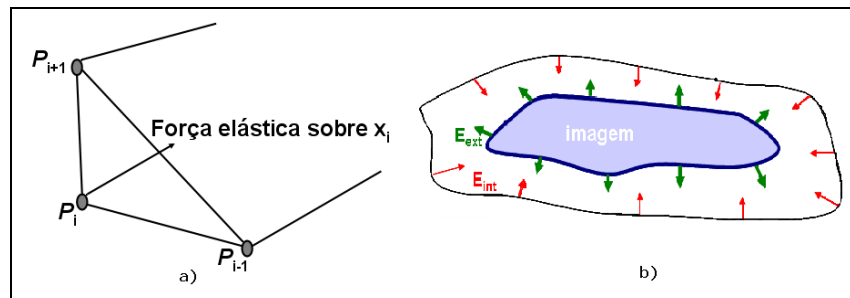


Figura 4.4: Processo de segmentação por contorno ativo. a) Mede-se o comprimento da imagem, seguindo o mesmo padrão de distância em toda a extensão da imagem. b) A curva interna é puxada para fora a fim de atingir o equilíbrio, formando assim, um contorno na imagem.

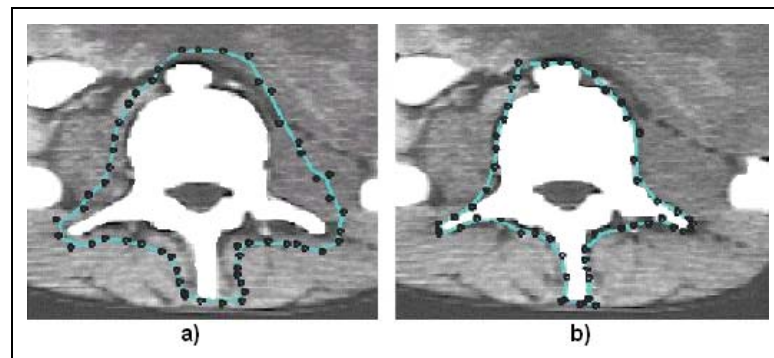


Figura 4.5: Segmentação por contorno ativo. a) Curva procurando o mínimo da função de energia. b) Imagem que mostra o resultado da função de energia mínima, encontrando o objeto desejado. Adaptada de [D'OR 2003].

## 4.1 Métodos de Segmentação

Nesta seção, dois métodos serão apresentados: *Mean Shift* e *Watersheds - Image Foresting Transformation (IFT)*. Ambos foram utilizados no desenvolvimento do método de segmentação híbrida e serão analisados a seguir.

### 4.1.1 Método Linear - *Mean Shift*

O algoritmo *Mean Shift* é uma técnica de classificação não supervisionada por estimação do gradiente de densidade de pontos no espaço de características, a qual foi proposta em 1975 por Fukunaga e Hostetler [K.FU 1990], e reapresentada mais recentemente por Cheng [CHE 1995].

#### 4.1.1.1 O procedimento *Mean Shift*

O método de segmentação por *Mean Shift* é um algoritmo eficiente, o qual detecta agrupamentos de amostras por similaridade de características, isto é, detecta “clusters” de pontos no

espaço de características que constituem-se as classes adotadas na classificação.

Quando esta técnica é aplicada a um espaço de cores, produz uma diminuição do número de cores usados para descrever uma imagem. Isso é o mesmo que fazemos quando atribuímos o mesmo nome a todo um conjunto de matizes e tonalidades. Assim, por exemplo, reduzimos a azul o azul escuro, o azul claro, o marinho, o celeste o turquesa e mais uma infinidade de outros azuis. Para aproximar a classificação produzida pelo mean shift à sensação de cor produzida pelo sistema visual humano, utiliza-se o espaço de cores  $L^*u^*v^*$ . A seguir serão apresentadas as etapas utilizadas no desenvolvimento desse método.

O algoritmo *Mean Shift* consiste em cinco etapas, as quais serão explanadas a seguir<sup>1</sup>

1. Escolhe-se o tamanho de uma janela, a qual será utilizada como um campo e onde os pontos serão verificados a fim de analisar se pertencem ou não a esse campo de trabalho.

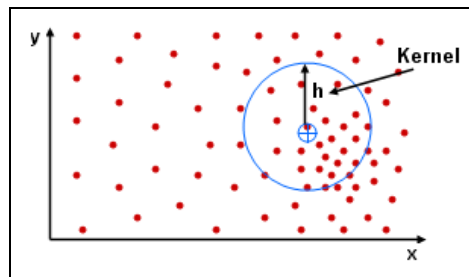


Figura 4.6: Nessa figura é possível visualizar a escolha do tamanho da janela através do raio  $h$ .

2. Seleciona-se um ponto onde estará localizada a janela, o qual será o ponto central da mesma.

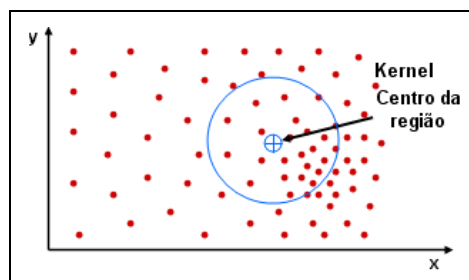


Figura 4.7: Ponto selecionado a fim de localizar a janela.

<sup>1</sup>As figuras utilizadas para exemplificar o método de segmentação por *Mean Shift* foram retiradas do artigo Feature Sensitive Mesh Segmentation with Mean Shift de Hitoshi Yamauchi e Seungyong Lee [YAM 2005], conforme as páginas 13,14,15 e 16.

3. Computa-se a média local dos pontos dentro da janela. Na sequência, descobre-se o centro de massa.

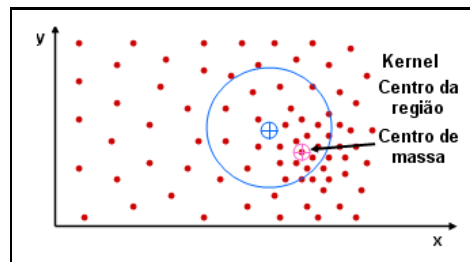


Figura 4.8: Descobre-se o centro de massa a fim de realizar o deslocamento da janela.

4. Desloca-se a janela para o ponto médio calculado na etapa anterior. A diferença entre a média local e o centro dão origem ao vetor *Mean Shift* em cada janela.

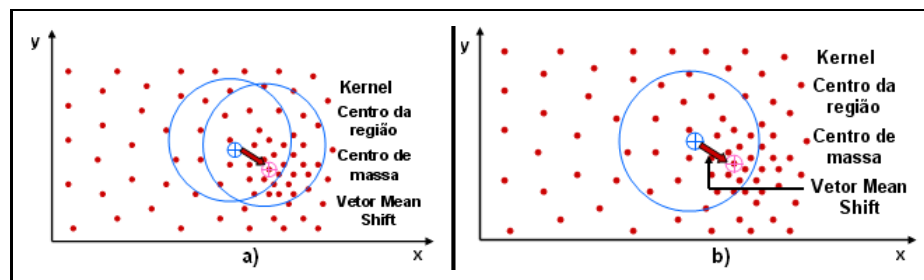


Figura 4.9: Desloca a janela para um outro ponto médio e a diferença entre o ponto médio e o centro  $x$  gera o vetor *Mean Shift*. [H.YA 2005],p.14. a): Deslocamento da janela até o ponto médio calculado. b): Vetor *Mean Shift*.

5. Executa-se o passo três e quatro até que todos os pontos tenham convergido para o mesmo valor(cor ou textura) do ponto médio. A convergência está alcançada quando o vetor médio do deslocamento é aproximadamente igual a zero.

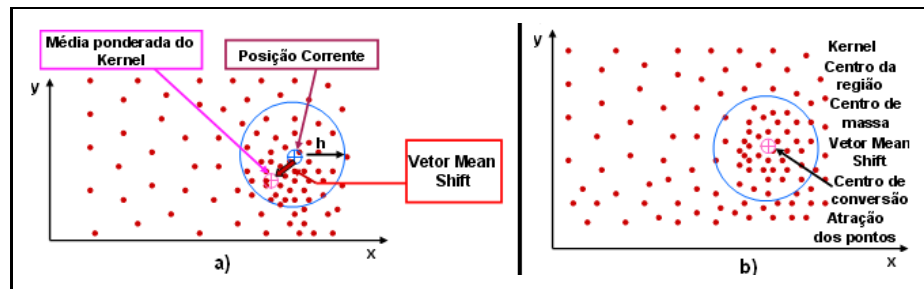


Figura 4.10: Executa os passos três e quatro até que o vetor *Mean Shift* alcance um valor próximo a zero. (a): Mostra os passos 1, 2, 3 e 4 sendo executados várias vezes, a fim de descobrir o ponto médio da imagem. (b): Realiza o processo de convergência dos pontos.

Após ter realizado todos os passos do processo de segmentação por *Mean Shift*, o conjunto de pontos da imagem original será reduzido. Isso porque, foi usado como parâmetro, uma característica do ponto central, a cor, levando todos os outros pontos, pertencentes a essa janela a ficarem com as mesmas características desse ponto central, reduzindo, assim, a quantidade de pontos existentes na imagem. Abaixo é possível visualizar um exemplo da técnica de segmentação por *Mean Shift*.

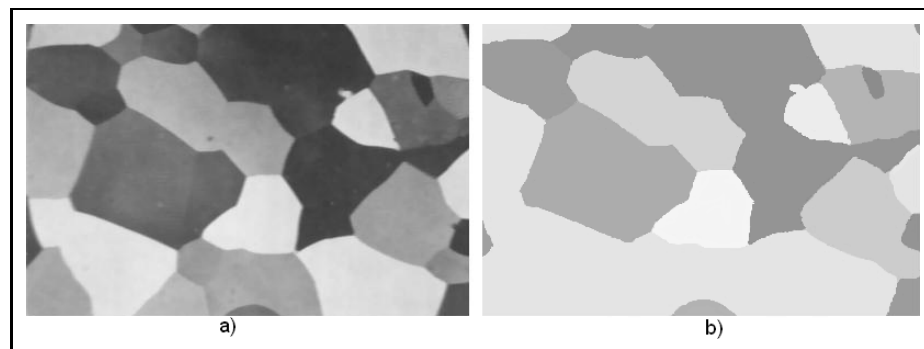


Figura 4.11: Nessa figura é possível visualizar a união de certas regiões, diminuindo os tons de cinza presentes na imagem. a): Imagem Original. b): Imagem segmentada através do método *Mean Shift*.

#### 4.1.1.2 Exemplos da Segmentação

Três parâmetros controlam a segmentação: a busca do raio  $h$ , o *threshold*  $T1$  (que impõe o limite da densidade), e o  $T2$ , o qual determina o tamanho mínimo do componente conectado.

Os resultados apresentados aqui são obtidos com  $h=4$ ,  $T1=50$  e  $T2=1000$ . Uma imagem típica do leucócito é mostrada na Figura 4.12-a. A imagem segmentada é apresentada em pseudocores na Figura 4.12-b. Pseudocores idênticas são usados para mostrar a delineação do *cluster*

na Figura 4.13-e, onde esses clusters são deslocados para obter uma melhor visualização. As Figuras 4.13-a, b, c e d, respectivamente, correspondem a  $n=6005$  vetor de cor, parte da amostra com  $m = 73$ , candidatos à centro do cluster, e  $p = 4$  centros de *clusters* [COM 2001].

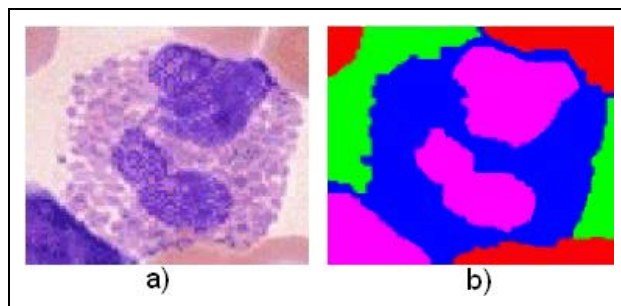


Figura 4.12: Método *Mean Shift* sendo aplicado a uma imagem de leucócitos, passando como parâmetro  $h=4$   $T1=50$  e  $T2=1000$ . a): Imagem Original. b): Imagem resultante do procedimento *Mean Shift*, sendo representada em pseudocores. Adaptada de [COM 2001], p.7

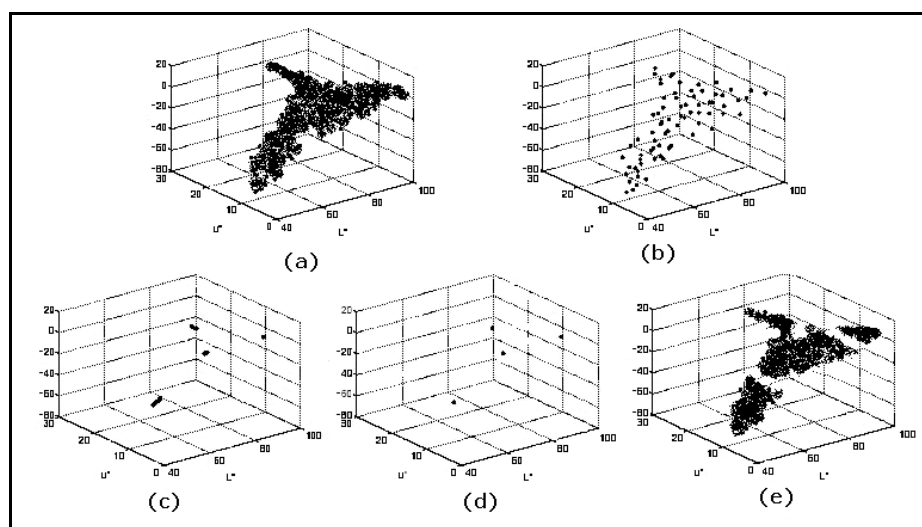
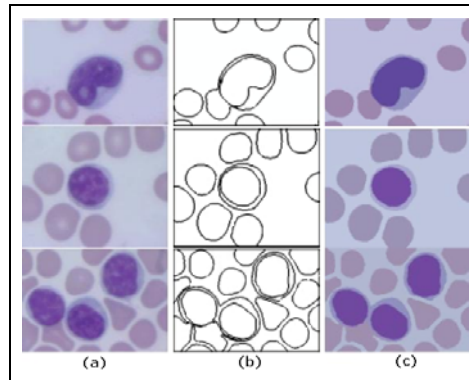


Figura 4.13: Procedimento *Mean Shift* sendo representado em gráficos: (a): Vetor de cor. (b): Conjunto de amostras. (c): *Clusters* candidato ao centro. (d): Agrupamentos centrais. (e) *Clusters* delineados. Adaptada de [COM 2001], p.7

A decomposição resultante é significativa no domínio espacial e no espaço de cor; a textura do citoplasma, por exemplo, é classificados em um *cluster*.

A qualidade da segmentação pode também ser avaliada na figura 4.14 que mostra a imagem original, as imagens com contorno, e as imagens segmentadas de uma espécie de linfoma da zona do manto (superior) e de duas espécies de leucemia linfocítica crônica (abaixo).



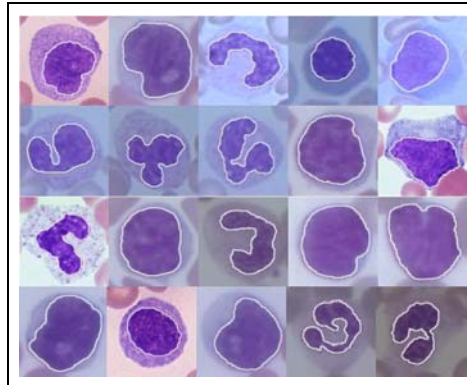



---

Figura 4.14: Resultado da segmentação por *Mean Shift* em uma imagem médica. a): Imagem Original. b): Contornos. c): Imagem Segmentada. Adaptada de [COM 2001], p.8

---

Os resultados adicionais são apresentados na Figura 4.15, onde o núcleo de cada célula foi delineado usando o algoritmo *Mean Shift* e nenhum pós-processamento adicional foi necessário. O conjunto de dados contém imagens de diferentes cores, contrastes, nível de ruído e tamanho (para a conveniência, são indicadas no mesmo tamanho).




---

Figura 4.15: A segmentação do núcleo é realizado em várias categorias de células. A borda do núcleo é marcada com um contorno branco. Adaptada de [COM 2001], p.9

---

#### 4.1.2 Método Não-Linear - *Watersheds*

A segmentação de imagens por *watersheds* pode ser classificada como uma técnica de segmentação baseada no crescimento de regiões ou como uma técnica de morfologia matemática. Esse método baseia-se no princípio de “inundação de relevos topográficos”, onde a imagem é inundada com água, permitindo a formação de bacias de captação e de linhas *watersheds*, ou linhas divisoras de água, possibilitando o particionamento da imagem em regiões.

É possível visualizar a “inundação” de duas maneiras distintas: conforme a Figura 4.16, a

água vinda de cima, como se fosse chuva; ou água vinda de baixo, como se o relevo estivesse perfurado nos pontos de altitude mínima e fosse imerso em um lago [ROE 2000],[WAN 2004]. Conforme as bacias vão sendo inundadas, águas provenientes de diferentes bacias se encontram, formando, nos pontos de encontro, represas ou linhas divisoras de águas, as chamadas *watersheds*.

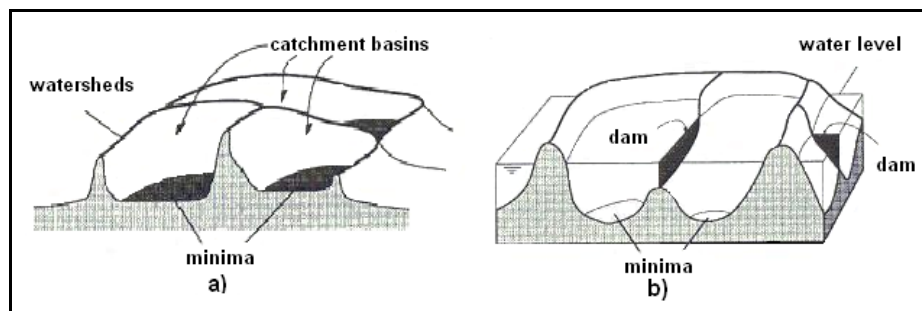


Figura 4.16: a) Linhas divisórias, mínimos e bacias de captação em um relevo topográfico em imagens em nível de cinza. b) Construção de represas que irá dividir duas bacias de captação. [JäHN 2000], p.512

De acordo com a Figura 4.16, as regiões mais baixas seriam correspondentes as de menor gradiente<sup>2</sup> e as regiões mais altas as de maior gradiente. O crescimento de regiões seria equivalente a uma inundação feita a partir da abertura de um pequeno furo nas regiões que, partindo de um mínimo local formem uma bacia hidrográfica. Eis o porquê do nome divisor de águas. O agrupamento dos pixels é feito por mecanismos de busca de valores próximos a partir de cada mínimo local [WAN 2004].

Segundo Vicent e Soille [VIC 1991], temos vários algoritmos para a definição de transformação da *Watersheds*, entre eles pode-se citar algoritmos por imersão, por componentes gráficos, por distância topográfica e por *Image Foresting Transform* (IFT). O presente trabalho utilizará o algoritmo IFT, o qual será analisado a seguir.

#### 4.1.2.1 Watersheds - Image Foresting Transformation (IFT)

Muitos problemas de processamento de imagem podem ser interpretados como um problema de divisão da imagem baseado, em parte, nos pixels raízes, onde cada raiz define uma zona de influência que consiste em agrupar os pixels mais próximos a elas [LOT 2002].

O image foresting transform (IFT) reduz tais problemas, pois transforma o trajeto de uma floresta de custo-mínimo em um grafo dirigido cujos nós são os pixels da imagem e cujos arcos são definidos por uma relação de adjacência qualquer entre esses pixels. Um tipo de relação de adjacência razoável é a adjacência Euclideana, a qual define arestas saindo de um vértice para

<sup>2</sup>O gradiente morfológico é comumente utilizado para detectar contornos, sendo um passo intermediário para subseqüentes aplicações, como no caso da segmentação de imagens [FAC 1996].

todos os outros vértices distantes até um dado raio (de acordo com a métrica euclidiana), veja um exemplo na Figura 4.17.

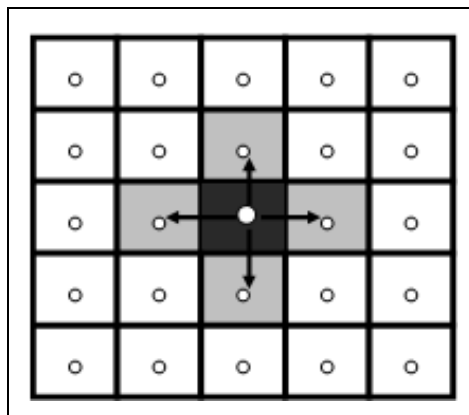


Figura 4.17: Adjacência euclidiana de uma figura 2D de raio 1, o qual analisa apenas os pixels que estão ao seu redor. [ALE 2000], p.18

O custo de um caminho é calculado por uma função dependente da aplicação e com base em propriedades locais da imagem - tais como brilho, gradiente e posição de pixel ao longo do caminho.

Para uma função de custo adequada, a IFT associa a cada pixel da imagem um caminho de custo mínimo. Dessa forma, a imagem será particionada em uma floresta de caminhos ótimos. Nesta floresta, cada árvore tem como raiz um pixel semente e como nós-filhos os pixels da imagem mais “conexos” com a raiz que com qualquer outra semente, em algum sentido apropriado [FAL 2003], (Figura 4.18).

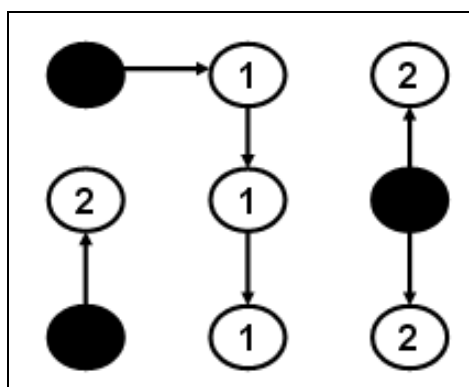
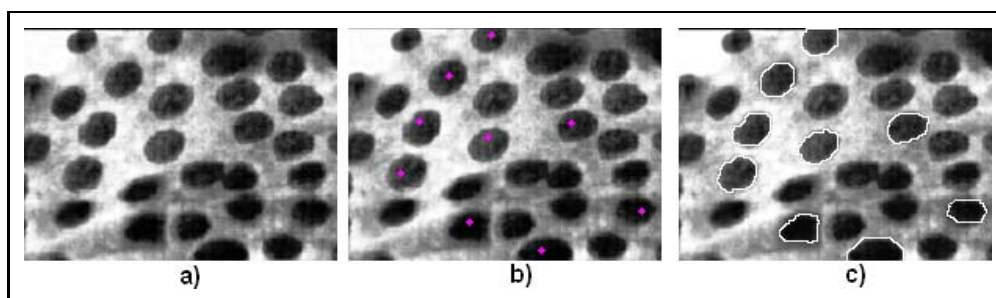


Figura 4.18: Grafo resultante da adjacência da Figura 4.17. Os pixels pintados de pretos são as sementes e os pixels brancos são seus nós-filhos [ALE 2000], p.18

A IFT gera, como resultado, uma estrutura de dados que armazena o predecessor do caminho ótimo, o custo deste caminho e o pixel raiz. Essa estrutura denomina-se cena/imagem anotada.

Com isso, pode-se dizer que o algoritmo IFT computa, de forma robusta e eficiente, uma floresta de custo mínimo em um grafo a partir de um conjunto de sementes candidatas a raízes de árvores [ALE 2000]. Esse algoritmo faz uso de marcadores, que são pontos específicos da imagem a partir dos quais se deve começar o alagamento. Esses pontos são definidos pelo usuário por meio de “cliques” sobre a imagem a ser segmentada. Um exemplo do método *watersheds-IFT* pode ser visto na Figura 4.19.




---

Figura 4.19: Resultado do método *Watersheds-IFT* em uma imagem médica. a) Imagem Original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

---

## 4.2 Método Híbrido

O método híbrido foi desenvolvido através da união de duas técnicas de segmentação, sendo uma linear *Mean Shift* e outra não-linear *Watersheds-IFT*. O algoritmo *Mean Shift* utilizado tem o objetivo de reduzir os tons de cor presentes em uma imagem [LOU 2005].

Com a implementação desse método de segmentação, possui-se a vantagem de deixar a imagem com uma textura mais homogênea. Além disso existem outras facilidades que ele proporciona, como a redução do tamanho da imagem processada, e a segmentação semântica da imagem, a qual separa partes da imagem em regiões, o que pode ser visualizado na Figura 4.20.

Porém, o método *Watersheds-IFT* tem a finalidade de segmentar imagens através de sementes que são selecionadas pelo usuário, e, a partir dessas sementes, é que a segmentação será realizada. Tal procedimento possui um resultado muito bom em termos de contorno, não permitindo que os objetos sejam delineados de forma irregular, o que é possível graças à utilização de marcadores, uma vez que o número de regiões é igual ao número de marcadores.

A partir dessas duas técnicas descritas, obtém-se o método híbrido. Nele, o conjunto reduzido de tons de cinza gerados pelo método *Mean Shift* passa a ser as sementes utilizadas na segmentação *Watersheds-IFT*, Figura 4.21.

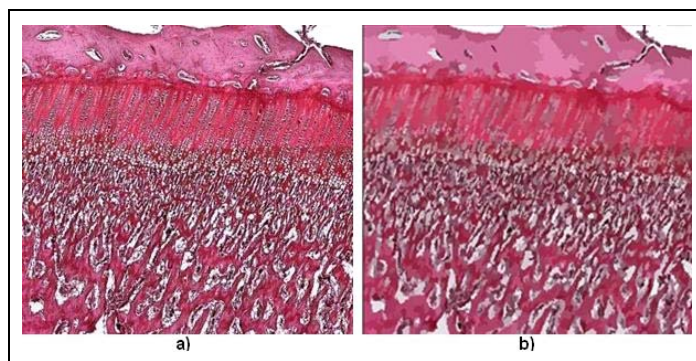


Figura 4.20: Imagem resultante do método de segmentação por *Mean Shift*. a) Imagem original de um tecido ósseo. b) Imagem resultante do procedimento *Mean Shift*. [D.CO 2001].

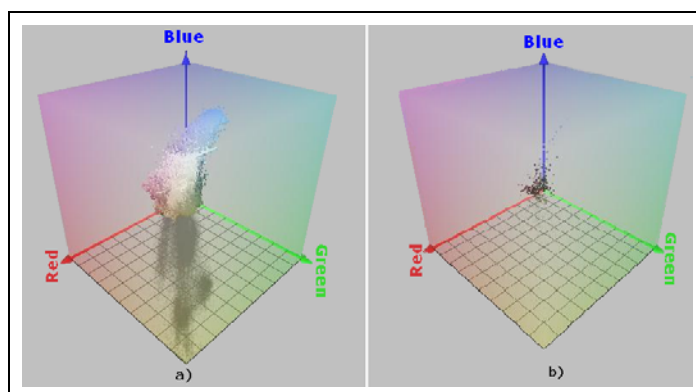


Figura 4.21: Representação gráfica, mostrando a redução dos tons de cor presentes em uma imagem. a) Pontos da imagem original. b) Pontos da imagem segmentada.

Para selecionar as sementes utilizadas no método *Watersheds-IFT* foi utilizado como parâmetro o canal de cor presente nas imagens. Todos os tons de cores diferentes que a imagem possui serão selecionados como uma possível semente a ser utilizada na segmentação *Watersheds-IFT*.

Desta forma o usuário poderá, através da interface, retirar as sementes geradas pelo método *Mean Shift* da imagem, caso observe que as mesmas não são apropriadas para uma posterior análise [LOU 2006]. Também é permitido ao usuário adicionar sementes na imagem, a fim de melhorar os resultados da segmentação híbrida.

Nesse processo, a agilidade em que o método executa a técnica de segmentação híbrida depende muito do tipo de imagem na qual está sendo realizado o processo e o tipo de máquina que está sendo utilizada.

### 4.2.1 A Implementação do Método Híbrido

Para desenvolver o método híbrido alguns problemas foram encontrados: o critério adotado na seleção de sementes e a exibição gráfica das mesmas. A seguir, serão descritos os procedimentos adotados na solução dos mesmos.

Na solução do primeiro problema adotou-se o critério de cor, a fim de selecionar as sementes utilizadas no processo de segmentação *Watersheds-IFT*. Tal seleção foi empregada utilizando a imagem resultante da aplicação *Mean Shift*, sendo que essa estrutura foi convertida em uma estrutura de dados chamada *Pixel*. A estrutura já mencionada possui a altura, a largura e o tom de cinza de cada pixel da imagem, visto que o algoritmo *Watersheds-IFT* utiliza uma estrutura de dados semelhante. Dessa maneira, todos os pixels da imagem foram mapeados sob a forma de um vetor.

Com base nessa estrutura de dados, as sementes foram selecionadas e para efetuar essa seleção, realizou-se uma comparação entre o tom de cinza dos pixels armazenados em *Pixel* com os valores dos pixels já inseridos em uma segunda estrutura de dados chamada *Pontos*. Se o tom de cinza do pixel em análise for diferente de todos os já inseridos na estrutura secundária, esse pixel é adicionado no vetor, caso contrário, o mesmo será descartado. A seguir, mostra-se a estrutura de dados que realiza esse procedimento.

---

#### Código 3: Controlando o processo de seleção de sementes

---

```

01.  /*O algoritmo em análise insere sementes no vetor somente se o
02.  /*tom de cinza for diferente dos já inseridos
03.  for(int j=0; j<Pontos.size();j++){
04.  /*Esse teste é realizado para verificar se já existe o tom de
05.  /*cinza no vetor.Retorna um valor verdadeiro se não encontra
06.  /*nenhum elemento igual
07.      teste = verificapontos(aux);
08.      if(teste==true){
09.          int altura = aux.getaltura();
10.          int largura = aux.getlargura();
11.          Pixel selecionado =
12.              new Pixel (aux.gettom(),altura, largura);
13.          Pontos.add(selecionado);
14.          selecionado.gettom();
15.  /*para colocar definitivo dentro do markers
16.      Point pontoSelecionado = new Point(largura, altura);
17.      grasip.Watershed.Watershed.markers.add(pontoSelecionado);
18.      }
19.  }
```

---

Na primeira vez que esse algoritmo for executado, a estrutura secundária *Pontos* estará vazia, portanto, o primeiro pixel da imagem resultante sempre será selecionado, sendo inserido

no vetor *Pontos*, executando a condição mostrada na linha 3 na figura abaixo. Ao final dessa etapa, tem-se um vetor, o qual armazena os pixels selecionados que servirão de sementes para o método *Watersheds-IFT*. Um exemplo disso, pode ser visualizado na linha 13.

---

**Código 4:** Processo realizado quando o método é executado pela primeira vez.

---

```

01.  /*Se for à primeira vez que o algoritmo está sendo utilizado,
02.  /*então ele executa a estrutura abaixo
03.  if (grasip.Watershed.Watershed.markers.size() == 0) {
04.      int altura = aux.getaltura();
05.      int largura = aux.getlargura();
06.      Pixel selecionado =
07.          new Pixel(aux.gettom(), altura, largura);
08.      Pontos.add(selecionado);
09.      selecionado.gettom();
10.  /*Coloca-se as sementes dentro do vetor makers,
11.  /*o qual é utilizado para realizar a segmentação watersheds-IFT
12.      Point pontoSelecionado = new Point(largura, altura);
13.      grasip.Watershed.Watershed.markers.add(pontoSelecionado);
14.  }
```

---

Já para resolver o problema da exibição gráfica das sementes, onde havia necessidade de interação com o usuário, converteu-se os pixels selecionados como sementes para o tipo de dados *Pontos* (componente gráfico oferecido pela biblioteca AWT), que ao final foram exibidos na tela.

Nesse momento, o usuário tem a possibilidade de adicionar ou remover sementes, e, após essa escolha, as sementes geradas pelo método *Mean Shift* e as escolhidas pelo usuário serão adicionadas no vetor *makers*. A imagem original bem como o vetor *makers* são passados como parâmetros de entrada do método *watersheds-IFT*, finalizando, assim, o processo de segmentação híbrida.

#### 4.2.2 A Aplicação dos Padrões de Projeto no Método Híbrido

Conforme Gamma [GAM 2000], os padrões de projeto podem ser utilizados em três tipos de aplicativos: os que envolvem programas de aplicação, as bibliotecas (*toolkits*) e os arcabouços de classes (*frameworks*). O *software* de segmentação híbrida desenvolvido nessa dissertação pertence à categoria de programas de aplicação, o qual utiliza três tipos de padrões: o *Strategy*, o *Command* e o *Singleton*.

O *Strategy* é um padrão que encapsula os detalhes de determinado algoritmo em um contexto onde podem existir famílias inteiras de algoritmos. Ele foi utilizado para implementar a operação “Salvar Imagem”. Essa operação é fundamental, pois por meio dela é possível armazenar as informações [WEL 2005].

No método de segmentação híbrido, essa informação é guardada em arquivos gráficos. Dentre esses, há a possibilidade de manipular arquivos com extensão JPEG/JPG<sup>3</sup>, TIFF<sup>4</sup>, BMP<sup>5</sup>, PBM<sup>6</sup> e PNG<sup>7</sup>, no entanto, mesmo a biblioteca JAI oferecendo os “codecs” para a abertura e construção desses arquivos, eles devem ser utilizados de forma a seguirem as normas da legibilidade. Essa operação tem por finalidade salvar o arquivo aberto utilizando uma mesma extensão e salvar uma imagem inserida em um arquivo gráfico em uma extensão diferente da original. Por exemplo, se a imagem carregada possui a extensão PNG a operação *Salvar Imagem* permite que ela seja salva com extensão JPEG.

Para implementar a operação *Save* projetou-se a solução apresentada pela Figura 4.22.

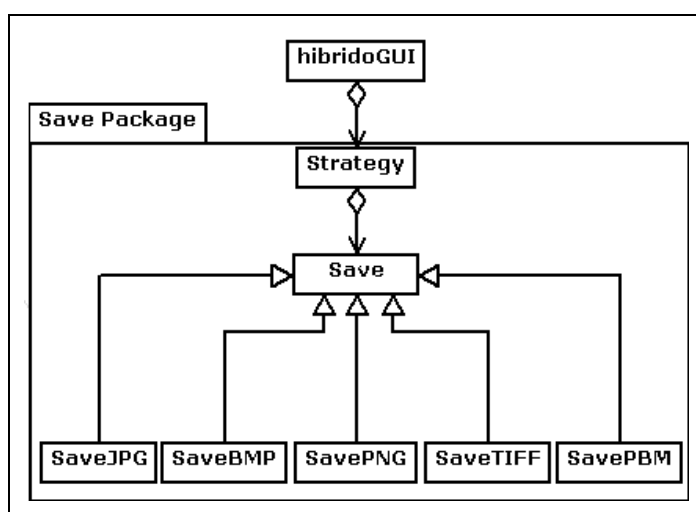


Figura 4.22: A modelagem UML permite visualizar o processo utilizado para implementar a operação *Save*. Tem-se como método principal a classe *Save*, a qual é utilizada por todas as outras extensões que foram implementadas na classe (save JPG, BMP, PNG, TIFF e PBM.).

O padrão *Command* é classificado como um padrão comportamental, e pode ser utilizado quando se necessita reduzir o acoplamento entre as requisições dos clientes e os objetos que as executam. Além disso, é aplicado para solucionar os seguintes problemas:

- Parametrizar objetos por uma ação a ser executada;
- Especificar, enfileirar e executar solicitações em tempos diferentes, uma vez que, precisa-se de suporte para desfazer operações;
- Estruturar um sistema em torno de operações de alto nível, como transações, por exemplo;

<sup>3</sup>JPEG/JPG: Joint Photographic Experts Group (<http://www.jpeg.org/>)

<sup>4</sup>TIFF: Tag Image File Format (<http://partners.adobe.com/public/developer/tiff/>)

<sup>5</sup>BMP: Windows Bitmap Format (<http://www.microsoft.com/>)

<sup>6</sup>PBM: Portable Bit Map;

<sup>7</sup>PNG: Portable Network Graphics. ([www.w3.org/Graphics/PNG/](http://www.w3.org/Graphics/PNG/))



Esse padrão associa uma ação a diferentes objetos através de uma interface conhecida. Foi exatamente na construção de interface do sistema que esse padrão foi utilizado. Ele fornece uma interface comum para *menus* e ícones, simplesmente por fazer com que ambos compartilhem a mesma instância de classe. A estrutura definida por Gamma [GAM 2000] para tal padrão de projeto pode ser visualizada através da Figura 4.23.

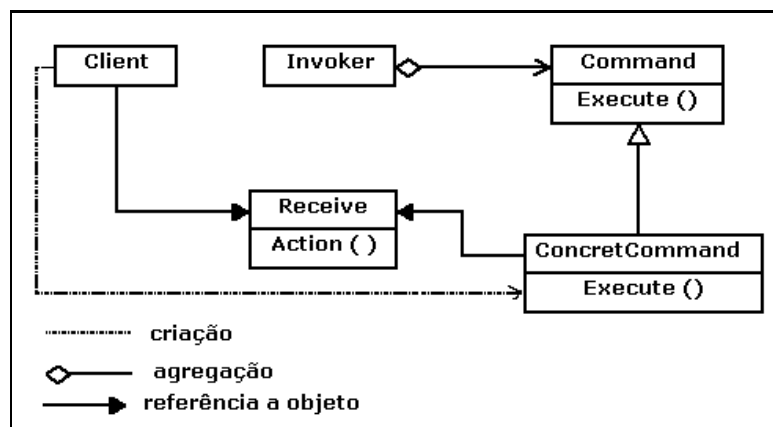
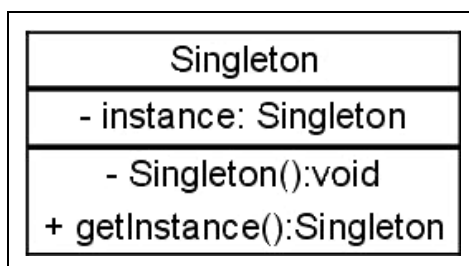


Figura 4.23: Estrutura do Padrão Command, descrito em [GAM 2000].

Através desse diagrama, observa-se que o `Client` é responsável por invocar um objeto `ConcretCommand`, que será armazenado no objeto `Invoker`. Esse, por sua vez, emite uma solicitação chamando a operação `Execute()` em `Command`, e, então, o objeto `ConcretCommand` requisita operações no objeto `Receiver` a fim de executar a operação que foi solicitada pelo objeto `Invoker`.

Finalizando os padrões de projeto utilizados, temos o padrão `Singleton` que é um dos mais simples. Utiliza-se esse padrão quando for necessário a existência de apenas uma instância de uma classe, a qual é acessível de forma global e uniforme. Segundo GOF [GAM 2000], o padrão `Singleton` é apresentado como um padrão de criação, por lidar com a criação de objetos.

O GOF diz que para uma classe ser um `Singleton`, deve-se garantir que haverá apenas uma instância na aplicação e que se deve fornecer um ponto de acesso à mesma. Mas como garantir que haverá apenas uma instância? Para criar uma instância de uma classe, deve-se chamar o seu construtor. Assim, para resolver o problema, deve-se restringir o acesso ao construtor, tornando-o um método privado. Em seguida, necessita-se utilizar um método público que faça o controle da instanciação, de modo que ela só possa ser feita uma vez. A Figura 4.24 mostra o diagrama de classes do `Singleton`, o qual permite: armazenar uma única instância existente, garantir que apenas uma instância será criada e prover acesso a tal instância [JR. 2003].




---

Figura 4.24: Estrutura do diagrama de classe do Padrão Singleton [JR. 2003], p.13

---

Esse padrão de projeto foi aplicado na interface do sistema, não permitindo que a janela do software seja aberta mais de uma vez, evitando desperdício de memória, pois o programa requer bastante espaço para ser executado. A instância utilizada no sistema pode ser visualizada a seguir.

---

**Código 5:** Padrão que garante instanciar apenas uma vez a aplicação

---

```

01.  /*Método declarado como private, a fim de restringir o acesso ao
    construtor
02.      private static hibridoGUI h;
03.  /*Realiza o controle da instanciação, de modo a permitir que ela
    ocorra apenas uma vez
04.      public static synchronized hibridoGUI getInstance () {
05.          if (h == null) {
06.              h = new hibridoGUI();
07.          }
08.          return h;
09.      }
  
```

---

### 4.2.3 O Funcionamento do Software

Para o software ser utilizado construiu-se uma interface gráfica e, através dela, o usuário poderá realizar todo o processo de segmentação híbrida. A seguir será descrito o funcionamento do sistema.

Primeiramente, o usuário terá como única opção disponível, a opção “Abrir Imagem”. Essa opção permite que o usuário abra o seu arquivo gráfico para que o processo de segmentação seja iniciado. Posteriormente, ficarão disponíveis as seguintes opções: “Gerar Sementes”, que permite o sistema iniciar o processo de segmentação e, “Fechar Aplicativo”, o qual possibilita o usuário a finalizar o processo requerido.

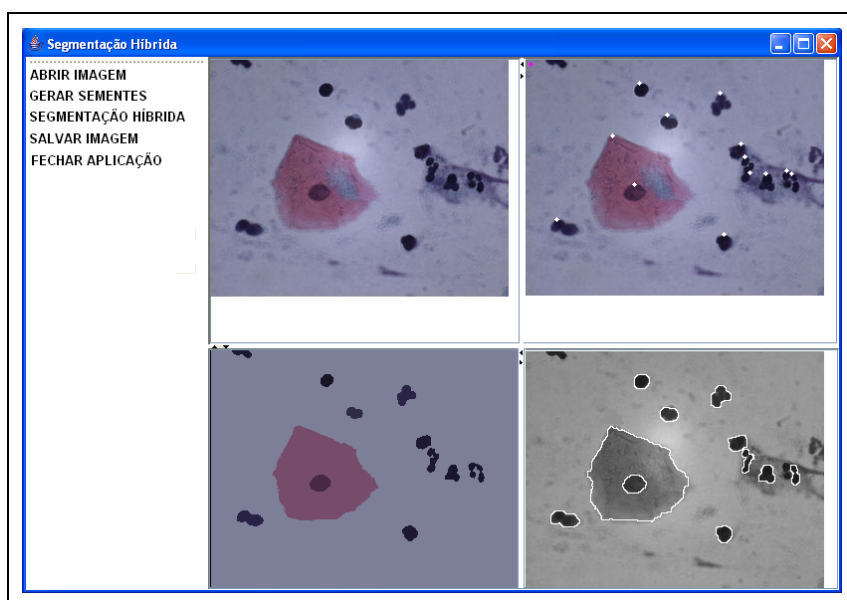
Após o usuário ter clicado no botão “Gerar Sementes”, aparecerá na tela uma nova imagem

contendo as sementes geradas pelo método *Mean Shift*, as quais serão utilizadas no processo de segmentação *watersheds-IFT*. Em seguida, o usuário terá a liberdade para retirar ou inserir sementes da imagem caso isso seja necessário. Depois de ter gerado as sementes e decidido quais delas serão utilizadas no método *watersheds-IFT*, será habilitado na interface uma nova opção para o usuário, o botão “Segmentação Híbrida”, o qual finaliza o processo de segmentação híbrida, exibindo na tela a imagem final.

Além dessas opções, o usuário também poderá visualizar a imagem resultante do método de segmentação por *Mean Shift*, para que ele possa conceber quais as regiões que serão unidas e, assim poder inserir/retirar com mais precisão as suas sementes.

Após o término da segmentação híbrida, o usuário poderá ainda contar com a opção “Salvar”, que permite armazenar em disco os resultados obtidos através do método híbrido.

Caso o usuário queira realizar uma nova análise, basta clicar no botão “Abrir Imagem” que todo o procedimento será reiniciado.



---

Figura 4.25: Interface do Sistema, a qual apresenta quatro imagens (original, marcador, resultado *Mean Shift* e resultado final) e quatro botões que são utilizados pelo usuário a fim de realizar o processo de segmentação híbrida (abrir imagem, gerar sementes, segmentação híbrida, salvar imagem e fechar aplicação).

---

Sendo assim, a interface do sistema é dirigida a testes do método híbrido, portanto é simples, permitindo visualizações rápidas sem requerer conhecimento detalhado a respeito do método implementado.

## 5 APLICAÇÕES DO MÉTODO HÍBRIDO E A COMPROVAÇÃO DE SEUS RESULTADOS

Nesse capítulo serão realizadas três aplicações com o método de segmentação híbrido. A primeira aplicação será efetuada em imagens citológicas a fim de poder auxiliar os patologistas na classificação do exame de Papanicolaou em seus respectivos níveis [LOU 2006a]. Na segunda aplicação será realizado um estudo comparativo entre o método *Watersheds-IFT* e o método híbrido, a fim de analisar seus respectivos desempenhos. A terceira e última aplicação será realizada em imagens histológicas, com o objetivo de auxiliar os patologistas a classificar suas amostras conforme a escala de Breslow.

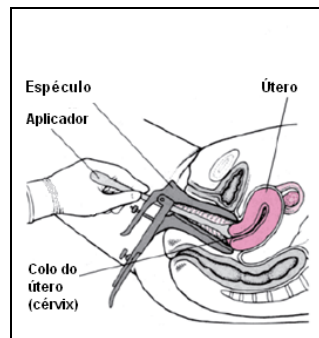
### 5.1 Primeira Aplicação: Auxílio na Classificação do Exame de Papanicolaou.

Atualmente, a patologia recebeu impulsos no campo científico com o advento de inúmeras técnicas laboratoriais de diagnósticos. Dentre elas, destaca-se o teste de Papanicolaou, que revolucionou a detecção precoce do câncer do colo uterino [ARA 1999]. O exame é simples, e tem reduzido as mortes por câncer de colo de útero em 70 %, desde sua criação pelo Dr. George Papanicolaou em 1940 [ORQ 2006].

Para realizar o exame de Papanicolaou, primeiramente faz-se uma análise externa da vulva; posterior introduz-se um instrumento chamado espéculo<sup>1</sup> pelo canal vaginal para que se possa visualizar o colo do útero (parte final do útero, do qual serão recolhidas as células para análise microscópica). Assim, as células do colo do útero são colhidas por meio de uma espátula (haste de madeira) e de uma escova pequena [ORQ 2006]. Esse procedimento pode ser visualizado na Figura 5.1.

---

<sup>1</sup>Conforme Sonia Maria [ORQ 2006], o espéculo é um instrumento também conhecido como “bico de pato”, devido ao seu formato. Ele apresenta três tamanhos diferentes e, será escolhido de acordo com o tamanho de cada paciente, o número de filhos, etc.

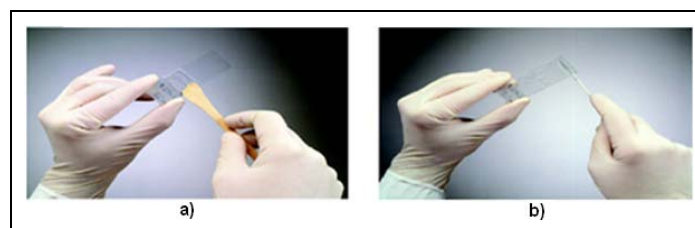



---

Figura 5.1: Coletando células cervicais para realizar o exame de Papanicolaou. [BEE 2005]

---

As células removidas com a escova ou com o aplicador de madeira são colocadas sobre uma lâmina de vidro, espalhadas juntamente com um conservante, e enviadas ao laboratório, onde serão examinadas ao microscópio em busca de sinais de câncer de colo de útero [BEE 2005]. Na Figura 5.2 é possível visualizar a preparação das lâminas, processo esse realizado pelos médicos em seus consultórios.



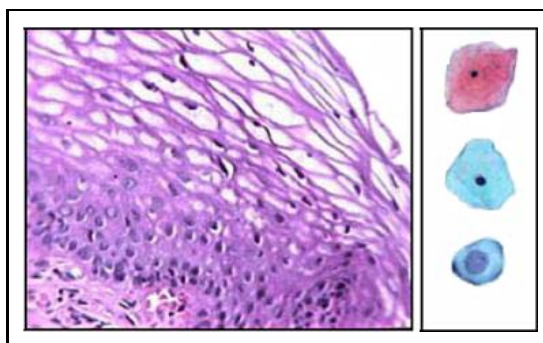

---

Figura 5.2: Preparação das lâminas, as quais serão analisadas no laboratório por médicos. a) Confecção do esfregaço ectocervical em lâmina única. b) Confecção do esfregaço endocervical em lâmina única. [INC 2002],p34

---

Observa-se que são confeccionadas duas lâminas: na primeira, são coletadas células do epitélio escamoso e na segunda lâmina, são coletadas células do epitélio colunar.

O epitélio colunar reveste o canal que liga o útero à vagina (endocolo) e é composto por uma única camada de células; Já o epitélio escamoso reveste a parte externa do colo (exocolo) e é composto por várias camadas de células, as quais estão separadas em três níveis: profunda, intermediária e superficial (PIS). A Figura 5.3 mostra as três fases do epitélio escamoso.




---

Figura 5.3: Epitélio escamoso / células escamosas Profundas, Intermediárias e Superficiais (PIS). [ARA 1999],p05

---

Estas células são examinadas ao microscópio à procura de anormalidades. Essas anormalidades, essencialmente nucleares, manifestam-se por aumento de volume, por irregularidade das formas e dos contornos, por hipercromasia<sup>2</sup>, por multinucleação e por alteração núcleo-citoplasma [LIM 1999]. Esta última característica é uma das mais importantes, pois, através dela, é possível classificar os diferentes estágios da doença, que vai da normalidade até ao câncer invasivo [SEL 2004].

O resultado do exame é normalmente fornecido em classes de Papanicolaou, as quais variam do nível I ao V e que devem ser interpretadas exclusivamente por um médico.

Assim, nessa aplicação, o método híbrido tem como objetivo auxiliar os patologistas a realizarem a diferenciação das células cancerígenas das normais, assistindo aos patologistas a realizarem a classificação em seus respectivos níveis, possibilitando também uma maior precisão e segurança no momento de realizarem seus pareceres finais.

A seguir será mostrado os sistemas de classificação existentes na literatura, os quais são utilizados para diagnosticar o câncer de colo uterino.

### 5.1.1 Sistemas de Classificação

Atualmente existem vários sistemas que realizam a classificação do exame de colo uterino, entre eles cita-se: o sistema clássico, o sistema OMS (Organização Mundial da Saúde), o sistema NIC (neoplasia intraepitelial celular) e o sistema Bethesda. A Figura 5.4 mostra a classificação utilizada em cada sistema.

---

<sup>2</sup>Segundo [LIR 2000] a hipercromasia ocorre quando há coloração intensa do núcleo.

Sistema Clássico	Sistema OMS	Sistema NIC	Sistema Bethesda
I	Normal	Normal	Dentro dos limites normais
II	Inflamação	Inflamação	Alterações celulares benignas
III	Displasia Leve Displasia Moderada Displasia Severa	NIC 1 NIC 2 NIC 3	SIL baixo grau SIL alto grau SIL alto grau
IV	Carcinoma <i>in Situ</i>	NIC 3	SIL alto grau
V	Carcinoma Invasor	Carcinoma Invasor	Carcinoma invasor

Figura 5.4: As várias classificações do carcinoma de colo uterino, vista de maneira evolutiva, a partir do pioneiro sistema clássico até o mais recente, o sistema Bethesda. [ORQ 2006]

Analizando o quadro acima, observa-se que cada sistema possui seus próprios níveis de classificação. Nesse trabalho será utilizado o sistema clássico, o qual possui uma classificação mais simples facilitando o presente estudo. Para realizar a classificação será analisada a relação núcleo-citoplasma existente em cada amostra. A quantidade de citoplasma com relação ao tamanho do núcleo (razão núcleo-citoplasma) é uma das características mais importantes para avaliar a que nível do sistema clássico a amostra encontra-se. Proporções maiores de núcleo estão associados à níveis mais altos do sistema clássico [SEL 2004].

Conforme Zuher [M 1976], a relação núcleo - citoplasma considerada normal é de 1:10, isto é, o núcleo é dez vezes menor que o citoplasma, já no nível II, III, IV e V as relações são respectivamente de: 2:10, 5:10, 8:10 e 10:10. Com base nesses parâmetros que as imagens<sup>3</sup> serão classificadas pelos patologistas, tendo como auxílio o método de segmentação híbrido. Para aplicar o algoritmo de segmentação híbrido nos níveis a seguir, será necessário o usuário gerar sementes, as quais serão utilizadas pelo método de segmentação *Watersheds-IFT*. Foram testadas 20 amostras, as quais estão divididas em cinco níveis: 3 no nível I, IV no nível II, 6 no nível III, 4 no nível IV e 3 no nível V.

Após obter a imagem segmentada será realizada uma quantificação celular, a fim de medir a proporção núcleo-citoplasma presente em cada amostra. Para realizar o processo de quantificação foi utilizado o programa de análise de imagens *ImageTool*<sup>4</sup>. Após efetuar a quantificação é necessário realizar uma regra de três simples, onde o valor da área citoplasmática encontrada irá corresponder a 10 e o valor do núcleo vai corresponder a  $x$ . Ao finalizar o cálculo, o usuário

<sup>3</sup>As imagens utilizadas nos níveis I e II foram adquiridas no laboratório de patologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual utilizou um microscópio ótico com objetiva ajustada em 40X. A imagem pertencente ao nível IV foi adquirida no laboratório Diagnóstica pelo doutor Gilberto Silva. As demais foram retiradas da internet, as quais estão devidamente referenciadas.

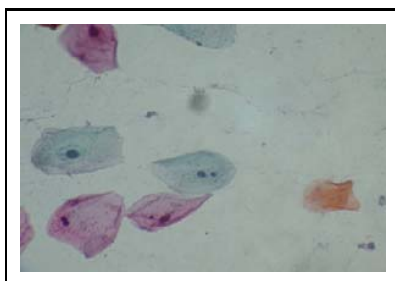
<sup>4</sup>Programa de Processamento e análise de imagens desenvolvido por Don Wilcox, Brent Dove, Doss McDavid, David Greer na *University of Texas Health Science Center in San Antonio*.

terá encontrado a relação núcleo-citoplasma de cada amostra.

#### 5.1.1.1 *Nível I*

Células pertencentes ao nível I possuem um diagnóstico negativo para neoplasias<sup>5</sup> e displasias<sup>6</sup>. Os exames inseridos nessa classificação são considerados normais, sem inflamações e sem alterações regenerativas, degenerativas ou alterações de maturação epitelial [LIR 2000].

Nesse nível, a razão núcleo-citoplasma mantém-se normal; o núcleo é dez vezes menor que o citoplasma. A importância de se analisar o núcleo e o citoplasma é que o citoplasma reflete a origem, a função e a vacuolização, enquanto que o aspecto nuclear indica um potencial benigno ou maligno da célula. Na Figura 5.5 é possível visualizar um esfregaço pertencente a esse nível e na Figura 5.6 observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.



---

Figura 5.5: Esfregaço normal não contendo nenhuma alteração celular. A relação núcleo-citoplasma se encontra normal.

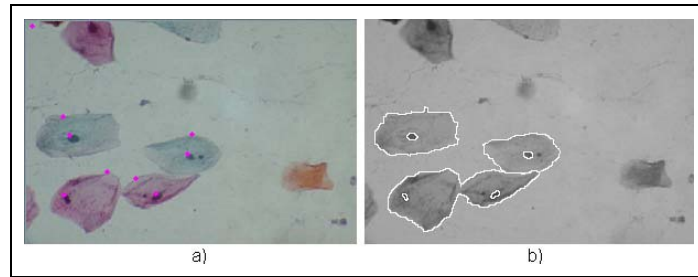
---

---

<sup>5</sup>Segundo [INC 2002] a neoplasia é qualquer massa de célula que surge por divisão inapropriada de uma célula mãe original (multiplicação clonal), na qual a expressão dos genes que regulavam essa divisão estão alterados. As neoplasias são divididas em dois grupos: neoplasia malignas (tumores) e neoplasias benignas.

<sup>6</sup>Conforme Arantes [MOR 2004], a displasia caracteriza-se por conter alteração no núcleo das células do epitélio escamoso cuja gravidade está diretamente relacionada às alterações citoplasmáticas. O núcleo exibe uma distribuição grosseira da rede cromatínica; pode-se encontrar multinucleação, aumento de tamanho e contorno lobulado do núcleo.






---

Figura 5.6: Resultado do método híbrido em imagens citológicas pertencente ao nível I. a) Imagem contendo marcadores, os quais serão utilizados como sementes na segmentação *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do método de segmentação híbrido.

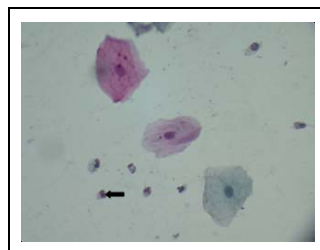
---

Após a geração das sementes, o usuário obtém a imagem resultante pela aplicação do método de segmentação híbrido, a qual mostra claramente a área pertencente ao núcleo e a área pertencente ao citoplasma, facilitando a análise dos patologistas tornando, assim, o diagnóstico mais rápido e preciso.

Em seguida, o processo de quantificação é realizado na amostra segmentada. A área citoplasmática e nuclear encontrada na amostra foram respectivamente de:  $2623 \text{ pixels}^2$  e  $45 \text{ pixels}^2$ . Após realizar a regra de três simples encontrou-se como resultado final o valor de 0.17, ou seja, 1:10, confirmando que a presente amostra realmente pertence ao nível I.

#### 5.1.1.2 Nível II

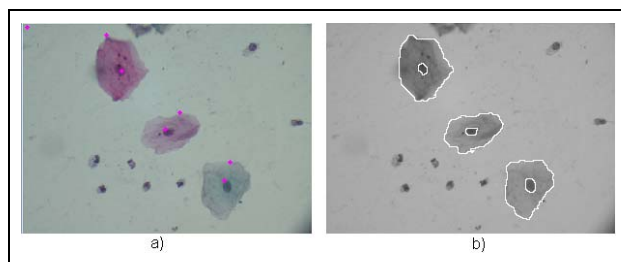
Nesse nível, os esfregaços analisados possuem células inflamatórias presentes na amostra. Observa-se que a relação núcleo-citoplasma varia muito pouco, não sendo uma lesão que possa preocupar o paciente. Pessoas que possuem esse tipo de alteração precisam realizar exames de prevenção mais seguidos, a fim de que o médico possa acompanhar a evolução do caso. Na Figura 5.7 é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e a Figura 5.8 mostra o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.




---

Figura 5.7: Nesse esfregaço é possível observar a presença de células inflamatórias e um pequeno aumento do núcleo.

---



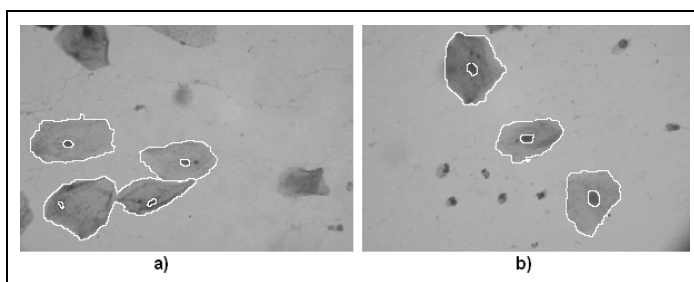

---

Figura 5.8: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível II. a) Imagem contendo sementes, as quais serão utilizados na segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do método de segmentação híbrido onde é possível visualizar uma clara delimitação nuclear e citoplasmática.

---

Após realizar o processo de segmentação na amostra realiza-se o processo de quantificação. O espaço ocupado pelo citoplasma e pelo núcleo corresponde respectivamente a:  $2820 \text{ pixels}^2$  e  $61 \text{ pixels}^2$ . Efetuando o cálculo final, através da regra de três, encontra-se o resultado de 0.21, ou seja, 2:10, ratificando o nível da presente amostra.

Comparando o resultado do nível I com o resultado do nível II é possível notar uma pequena alteração ocorrida no núcleo da segunda amostra.




---

Figura 5.9: Comparando os resultados obtidos nos níveis I e II. a) Resultado do método de segmentação híbrido aplicado à imagem pertencente ao nível I. b) Resultado do método de segmentação híbrido aplicado à imagem pertencente ao nível II.

---

Sendo assim, após analisar as imagens acima pode-se concluir que o método híbrido auxilia o especialista a realizar suas análises, pois com a delimitação núcleo-citoplasma, realizada pelo algoritmo híbrido, percebe-se a diferença nuclear ocorrida do nível I para o nível II.

### 5.1.1.3 Nível III

Os esfregaços analisados nesse nível apresentam células discarióticas<sup>7</sup> intermediárias e superficiais, com predomínio das últimas, apresentando núcleos moderadamente aumentados de volume com cromatina granulosa homogênea [LIR 2000]. Na Figura 5.10, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e na Figura 5.11, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.



Figura 5.10: Esfregaço contendo alteração nuclear e citoplasmática. O núcleo encontra-se em divisão, crescendo de modo descontrolado. [REI 2005].

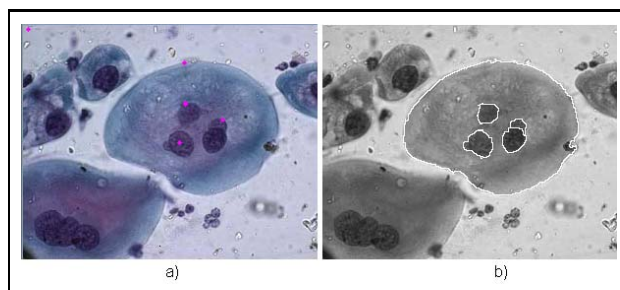


Figura 5.11: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível III. a) Imagem marcador contendo as sementes, as quais serão utilizadas no processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do processo de segmentação híbrido.

Na imagem resultante é possível observar irregularidade nas formas e contornos do núcleo juntamente com o início de uma divisão nuclear. Essas características ficam mais nítidas após a utilização do método de segmentação híbrido.

Após segmentar a imagem o processo de quantificação é realizado. Utilizando o programa *ImageTool* encontrou-se respectivamente para o núcleo e para o citoplasma uma área de 1362

<sup>7</sup>Conforme Arantes [MOR 2004], a displasia ou células discarióticas se caracterizam por conter alterações no núcleo das células do epitélio escamoso cuja gravidade está diretamente relacionada às alterações citoplasmáticas. O núcleo exibe uma distribuição grosseira da rede cromatínica; pode-se encontrar multinucleação, aumento de tamanho e contorno lobulado do núcleo.

$pixels^2$  e de 24298  $pixels^2$ . Após obter esses dados calculou-se a razão entre o núcleo e o citoplasma, a qual gerou como resultado final o valor de 0.5, ou seja, 5:10, confirmando que a presente amostra encontra-se no nível III.

#### 5.1.1.4 Nível IV

Nesse nível, grande parte das células analisadas apresentam inversão na relação núcleo-citoplasma, onde a membrana nuclear costuma ser irregular e estar reforçada. Os núcleos apresentam-se agrupados como se todos estivessem envoltos em um único citoplasma. Na Figura 5.12 é possível observar o agrupamento nuclear presente na imagem; na Figura 5.13, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

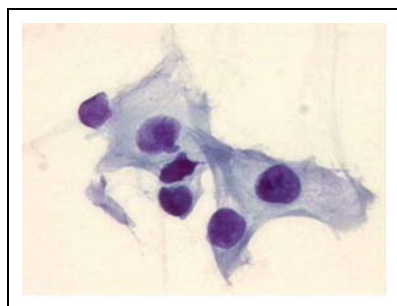


Figura 5.12: Esfregaço contendo células com alta alteração nuclear.

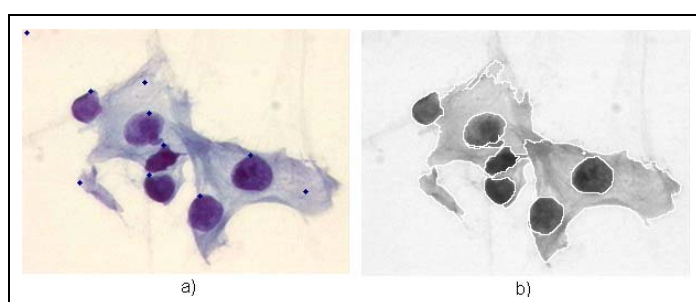


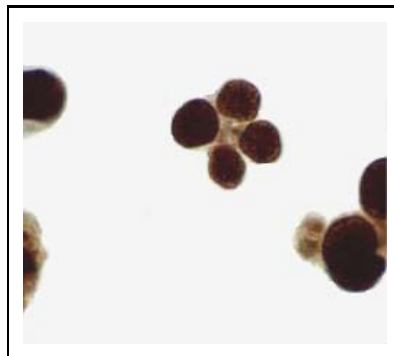
Figura 5.13: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível IV. a) Imagem contendo as sementes que serão utilizadas na segmentação não-linear. b) Imagem segmentada através do método de segmentação híbrido.

Analisando o resultado da Figura 5.13(b) é possível visualizar um agrupamento nas células. Isso não deixa claro ao patologista a área citoplasmática pertencente a cada núcleo. Dessa forma, quando uma amostra apresentar essa característica, diz-se que houve uma alteração na célula e que o paciente terá que passar por exames mais detalhados.

A fim de confirmar o nível de classificação em que a amostra está inserida será realizado o processo de quantificação. Os valores encontrados para o citoplasma e o núcleo foram respectivamente de 23100 *pixels*<sup>2</sup> e de 1897 *pixels*<sup>2</sup>. Com essas medidas é possível realizar o cálculo final, o qual irá medir a relação núcleo-citoplasma presente na amostra. Após realizar o cálculo obteve-se o resultado de 0.82, ou seja, 8:10, ratificando o nível da amostra.

#### 5.1.1.5 Nível V

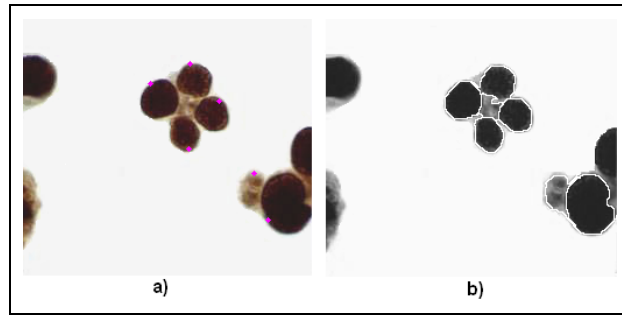
As células pertencentes ao nível V podem aparecer sozinhas ou em sincídios (grupos de células irregularmente arranjadas caracterizadas por margens mal definidas e perda da polaridade), apresentando tamanho e forma similar às células basais e parabasais. Nesse tipo de célula a relação núcleo-citoplasma é extremamente alta. A forma nuclear geralmente corresponde à forma celular e os núcleos são redondos, ovais ou fusiformes com membrana proeminente. Os núcleos destas células estão aumentados com espaços vazios e hipercromasia intensa [M.L 1998]. Na Figura 5.14, é possível visualizar um conjunto de células agrupadas com pouco citoplasma presente; na Figura 5.15, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.



---

Figura 5.14: Esfregaço com alta alteração nuclear. O núcleo cresceu descontroladamente ocupando praticamente todo o espaço do citoplasma. [IMA 2006].

---




---

Figura 5.15: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível V. a) Imagem marcador: Apresenta as sementes que serão utilizadas pelo método de segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante: Resultado adquirido após aplicação do método de segmentação híbrido, podendo, com ele, realizar uma melhor análise na amostra.

---

Na Figura 5.15(b) é possível observar que não existe praticamente citoplasma na célula, uma vez que o núcleo cresceu de forma irregular e ocupou praticamente todo o espaço citoplasmático. Células com esse tipo de lesão têm um grande potencial de malignização e um baixo potencial para cura espontânea. São consideradas verdadeiros precursores de câncer de colo uterino e, se não tratadas, um número razoável de casos poderá evoluir para câncer.

A fim de confirmar o nível de classificação da amostra, uma quantificação é realizada na mesma. A área citoplasmática e nuclear encontrada é respectivamente de  $697 \text{ pixels}^2$  e de  $697 \text{ pixels}^2$ . Após obter essas medidas realiza-se o cálculo final onde se encontrou o resultado de 1, ou seja, 10:10. Sendo assim, pode-se analisar que o núcleo ocupou todo o espaço citoplasmático, estando mesmo inserida no nível V.

### 5.1.2 A importância do Método de Segmentação Híbrido para os patologistas

De acordo com profissionais da área médica, a técnica de segmentação híbrida possibilita aos especialistas realizar uma melhor análise em suas amostras, uma vez que é possível individualizar o núcleo do citoplasma, mostrando claramente a área ocupada por eles. Esse método também permite aos especialistas fazerem comparações entre amostras, deixando claro se ocorreu ou não alguma alteração celular.

Além disso, o desenvolvimento do método híbrido foi um importante passo dado quanto a questão da automatização do diagnóstico, faltando medir o tamanho do núcleo e do citoplasma presentes nas imagens.

Também, relatou-se que o método híbrido é importante para realizar a triagem nas imagens, fazendo com que o patologista possa especificar a área de interesse que deseja realizar seus estudos. Com isso, uma análise mais detalhada e eficiente pode ser obtida, a fim de que se possa gerar seu parecer final.

Sendo assim, afirma-se que a segmentação híbrida aliado à experiência profissional da área

médica é um importante ferramenta de apoio, com ela os exames são realizados com uma maior precisão e segurança.

## 5.2 Segunda Aplicação: Estudo Comparativo e avaliação do desempenho dos métodos de segmentação.

Nessa segunda aplicação será realizada uma comparação entre dois métodos de segmentação: o método de segmentação híbrido e o método de segmentação por *Watersheds-IFT*. Durante a análise será focada as vantagens de ambos os métodos e, posteriormente, será testado os respectivos desempenhos junto aos usuários.

O método de segmentação por *Watersheds-IFT* possui um resultado muito bom em termos de contorno, o que é possível graças à utilização de marcadores, uma vez que o número de regiões é igual ao número de marcadores. Contudo, existe a necessidade do usuário definir os marcadores, o que, muitas vezes, pode ocasionar um resultado insatisfatório, exigindo que a operação seja refeita várias vezes até conseguir gerar o conjunto certo de marcadores.

O método de segmentação híbrido elimina a necessidade de o usuário ter que definir o conjunto de sementes, pois as mesmas serão geradas automaticamente através do método de segmentação por *Mean Shift*. Com isso, o usuário não terá mais que aprender a técnica *Watersheds-IFT* para poder utilizá-la, nem aplicar o método de tentativa e erro a fim de gerar o conjunto certo de sementes.

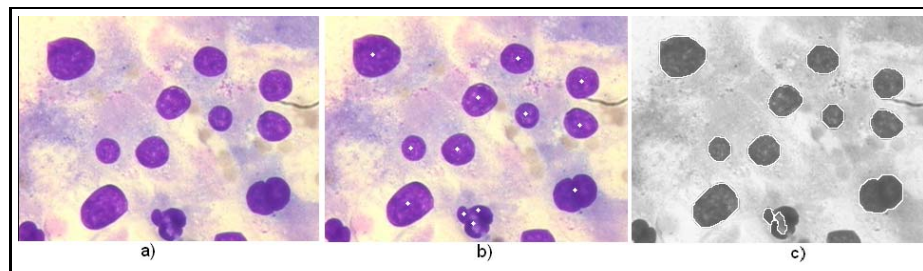
Com o intuito de comprovar o desempenho de ambos os métodos foi realizada uma pesquisa entre os usuários, os quais utilizaram o método híbrido e o *Watersheds-IFT*, dando ao final suas respectivas opiniões. Para a realização dessa pesquisa serão entrevistados 7 usuários, os quais estão divididos em dois grupos: desenvolvedores pertencentes ao grupo PIGS (4) e os patologistas (3).

A eles foi especificado que para utilizar o método de segmentação *Watersheds-IFT* é necessário que insiram um conjunto de sementes na imagem, para delimitar sua região de interesse. Também afirma-se que cada semente inserida na amostra corresponderá a uma região segmentada na imagem.

O grupo dos desenvolvedores foi o primeiro a realizar os testes. Para eles, o método híbrido é mais fácil e ágil pois, sem o auxílio do método de segmentação por *Mean Shift*, é muito mais demorado gerar o conjunto de marcadores, necessários para a obtenção de um resultado que auxilie a análise dos especialistas.

Os desenvolvedores, após várias tentativas, não conseguiram encontrar um conjunto certo de sementes, não obtendo resultados satisfatórios em suas amostras. A Figura 5.16 mostra o resultado obtido após a aplicação do método de segmentação por *Watersheds-IFT*; na Figura 5.17 visualiza-se o resultado final após utilizar o método de segmentação híbrido.

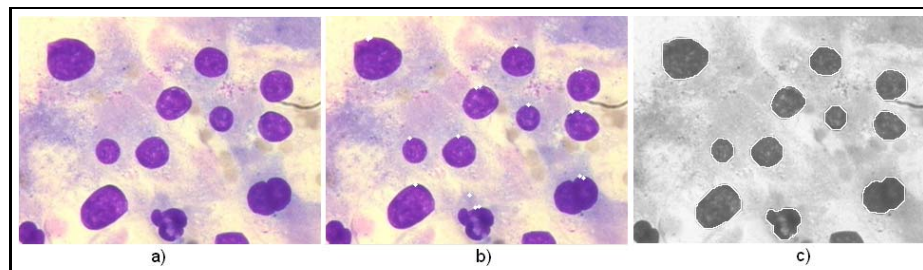





---

Figura 5.16: Resultado do método *Watersheds-IFT* em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

---




---

Figura 5.17: Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido.

---

Para os desenvolvedores, gerar o conjunto certo de sementes só é possível se o usuário conhecer a técnica de segmentação *Watersheds-IFT*. Sem tal conhecimento, torna-se inviável utilizar o método, pois o usuário terá que “contar com a sorte”, com o intuito de encontrar o local exato das sementes.

Após a utilização do método de segmentação híbrido, os desenvolvedores analisaram que esse método possui um melhor desempenho não fazendo com que o usuário gaste tempo em aprender a técnica de segmentação *Watersheds-IFT*, nem tenha que prever o local onde as sementes precisam estar localizadas na imagem para alcançar um processo de segmentação satisfatório.

O segundo grupo, os patologistas, afirmam que o método de segmentação híbrido facilita o uso do software pois, para eles, foi de certa forma, complicado gerar os marcadores corretos. Várias tentativas ocorreram a fim de delimitar as regiões de suas amostras não tendo, em nenhuma delas, um resultado aceitável, onde todas as células estivessem segmentadas.

Para eles, escolher as sementes sozinhos é algo totalmente desvantajoso uma vez que, além de desperdiçar tempo, ainda correm o risco de não conseguirem um resultado final satisfatório para auxiliá-los em suas análises. Na Figura 5.18, analisa-se o resultado obtido com os patologistas após utilizar o método de segmentação por *Watersheds-IFT*; na Figura 5.19 tem-se o



resultado obtido após a utilização do método de segmentação híbrido.

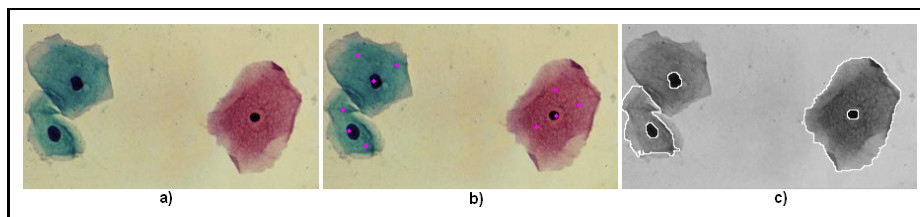


Figura 5.18: Resultado do método *Watersheds-IFT* em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

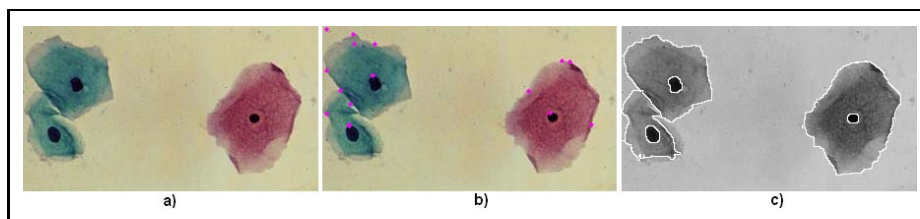


Figura 5.19: Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido.

Com o método de segmentação híbrido, tornou-se mais fácil encontrar o conjunto de sementes, pois ele produz essas sementes automaticamente, não precisando que os patologistas levem muito tempo para conseguir o conjunto certo de marcadores, tendo apenas a tarefa de analisar se as sementes geradas correspondem a área da amostra que se deseja examinar.

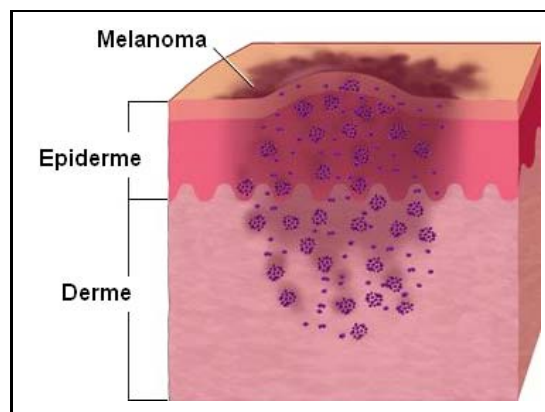
Sendo assim, percebe-se que o método de segmentação híbrido auxilia os usuários a definir mais facilmente os marcadores, os quais são necessários para executar o processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Realizar o processo de segmentação por *Watersheds-IFT* é um exercício complexo para os usuários, tornando-se algo cansativo, desmotivando os mesmos na utilização do software.

### 5.3 Terceira Aplicação: Auxiliando os patologistas a identificar o grau de invasão do melanoma em células cutâneas.

A incidência de melanoma maligno de pele tem aumentado em vários países nos últimos quarenta anos. Tal fato vem sendo alvo de preocupação para as autoridades de saúde pública desses países e muitas campanhas de prevenção e diagnóstico precoce têm sido realizadas nos últimos anos. O melanoma cutâneo é potencialmente hoje um câncer que pode ser curado se

tratado precocemente, mas sua letalidade ainda é alta nos casos em que a doença é diagnosticada em fase não inicial [WEE 2002].

O melanoma maligno é o câncer de pele de pior prognóstico. É um tumor grave devido ao seu alto potencial de produzir metástases enviando células tumorais para outros órgãos, onde se desenvolvem [FLE 2003]. Originam-se dos melanócitos (células que produzem pigmento que dá a cor a pele), espalhando-se, caso seja diagnosticado inicialmente, pela epiderme e pela derme, Figura 5.20.




---

Figura 5.20: Camada da pele onde o melanoma pode atingir. Adaptado de [BRE 2006]

---

Na fase inicial, o melanoma fica restrito a camada mais superficial da pele, aparecendo como uma lesão escura que aumenta de tamanho em extensão e/ou profundidade, com alteração de suas cores originais e surgimento de pontos pigmentados ao redor da lesão inicial. Essa primeira fase é a ideal para realização do diagnóstico e tratamento, pois, nesta localização, ainda não ocorre a disseminação de células tumorais à distância e a retirada completa do tumor tem altos índices de cura [AGN 2001].

Nas seguintes fases, o melanoma começa a progredir em profundidade atingindo a epiderme e a derme. A profundidade atingida e a espessura da lesão são os parâmetros que definem a gravidade da doença. Quanto mais profunda e espessa mais grave, pois aumentam os riscos de metástases para outros órgãos [WEE 2002].

Com o intuito de medir a profundidade da lesão, os médicos utilizam em seus exames histológicos a escala de Breslow, a qual mede o nível de espessura vertical do tumor. A classificação de Breslow é melhor para prever o comportamento subsequente do melanoma em lesões com mais de 1,5mm de espessura e deve ser obtida sempre que possível.

Conforme Renato [OLI 2003], a escala de Breslow possui cinco níveis: No nível I, o melanoma se encontra na fase inicial podendo ser removido totalmente da pele através de cirurgia; No nível II, o melanoma atinge a camada mais profunda da pele, a derme, porém não há sinais de metástases em outros órgãos; No nível III, a lesão atinge uma profundidade preocupante,

chegando até a 2.5mm de espessura, mas ainda não chega a atingir os gânglios linfáticos<sup>8</sup>; No nível IV, o melanoma começa a invadir os gânglios linfáticos, cercado toda a área da pele afetada, entretanto não há propagação das metástases à distância; E, no nível V, o melanoma já se propaga além da área da pele afetada atingindo outros órgãos, como o fígado, os pulmões ou o cérebro. Na figura abaixo é possível visualizar a escala de Breslow com seus respectivos níveis.

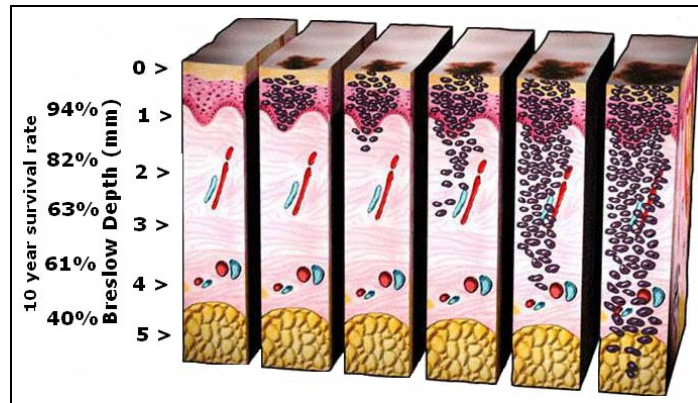


Figura 5.21: Escala de Breslow mostrando os seis níveis de invasão do melanoma. Adaptada de [Dav 2002]

Para realizar a análise histológica, os patologistas observam o grau de invasão do câncer nas células. Durante a análise, é necessário que eles examinem se na amostra existe células de cores diferente (células cancerígenas). Caso exista, é necessário ver a profundidade em que essas células encontram-se e, classificar em um dos níveis da escala de Breslow.

Saber o nível de classificação de um paciente é muito importante para o médico, uma vez que só com esse parecer é possível iniciar o tratamento e avaliar qual o seu prognóstico. Na Figura 5.22 é possível analisar as chances que um paciente possui de sobreviver.

<sup>8</sup>Conforme Heron [AGN 2001], os gânglios linfáticos produzem células brancas, os linfócitos, os quais produzem anticorpos para defender o organismo de infecções. Quando ocorre uma infecção, os gânglios linfáticos podem aumentar de tamanho e ficar doloridos enquanto estão reagindo aos microorganismos invasores.

<b>Prognóstico</b>		
<b>Estágio</b>	<b>Espessura</b>	<b>Sobrevida 5 anos</b>
<b>I</b>	<b>&lt; 0.76 mm</b>	<b>96%</b>
<b>II</b>	<b>0.76 a 1.5 mm</b>	<b>87%</b>
<b>III</b>	<b>1.5 a 2.5 mm</b>	<b>75%</b>
<b>IV</b>	<b>2.5 a 4.0 mm</b>	<b>66%</b>
<b>V</b>	<b>&gt; 4.0 mm</b>	<b>47%</b>

---

Figura 5.22: Nessa tabela é possível observar a sobrevida de um paciente num período de 5 anos.

---

Analisando a Figura 5.22, percebe-se que a sobrevida de um paciente é avaliada conforme o estágio e a espessura em que o câncer se encontra. Para realizar essa avaliação, os patologistas observam a profundidade, o tamanho, a cor e os vários outros fatores encontrados nas células cancerígenas [OLI 2003].

Como a cor das células cancerígenas é diferente do restante das células presente na amostra, o método híbrido irá identificar facilmente esse conjunto de células doentes, pois um dos algoritmos que compõem o método de segmentação híbrido, o *Mean Shift*, leva em consideração exatamente o tom de cor presente na imagem para realizar o processo de segmentação. Com isso, o especialista agilizará o processo de análise, pois apenas terá que medir a profundidade em que essas células doentes encontram-se, conforme a escala de Breslow, tornando o diagnóstico semi-automatizado, facilitando assim o parecer final dos especialistas.

A seguir, o método híbrido será aplicado a imagens histológicas cancerígenas, a fim de que seus resultados sejam analisados. Foram testados apenas amostras pertencentes ao nível 1, 4 e 5, sendo que mais testes se realizar-se-ão tão logo novas imagens sejam coletadas. Com o intuito de aplicar o método de segmentação híbrido nos níveis a seguir, será necessário que o usuário gere sementes, as quais serão utilizadas na etapa final do método híbrido.

### 5.3.1 Nível I

No nível I, o melanoma é menor que 1mm. Com essa espessura, o melanoma ainda não atingiu os gânglios linfáticos ficando restrito apenas a camada externa da pele. Na Figura 5.23, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse estágio e na Figura 5.24, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário, juntamente com o resultado final da aplicação.

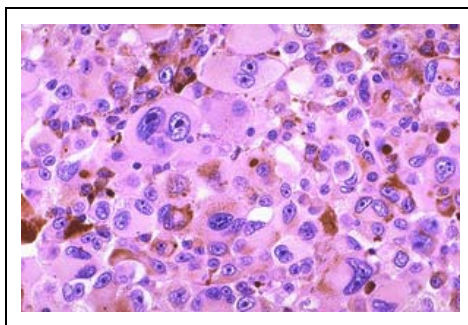


Figura 5.23: Célula pertencente ao nível I da escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.kitasato.or.jp>.

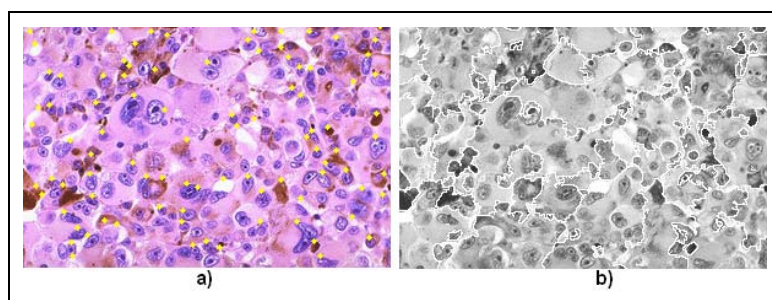


Figura 5.24: a): Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação não-linear. b): Imagem segmentada por meio do método de segmentação híbrido

Na imagem resultante, observa-se que o método de segmentação híbrido não conseguiu atingir o resultado esperado, pois não delimitou de forma correta as células cancerígenas. Com isso, deixou várias células afetadas sem serem segmentadas, não possibilitando que os patologistas realizem uma melhor análise em suas amostras.

### 5.3.2 Nível IV

No quarto nível, o melanoma possui uma alta espessura variando de 2.5 a 4mm. A lesão se encontra a uma profundidade alta, atingindo os gânglios linfáticos e fazendo com que o organismo crie metástases em outros órgãos. Na Figura 5.25, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e a Figura 5.26 mostra o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

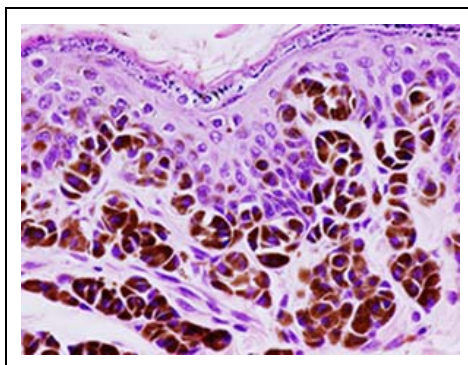


Figura 5.25: Amostra pertencente ao nível IV conforme a escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.kitasato.or.jp>.

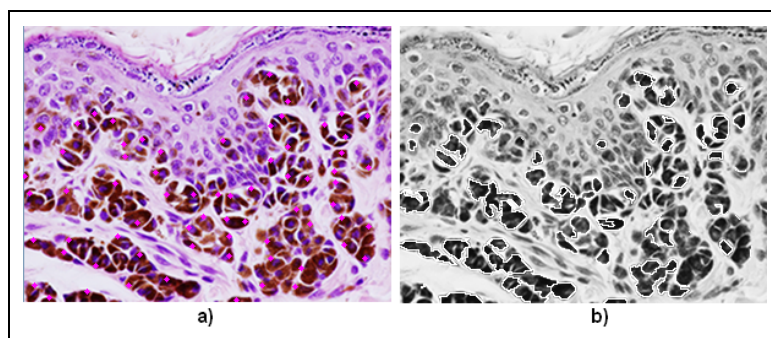


Figura 5.26: Imagem resultante do método de segmentação híbrido. a) Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação *Watersheds-IFT*. b): Imagem segmentada através do método de segmentação híbrido

O resultado obtido com o método de segmentação híbrido mostra que o mesmo não conseguiu segmentar de forma correta os melanócitos presentes na amostra. O processo de segmentação híbrido gerou corretamente as sementes marcando apenas as células cancerígenas, mas a imagem possui um alto grau de granularidade, o qual dificulta realizar corretamente o processo de segmentação.

### 5.3.3 Nível V

No nível V, o melanoma já se propagou para outros órgãos, como por exemplo o pulmão, o fígado ou o cérebro. A sobrevida do paciente nesse nível é baixa, já que somente 47% das pessoas sobrevivem. Na Figura 5.27, é possível visualizar um exemplo dessa amostra, na Figura 5.28, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.



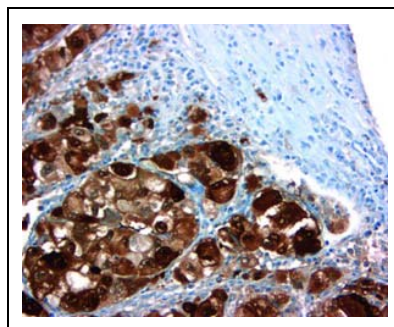


Figura 5.27: Célula pertencente ao nível V conforme a escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.ventanamed.com>

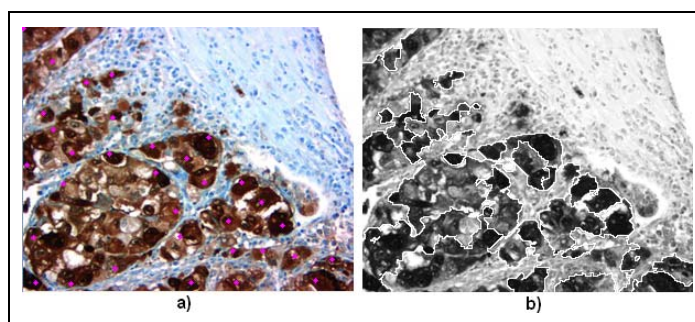


Figura 5.28: Imagem resultante do método de segmentação Híbrido. a): Imagem contendo sementes, as quais serão utilizados na segmentação por *Watersheds-IFT*. b): Imagem resultante do método de segmentação híbrido.

Depois de analisar o resultado final, foi possível observar que o método híbrido não conseguiu efetuar corretamente, a delimitação das células cancerígenas, não possibilitando aos patologistas analisar de forma precisa a profundidade em que a lesão se encontra conforme a escala de Breslow.

#### 5.3.4 Avaliando os resultados obtidos com o Método de Segmentação Híbrido.

Após analisar os resultados obtidos através do método híbrido, é possível observar que os mesmos não foram satisfatórios. Várias células cancerígenas deixaram de ser delimitadas e outras foram segmentadas de forma inadequada, não possibilitando aos especialistas realizar exames adequados em suas amostras.

Também observou-se que várias regiões que não estavam afetadas pelo melanoma foram segmentadas, o que prejudica análise dos patologistas, pois, se todas as células forem segmentadas o método não irá auxiliar e sim provocar confusão no momento da análise.

Para que essa confusão não ocorra, o método deve ser preciso não podendo deixar nenhuma

dúvida em relação ao seu resultado. Qualquer falha existente em um sistema de análise de imagens médicas pode acarretar em diagnósticos errôneos prejudicando assim o tratamento dos pacientes.

Portanto, é preciso avaliar o tipo de imagem a ser segmentada antes de aplicar o método de segmentação híbrido. Imagens que possuam tons de cor semelhantes e um alto grau de granularidade não possibilitam ao algoritmo híbrido realizar um processo de segmentação satisfatório, visto que, o algoritmo *Mean Shift* diminui os tons de cor presentes em uma imagem fazendo com que diferentes regiões se unam realizando a segmentação de forma inadequada prejudicando assim a análise dos patologistas.

A fim de auxiliar os especialistas a realizarem essa análise é necessário que seja desenvolvida uma técnica específica para essa aplicação. Para isso, é essencial que o desenvolvedor realize um estudo aprofundado dos métodos de processamento e análise de imagens existentes.



## 6 CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi desenvolvido o método de segmentação híbrido o qual atingiu o objetivo proposto: automatizar o método de segmentação *Watersheds-IFT* facilitando a tarefa do usuário de encontrar o conjunto correto de sementes necessárias para obter um resultado preciso no processo de segmentação. Para atingir esse resultado utilizou-se o algoritmo *Mean Shift*, o qual reduziu o conjunto de pontos presentes na imagem, que foram utilizados como marcadores no processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Após implementar o método de segmentação híbrido, foram realizados dois testes, por meio dos quais foi possível comprovar a aplicabilidade do método.

No primeiro teste, o método de segmentação híbrido foi utilizado em imagens citológicas, coletadas pelo exame de Papanicolaou. Esse método visa auxiliar os patologistas na realização da classificação em seus respectivos níveis, conforme o grau da lesão encontrado em suas amostras.

O resultado do Papanicolaou foi satisfatório, visto que as imagens resultantes da segmentação híbrida permitiram aos patologistas realizarem uma melhor análise em suas amostras. Nessa análise, foi possível individualizar o núcleo do citoplasma, mostrando claramente a área ocupada por eles. Além disso, os especialistas puderam realizar comparações entre as amostras, visualizando de forma clara e precisa se ocorreu ou não alguma alteração celular. Também relatou-se que, com a aplicação do método híbrido, é possível efetuar o processo de triagem nas amostras, fazendo com que o especialista delimite a área na qual pretende realizar seus exames, proporcionando uma melhor análise em suas amostras.

Na segunda aplicação, realizou-se uma comparação entre os métodos de segmentação *Watersheds-IFT* e híbrido. Após os testes, constatou-se que a técnica de segmentação híbrida possibilita aos usuários encontrar mais rapidamente o conjunto de marcadores necessários para realizar, de forma satisfatória, o processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Além disso, o método híbrido possibilita que os usuários utilizem a técnica de segmentação *Watersheds-IFT* sem ter que conhecê-la, facilitando o uso do software por parte dos mesmos.

Desta forma, o método híbrido permite que o usuário encontre, mais facilmente, o conjunto de sementes necessárias para aplicar a técnica *Watersheds-IFT*, pois ela mostra ao usuário em que parte da imagem a semente será utilizada, dando uma melhor visão de como a segmentação será realizada. Ainda, o método desenvolvido possibilita que o usuário, caso não concorde

com as sementes geradas pelo método de segmentação *Mean Shift* possa alterá-las removendo-as ou adicionando-as. Sendo assim, é possível afirmar que o método de segmentação híbrido proporcionou um melhor resultado, permitindo aos usuários realizar de forma mais acurada o processo de interpretação e análise de imagens.

## 6.1 Trabalhos Futuros

A continuidade desta pesquisa pode ser efetuada por uma gama de outros trabalhos. Tem-se como sugestões os seguintes tópicos:

- Aperfeiçoar a interface do sistema por meio de elementos que possibilitem uma melhor Interação Homem-Máquina (IHC), estabelecendo um canal de comunicação entre o usuário e o sistema (computador).
- Pode-se complementar a técnica híbrida tornando-a específica para o auxílio do exame de Papanicolaou, para isso, torna-se necessário automatizar o processo de quantificação.
- Realizar mais testes no sistema a fim de encontrar novas imagens que obtenham resultados satisfatórios com a aplicação do método de segmentação híbrido.
- Aplicar técnicas de pré-processamento, como por exemplo, tabela de cor, com o intuito de analisar se o processo de segmentação híbrido irá ocorrer de forma mais rápida e precisa, gerando resultados satisfatórios em um número maior de imagens, ampliando, assim, seu uso.
- Integrar o componente híbrido ao sistema Arthemis.
- Validar o método de segmentação MeSegHi. Para isso, é necessário comparar os resultados obtidos por meio do método híbrido com os resultados obtidos através do processo de segmentação realizado por profissionais da área médica. Após, realizar uma quantificação desses resultados por meio de métodos matemáticos.

## REFERÊNCIAS

- [AGN 2001] AGNE, H. C. C. **Prognóstico da recidiva do carcinoma basocelular excisado sem margem de segurança**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas.
- [ALA 1997] ALAN W. BROWN; SHORT, K. On components and objects: the foundation of component-based development. **IEEE International Symposium on Assessment of Software Tools and Technologies.**, v.5, 1997.
- [ALB 2001] ALBUQUERQUE, M. P. de; ALBUQUERQUE, M. P. de. **Processamento de imagens: métodos e análises**. Disponível em <[www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF](http://www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF)>. Acesso em: fevereiro. 2006).
- [ALB 2003] ALBUQUERQUE; MARCELO PORTES ALBRUQUERQUE., A. I. M. P. de. **Processamento digital de imagens. Universidade do Norte Fluminense - Centro Brasileiro de Pesquisa e Física**, 2003.
- [ALE 1977] ALEXANDER C.; ISHAKAWA, S. S. S. **A pattern language**. New York: Oxford University Press, 1977.
- [ALE 2000] ALEXANDRE X. FALCÃO, R. d. A. L.; ARAUJO, G. **The image foresting transformation**.
- [ALM 1998] ALMEIDA, A. C. R. de. **Photopixj: ambiente para execução e integração de algoritmos de processamento digital de imagens**. 1998. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Departamento de Ciência da Computação - Belo Horizonte.
- [ANT 1999] ANTUNES, E. J. **Uma abordagem interdisciplinar aplicada a correção de prognósticos metereológicos**. 1999. esp — Monografia apresentada ao curso de bacharelado do instituto de física e matemática da Universidade Federal de Pelotas.
- [ARA 1999] ARAÚJO, S. R. **Citologia e histopatologia básicas do colo uterino para ginecologistas: “uma sessão de slides”: a mente aprende melhor por imagens**. Curitiba: Editora VP, 1999.

- [AYA 2004] AYALA, H. A. L. **Uma abordagem de segmentação de imagens por aprendizagem**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Programa de Pós-graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- [BEE 2005] BEERS, M. H.; BERKOW, R. **The merck manual of medical information**. New York: Disponível em <<http://www.merck.com/mmhe/index/ind-ab.html>>. Acesso em: Junho 2006)., 2005.
- [BOA 2006] BOAVENTURA, I. A. G. **Introdução a orientação a objetos e uml**. Disponível em <[www.dcce.ibilce.unesp.br/~ines/cursos/proj-si/2006/aula\\_02\\_IntrOOeUMLL.ppt](http://www.dcce.ibilce.unesp.br/~ines/cursos/proj-si/2006/aula_02_IntrOOeUMLL.ppt)>. Acesso em: fevereiro de 2006).
- [BOO 2000] BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The unified modeling language user guide**. [S.l.]: Addison Wesley, 2000.
- [BOY 1990] BOYCE, T.; BLOEBAUM, R.; BACHUS, K. Reproducible method for calibrating the backscattered electron signal for quantitative assessment of mineral content in bone. **Scanning Microscopy**, v.4, n.3, p.591–603, 1990.
- [BRE 2006] BREWER, C. Nucleus medical art. **Artigo on line**. Disponível em: <http://hon.nucleusinc.com/>, Acessado em maio de 2006.
- [BUS 1996] BUSCHMANN, F. et al. **Pattern - oriented software architecture: a system of patterns**. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1996. v.1.
- [CHE 1995] CHENG, Y. Mean shift, mode seeking, and clustering. **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE**, v.17, n.8, p.790, August 1995.
- [CLA 2002] CLARKE, A.; EBERHARDT, C. **Microscopy techniques for materials science**. Boston: CRC Press, 2002.
- [COM 2001] COMANICIU, D.; MEER, P. Cell image segmentation for diagnostic pathology. **Springer-Verlag New York, Inc. New York, USA**, 2001.
- [COS 2004] COSTA., J. A. T. B. da. Mini curso de microscopia e microanálise - processamento e análise de imagens digitais de microscopia eletrônica. **Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise Ulbra.**, 2004.
- [CRN 2003] CRNKOVIC, I. Component-based software engineering - new challenges in software development. **Conf. information Technology Interfaces**, June 2003.
- [DAV 2001] DAVID BRAUN JEFF SIVILS, A. S.; VERSTEEGH, J. **Unified modeling language (uml) tutorial**. New York: Disponível em <[http:](http://)

//pigseye.kennesaw.edu/~dbraun/csis4650/A&D/UML\_tutorial/index.htm>. Acesso em: Março), 2001.

- [Dav 2002] Davide Brunelli. **Med art -3d medical illustrations and artworks**.
- [D.CO 2001] D.COMANICIU; MEER, P. **Mean shift**: a robust approach toward feature space analysis. Disponível em <<http://www.caip.rutgers.edu/~comanici/MSPAMI/msPamiResults.html>>. Acesso em: June. 2005).
- [D'OR 2003] D'ORNELLAS, M. C. Processamento e análise de imagens princípios, algoritmos e aplicações. **Notas de aula - Universidade Federal de Santa Maria - Ciência da computação**, 2003.
- [D'OR 2001] D'ORNELLAS, M. **Algorithmic patterns for morphological image processing**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Univesiteit van Amsterdam.
- [FAC 1996] FACON, J. **Morfologia matemática**: teoria e exemplos. Curitiba: Champagnat - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 1996.
- [FAL 2003] FALCÃO, A. X. **Introdução ao processamento de imagem digital**. Disponível em <<http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/mo443/aula17.pdf>>. Acesso em: jan. 2006).
- [FLE 2003] FLETCHER, C. D. **Diagnostic histopathology of tumor**. Inglaterra: Edinburgh, 2003.
- [GAM 2000] GAMMA, E. et al. **Padrões de projeto**: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [GON 2000a] GONZALES R. C., R. W. **Digital image processing**. [S.l.]: Addison - Wesley Publishing Company, Inc., 2000.
- [GON 2000] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo - Brasil: Edgard Blücher, 2000.
- [GUJ 2005] GUJ. **Introdução a programação gráfica em java com swing**. Disponível em: <<http://www.guj.com.br/java.tutorial.artigo.38.1.guj>> . Acesso em: janeiro de 2006.
- [HOR 2001] HORSTMANN, C. S.; CORNELL, G. **Core java 2**. [S.l.]: Makron Books, 2001.
- [H.YA 2005] H.YAMAUCHI, S.; Y.LEE. **Feature sensitive mesh segmentation with mean shift**. Disponível em <<http://www.mpi-sb.mpg.de/~hitoshi/research/publications/SMI2005/SMI200%5yllobs.pdf>>. Acesso em: June. 2005).

- [IMA 2006] IMAGING, T. **Slide atlas: staining controls**. Disponível em <[http://www.proexc.com/slide\\_atlas\\_controls.htm](http://www.proexc.com/slide_atlas_controls.htm)>. Acesso em: junho. 2006).
- [INC 2002] INCA - Instituto Nacional de Câncer. **Falando sobre câncer do colo do Útero**. Disponível em: <[http://www.inca.gov.br/publicacoes/falando\\_cancer\\_colo\\_uterio.pdf](http://www.inca.gov.br/publicacoes/falando_cancer_colo_uterio.pdf)>. Acesso em: Julho de 2006.
- [JäHN 2000] JähNE, B.; HAUBECKER, H. **Computer vision an application**. [S.l.]: Academic Press, 2000.
- [JR. 2003] JR., P. J. Notas de aula - uma introdução aos padrões de projeto com java. **Disponível em** <<http://www.inf.unioeste.br/amdiniz/ftp/Pos/Pesquisas/IntrodPadroesComJava.ppt>>. **Acesso em: abril. 2006).**, 2003.
- [KAS 1995] KASTURI; JANI; SHUNCK. **Machine vision**. New York: McGraw- Hill Inc, 1995.
- [K.FU 1990] K.FUNAKA. Introduction to statistical patern recognition. **Academic Press**, v.2, p.534, 1990.
- [LEãO 2005] LEãO, A. C. **Gerenciamento de cores para imagens digitais**. 2005. Dissertação de Mestrado — Escola de Belas Artes.
- [LIM 1999] LIMA GONÇALVES, T. de. **A citologia como método de rastreamento de lesões pré-malignas do colo uterino**. 1999. esp — Monografia de Especialização - Universidade Federal de Santa Maria.
- [LIR 2000] LIRA NETO, J. B. de. **Atlas de citopatologia e histologia do colo uterino**. Rio de Janeiro: Editora MEDSI, 2000.
- [LOT 2002] LOTUFO, R.; AO, A.; ZAMPIROLI, F. **Ift-watershed from gray-scale marker**.
- [LOU 2006] LOUREGA, L. et al. Meseghi: método de segmentação para processamento linear e nao-linear de imagens. **II-Workshop de Visao Computacional**, São Carlos-SP, 2006.
- [LOU 2006a] LOUREGA, L. et al. A hybrid image segmentation approach using linear and non-linear processing. **VBM2006 - Symposium "Vision by Brains and Machines**, Montevideo, 2006.
- [LOU 2005] LOUREGA, L.; FREITAS, G. D.; D'ORNELLAS, M. Segmentação de imagens usando o processamento de imagens linear e nao-linear no auxilio ao diagnostico de patologias. **Anais do Evento Realizado em Recife: Conbratec**, 2005.

- [M 1976] M, Z. **Exfoliative cytopathology**. Boston: Brown and Company, 1976.
- [MAR 2004] MARCUZZO, M. **Uma biblioteca de operadores em java para morfologia matemática**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso — Curso de Ciência da Computação- Universidade Federal de Santa Maria.
- [MIC 2001] MICROSYSTEMS, S. **Desenvolvimento de aplicações baseadas em componentes utilizando javabeans**. Disponível em <<http://www.guich.com/pf/capitulo3.html>>. Acesso em: Dezembro 2005).
- [M.L 1998] M.L, S. **Atlas de diagnóstico diferencial em citologia ginecológica**. [S.l.: s.n.], 1998.
- [MOR 2004] MORAES, M.; ARANTES, S.; SILVA GUERRA EM AND; MELO, N. **Citopatologia: atlas virtual de citologia esfoliativa**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.unb.br/fs/citovirtual/index.html>>. Acesso em: Junho 2006)., 2004.
- [MUR 2001] MURPHY, D. B. **Fundamentals of light microscopy and eletronic imaging**. Canada: JOHN WILEY and SONS, 2001.
- [NA 1994] NA, C.; KIM, H. Effective discrimination of cancer cells in medical images. **IEEE**, 1994.
- [NOG 2005] NOGUEIRA, A. Histórico da uml. **Disponível em** <[http://www.imasters.com.br/artigo/2994/uml/historico\\_da\\_uml/](http://www.imasters.com.br/artigo/2994/uml/historico_da_uml/)>. **Acesso em: Abril. 2006).**, 2005.
- [OLI 2003] OLIVEIRA FILHO, R. S. de. Estudo morfométrico e imuni-histoquímico dos linfonodos sentinelas de pacientes com melanoma cutâneo primário. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Patologia.**, v.39, 2003.
- [ORQ 2006] ORQUIZA, S. M. C. **O que é o exame de papanicolaou**. Disponível em <<http://www.orientacoesmedicas.com.br/oqueepapanicolau.asp>>. Acesso em: June. 2006).
- [PAV 2005] PAVIM, A. X.; ROLOFF, M. L. Curso de processamento e análise de imagens. **Disponível em** <<http://s2i.das.ufsc.br/cursos/eneca05/curso-proc-imagem-eneca.pdf>>. **Acesso em: abril. 2006).**, 2005.
- [PRA 2001] PRATT, W. K. **Digital image processing**. New York: John Wiley and Sons, 2001.
- [PRE 1995] PREE, W. **Design patterns for object-oriented software development**. Wokinglam: Addison Wesley, 1995.

- [PRE 2001] PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach**. new York: McGraw-Hill, 2001.
- [REI 2005] REIS, M. A. dos; PAULA ANTUNES TEIXEIRA, V. de. **Atlas de citopatologia cérvico-vaginal**. Disponível em <<http://www.fmtm.br/instpub/fmtm/patge/cit0290.htm>>. Acesso em: junho. 2006).
- [ROE 2000] ROERDINK J.B; MEIJSTER, A. The watershed transform: definitions, algorithms and parallelizations strategies. **Fundamenta Informaticae**, v.41, p.187, 2000.
- [SAN 1997] SANCHEZ J.; CANTON, M. **Patterns, models, and application development: a c++ programmer's reference**. [S.l.]: CRC Press, 1997.
- [SEL 2004] SELLORS, J.; SANKARANARAYANAN, R. **Colposcopy and treatment of cervical intraepithelial neoplasia: a beginner's manual**. [S.l.]: Disponível em <<http://screening.iarc.fr/colpo.php?lang=1>>. Acesso em: Junho. 2006)., 2004.
- [SHA 2004] SHANKS, G. Representing composites in conceptual modeling. **Communication of the ACM**, v.47, p.77–80, July 2004.
- [SIL 2003] SILVEIRA, C. A. A. **Ajuste de histogramas para a determinação das frações volumétricas das fases de materiais compostos**. 2003. Dissertação de Mestrado — Universidade Federal de Santa Maria - Programa de Pós Graduação em Física.
- [STE 1999] STEFANO KUBIÇA; EDOUARD, L. **Processamento de imagens de documentos - parte iv**. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/1999/bb91/imagens.htm>>. Acesso em: ago. 2005).
- [SUN 2005] SUN, M. Página oficial da linguagem java. **Artigo On-line**. Disponível em: <http://java.com/en/about/>, 2005.
- [SUN 2005a] SUN, M. Página oficial da linguagem java. **Artigo On-line**. Disponível em: <http://java.sun.com>, 2005.
- [Sun 2002] Sun Microsystems. **Programming in java <sup>TM</sup>advanced imaging - release 1.0.1**. [S.l.]: A Sun Microsystems, Inc. Business, 2002. Disponível em: <<http://java.sun.com/developer/onlineTraining/javaai/jai/index.html> >. Acesso em: abr. 2005.
- [Sun 2004] Sun Microsystems. **Desenvolvimento de aplicações baseada em componentes utilizando javabeans**. [S.l.]: A Sun Microsystems, Inc. Business, 2004. Disponível em: <<http://http://www.guich.com/pf/capitulo3.html>>. Acesso em: março. 2006.



- [Sun 2004a] Sun Microsystems. **Programming in java advanced imaging**. Disponível em: [http://java.sun.com/products/javamedia/jai/forDevelopers/jai1\\_0\\_1guide%-unc/Introduction.doc.html](http://java.sun.com/products/javamedia/jai/forDevelopers/jai1_0_1guide%-unc/Introduction.doc.html). Acesso em: abril de 2005.
- [Sun 2004b] Sun Microsystems. **Java™APIs for imaging: enterprise-scale, distributed 2d applications**. Disponível em: <http://java.sun.com/products/javamedia/jai/collateral/datasheet.html>. Acesso em: mar. 2004.
- [VIC 1991] VICENT, L.; SOILLE, P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersions simulations. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, p.583, 1991.
- [VIT 2003] VITHARANA, P. Risks and challenges of component-based software development. **Communication of the ACM**, v.46, p.67–73, August 2003.
- [WAN 2004] WANGENHEIM.A. **Técnicas de segmentação de imagens por crescimento de regiões (region-growing image segmentation)**. Disponível em <http://www.inf.ufsc.br/~visao/regiongrow.pdf>. Acesso em: janeiro. 2006).
- [WEE 2002] WEEDON, D. **Skin pathology**. Inglaterra: Edinburgh, 2002.
- [WEL 2005] WELFER, D. **Padrões de projeto no desenvolvimento de sistemas de processamento de imagens**. 2005. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção(PPGEP)- Universidade Federal de Santa Maria.
- [Wik 2006] Wikipedia. **Swing**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Swing>. Acesso em: fevereiro de 2006.
- [YAM 2005] YAMAUCHI, H.; LEE, S. **Feature sensitive mesh segmentation with mean shift**. Disponível em: <http://chobi.archi.is.tohoku.ac.jp/yamauchi/research/publications/SMI2005/SMI2005yllobs.pdf>, Acessado em dezembro de 2005.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)