



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**MATHEUS CONGIO GREGÓRIO**

**DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE GRAVIDADE DO ENFISEMA PULMONAR  
ATRAVÉS DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM DIGITAL**

**Assis/SP  
2016**



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**MATHEUS CONGIO GREGÓRIO**

**DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE GRAVIDADE DO ENFISEMA PULMONAR  
ATRÁVÉS DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM DIGITAL**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando:** Matheus Congio Gregório

**Orientador:** Prof. Dr. Alex Sandro R. de Souza Poletto

**Assis/SP  
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

CONGIO GREGÓRIO, Matheus.

**Determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar através de processamento de imagem digital** / Matheus Congio Gregório. Fundação Educacional do Município de Assis –FEMA – Assis, 2016.

51 p.

Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Romeo de Souza Poletto  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Imagem digital. 2. Software. 3. Engenharia Biotecnológica

CDD: 001.61  
Biblioteca da FEMA

# DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE GRAVIDADE DO ENFISEMA PULMONAR ATRÁVÉS DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM DIGITAL

MATHEUS CONGIO GREGÓRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alex Sandro Romeo de Souza Poletto

**Examinador:** \_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Célio Desiró

## DEDICATÓRIA

Á minha família, amigos e professores pelo  
companheirismo e incentivo ao longo desses três  
anos de curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos àqueles que no decorrer deste ano contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

*O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.*

Henry Ford

## RESUMO

O desenvolvimento de novas tecnologias é essencial para a evolução dos processos produtivos e da sociedade como um todo. Os avanços da Medicina e da Engenharia Biotecnológica são resultado do desenvolvimento e aperfeiçoamento das tecnologias ao longo do tempo.

A utilização de software ampliou o horizonte de possibilidades no ambiente de pesquisa e tornou-se fundamental para a realização de determinadas atividades.

Áreas como a Engenharia Biotecnológica possuem dependência direta dos recursos desenvolvidos pela Tecnologia da Informação e, considerando-se a importância e o impacto de seus projetos na vida humana, evidencia-se a necessidade da utilização da Tecnologia da Informação para viabilizar o desenvolvimento dos mesmos.

Nessa linha de pensamento, surgiu a oportunidade de contribuir com a Engenharia Biotecnológica, por meio deste trabalho de conclusão de curso, ao verificar-se que o campus da UNESP de Assis realiza pesquisas/projetos na referida área.

Um dos principais trabalhos realizados no campus da UNESP/Assis é voltado ao estudo de doenças pulmonares, sendo que uma das etapas deste processo de pesquisa consiste na determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar, através da análise de fotomicrografias utilizando técnicas de morfometria. Como esse processo é feito manualmente, considerou-se a possibilidade de desenvolvimento de um software capaz de efetuar a referida análise por meio de técnicas de processamento de imagens digitais.

Dessa forma, este trabalho de conclusão de curso apresenta a proposta de desenvolvimento do software, a idealização de sua estrutura, bem como os recursos tecnológicos necessários para o desenvolvimento do mesmo.

**Palavras-chave: Imagem digital; Software; Engenharia Biotecnológica; Morfometria**

## **ABSTRACT**

The development of new technologies is essential to the evolution of production processes and of society as a whole. Advances in Medicine and Biotechnology Engineering are the result of development and improvement of technologies over time.

The use of software has expanded the horizon of possibilities in the research environment and has become essential for carrying out certain activities.

Areas such as Biotechnological Engineering have direct dependence on resources developed by the Information Technology and, considering the importance and impact of their projects in human life, it highlights the need of the use of Information Technology to enable their development.

In this line of thought, the opportunity arose to contribute to the Biotechnological Engineering, through this work, to be noted that the campus of UNESP/Assis conducts research/projects in that area.

One of the main works on the campus of UNESP/Assis is geared to the study of lung diseases, and one of the stages of the research process is to determine the level of severity of pulmonary emphysema by photomicrographs analysis using morphometric techniques. Considering this process is done manually, it was considered the possibility of developing a software able to perform this analysis by digital image processing techniques.

Thus, this work presents the software development proposal, the idealization of its structure and technological resources necessary for its development.

**Keywords: Digital Image; Software; Biotechnological Engineering; Morphometry**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de casos de uso (UC).....	20
Figura 2 – Diagrama de Entidade Relacionamento (ER).....	25
Figura 3 – Diagrama de Atividades – UC01.....	26
Figura 4 – Diagrama de Atividades – UC02.....	26
Figura 5 – Diagrama de Atividades – UC03.....	27
Figura 6 – Diagrama de Atividades – UC04.....	27
Figura 7 – Diagrama de Atividades – UC05.....	28
Figura 8 – Diagrama de Atividades – UC06.....	28
Figura 9 – Diagrama de Atividades – UC07.....	29
Figura 10 – Estrutura Analítica do Projeto – EAP .....	29
Figura 11 – Estrutura alveolar .....	32
Figura 12 – Imagem binária .....	32
Figura 13 – Elemento estruturante .....	33
Figura 14 – Imagem binária .....	34
Figura 15 – Imagem binária modificada.....	34
Figura 16 – Imagem binária .....	35
Figura 17 – Bordas da imagem.....	35
Figura 18 – Sistema respiratório.....	36
Figura 19 – Alvéolo pulmonar.....	37
Figura 20 – Tecido normal.....	37
Figura 21 – Tecido com enfisema.....	37
Figura 22 – Especificações do retículo de Weibel .....	38
Figura 23 – Retículo de Weibel sobre tecido pulmonar de camundongo.....	39
Figura 24 – Tecido Pulmonar.....	40

Figura 25 – Escala da imagem .....	41
Figura 26 – Limiarização da figura 24.....	42
Figura 27 – Detecção de bordas da imagem 26 .....	43
Figura 28 – Retículo de Weibel feito a partir da imagem original.....	44
Figura 29 – Imagem original com o retículo de Weibel sobreposto .....	44
Figura 30 – Detecção dos pontos correspondentes ao retículo.....	45
Figura 31 – Tecido pulmonar com enfisema.....	46
Figura 32 - Detecção dos pontos correspondentes ao retículo.....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. OBJETIVO .....	14
1.2. JUSTIFICATIVA.....	14
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>16</b>
2.1. LINGUAGEM UTILIZADA.....	16
2.1.1. JAVA, PHP e JavaScript .....	16
2.1.2. OPENCV .....	16
2.2. FERRAMENTAS PARA O DESENVOLVIMENTO .....	17
2.2.1. MySQL Community Server 5.7 .....	17
2.2.2. Netbeans IDE .....	17
<b>3. ANÁLISE.....</b>	<b>18</b>
3.1. FERRAMENTAS DE ANÁLISE .....	18
3.1.1. Creately .....	18
3.1.2. MySQL Workbench 6.0 .....	18
3.2. ESPECIFICAÇÃO DE RECURSOS .....	18
3.2.1. Recursos necessários .....	18
3.3. LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS .....	19
3.3.1. Descrição do Problema .....	19
3.3.2. Descrição do Objetivo .....	19
3.3.3. Perspectivas .....	19
3.4. DIAGRAMAS .....	20
3.4.1. Casos de uso.....	20
3.4.2. Diagrama de casos de uso (UC).....	20
3.4.3. Diagrama de Entidade Relacionamento (ER).....	25
3.4.4. Diagrama de atividades .....	25
3.4.5. Diagrama de EAP .....	29
<b>4. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS .....</b>	<b>30</b>
4.1. CONCEITOS .....	30
4.1.1. Imagem.....	30
4.1.2. Imagem digital .....	30

4.1.3. Imagem digital binária e imagem digital colorida.....	31
4.2. TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL.....	31
4.2.1. Thresholding – limiarização – binarização .....	32
4.2.2. Erosão e Dilatação .....	33
4.2.3. Detecção de bordas .....	35
<b>5. PROCESSO DE ANÁLISE DAS ESTRUTURAS ALVEOLARES .....</b>	<b>36</b>
5.1. ENFISEMA PULMONAR E MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO .....	36
5.1.1. Caracterização do enfisema pulmonar.....	36
5.1.2. Retículo de Weibel e cálculo do Intercepto Linear Médio .....	38
<b>6. SISTEMA PARA ANÁLISE MORFOMÉTRICA ALVEOLAR .....</b>	<b>40</b>
6.1.1. 1ª etapa: redimensionamento da imagem original.....	40
6.1.2. 2ª etapa: determinação da escala .....	41
6.1.3. 3ª etapa: binarização da imagem .....	41
6.1.4. 3ª etapa: detecção de bordas.....	42
6.1.5. 4ª etapa: criação do retículo de Weibel para análise .....	43
6.1.6. 5ª etapa: união do retículo à imagem original .....	44
6.1.7. 6ª etapa: comparação do retículo com a imagem de bordas .....	45
6.1.8. 7ª etapa: cálculo do Intercepto Linear Médio .....	45
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As organizações e a sociedade foram beneficiadas pela otimização dos processos produtivos, por meio da criação e evolução da tecnologia. A Tecnologia da Informação atua como um elemento fundamental para facilitar/agilizar os processos de uma rotina de trabalho, independente da área de atuação.

Áreas como a Engenharia Biotecnológica têm utilizado cada vez mais da informática para o desenvolvimento de pesquisas, produtos, tratamentos para doenças e, na maioria das vezes, a viabilidade de certas atividades depende diretamente de recursos provenientes da Tecnologia da Informação.

Considerando-se a relevância/importância dos projetos de Engenharia Biotecnológica no desenvolvimento da sociedade, fica evidente a necessidade do emprego da Tecnologia da Informação para viabilizar o desenvolvimento de tais projetos.

Como a UNESP do campus de Assis realiza pesquisas na área de biotecnologia, buscou-se informações acerca da realização de projetos da área. Um dos principais trabalhos em desenvolvimento no campus da UNESP/Assis está relacionado à terapia celular, sob a coordenação do professor Dr. João Tadeu Ribeiro Paes, utilizando células-tronco para o tratamento de pacientes com DPOC (doença pulmonar obstrutiva crônica).

Uma das etapas desse processo de pesquisa envolve a determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar, através da análise de fotomicrografias dos alvéolos pulmonares, por meio de técnicas de estereologia/morfometria. Tal processo é realizado manualmente, o que se torna uma oportunidade para o desenvolvimento de um software que possa facilitar a realização de tal atividade.

Assim, por se tratar de uma doença grave e que afeta milhões de pessoas ao redor do mundo, seria interessante que a Tecnologia da Informação pudesse contribuir com essa pesquisa. Portanto, pretende-se desenvolver um software capaz de determinar o nível de gravidade do enfisema pulmonar por meio do processamento de imagens digitais.

## 1.1. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso consiste em desenvolver um software que seja capaz de determinar o nível de gravidade do enfisema pulmonar através do processamento de imagens digitais obtidas por meio de microscópio.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

De acordo com o Ministério da Saúde, estima-se que a DPOC afeta cerca de 210 milhões de pessoas no mundo todo, sendo que no Brasil estima-se que 7,5 milhões de pessoas possuem a doença.

Ainda segundo o Ministério da Saúde, a DPOC é uma doença caracterizada pela limitação do fluxo aéreo pulmonar. Tal limitação está associada entre a bronquite crônica obstrusiva e a destruição do parênquima (enfisema).

Portanto, por se tratar de uma doença grave que afeta muitas pessoas, uma contribuição da tecnologia da informação seria de grande relevância para auxiliar o processo de pesquisa na busca de melhores tratamentos para tal doença.

## 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O restante deste trabalho de conclusão de curso está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** são apresentadas as informações referentes ao ambiente de desenvolvimento do software, como as tecnologias, bibliotecas e linguagens de programação envolvidas.
- **Capítulo 3:** são apresentados todos os aspectos referentes à engenharia de software, como a definição do problema a ser solucionado, o levantamento de requisitos, narrativas de casos de uso e diagramas.
- **Capítulo 4:** são apresentados os conceitos relacionados ao processamento de imagens digitais, bem como a descrição das técnicas de processamento utilizadas pelo software.

- **Capítulo 5:** apresenta a caracterização do enfisema pulmonar, o retículo de Weibel utilizado no processo de morfometria alveolar, assim como o cálculo do Intercepto Linear Médio.
- **Capítulo 6:** apresenta as etapas do sistema proposto desde o processamento da imagem da amostra até o resultado final com o cálculo do Intercepto Linear Médio.

## 2. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

### 2.1. LINGUAGEM UTILIZADA

Neste capítulo é apresentada a descrição do ambiente de desenvolvimento do software, contemplando as tecnologias envolvidas.

#### 2.1.1. JAVA, PHP e JavaScript

A linguagem de programação escolhida para o desenvolvimento do software de processamento de imagens é a Java. Tal linguagem utiliza os conceitos de Programação Orientada a Objetos (POO), proporcionando o desenvolvimento do software de forma clara, além da redução da quantidade de código a ser produzido.

Há também a utilização do conceito de máquina virtual, onde existe uma camada entre o sistema operacional e a aplicação, que é responsável pela tradução do código (bytecode) para o sistema operacional do computador. Desta maneira, o software poderá ser criado desconsiderando-se as particularidades do sistema operacional em que será executado.

A interface gráfica foi desenvolvida para a WEB. O ambiente de interação com o usuário foi feito através do uso de HTML, CSS e JavaScript, devido a flexibilidade de tais tecnologias para esta finalidade.

Utilizou-se o servidor web Apache e a linguagem PHP do lado do servidor. A aplicação do PHP foi necessária para permitir as chamadas dos módulos desenvolvidos em Java, que efetuam o processamento das imagens armazenadas no banco de dados MySQL.

#### 2.1.2. OPENCV

O processo de manipulação de imagens digitais realizado pelo software é feito mediante a utilização dos recursos fornecidos por meio da biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*).

A biblioteca OpenCV é de caráter multiplataforma, de código aberto (licença BSD), voltada para o desenvolvimento de aplicações de visão computacional.

Recursos da biblioteca OpenCV, como o *threshold*, *erosion* e *dilation*, são utilizados pelo software para manipular as imagens digitais.

## 2.2. FERRAMENTAS PARA O DESENVOLVIMENTO

### 2.2.1. MySQL Community Server 5.7

O sistema gerenciador de banco de dados escolhido é o MySQL Community Server. O MySQL é um software de código aberto, consolidado no mercado, que permite o armazenamento de dados de forma confiável, redimensionável e de alto desempenho.

### 2.2.2. Netbeans IDE

A IDE utilizada no desenvolvimento do software foi o Netbeans, por se tratar de uma IDE intuitiva e com muito recursos. Esta IDE possui suporte a muitas linguagens de programação, como a Java. O Netbeans é amplamente utilizado pelo mercado de trabalho.

### **3. ANÁLISE**

Este capítulo apresenta os aspectos referentes ao processo de engenharia de software, como os diagramas e as narrativas de casos de uso.

#### **3.1. FERRAMENTAS DE ANÁLISE**

##### **3.1.1. Creately**

O desenvolvimento dos diagramas necessários no processo da engenharia do software foi feito através do uso da ferramenta Creately. Tal software consiste em tecnologia web, disponibilizado através do site <http://www.creately.com/app>. Através desse software é possível desenvolver de forma rápida e simples os diagramas de caso de uso, diagrama de atividade, EAP, entre outros.

##### **3.1.2. MySQL Workbench 6.0**

O banco de dados da aplicação foi modelado por meio do software MySQL Workbench, que permite a criação do banco de dados de forma segura e rápida, atendendo todos os requisitos funcionais. A modelagem do banco de dados é apresentada adiante, por meio do diagrama de Entidade Relacionamento (ER).

#### **3.2. ESPECIFICAÇÃO DE RECURSOS**

##### **3.2.1. Recursos necessários**

Os recursos necessários para a realização do trabalho de conclusão de curso referem-se, basicamente, à utilização do acervo bibliográfico disponibilizado pelas bibliotecas de ambas as instituições (FEMA/UNESP), bem como os materiais obtidos por meio do uso da internet.

### 3.3. LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS

#### 3.3.1. Descrição do Problema

Atualmente, a determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar é feita de forma manual através da análise de fotomicrografias dos alvéolos pulmonares.

Tal análise se dá por meio de técnicas de estereologia/morfometria, utilizando-se o retículo de Weibel, que consiste em uma espécie de lente que é anexada ao microscópio e que possui uma série de linhas dispostas regularmente.

Ao efetuar a análise de uma amostra, o pesquisador faz a contagem de pontos, baseando-se nas linhas do retículo, que interceptam as paredes dos alvéolos pulmonares. Por meio da contagem de interceptos das estruturas alveolares é possível determinar a gravidade do enfisema, através do cálculo do Intercepto Linear Médio.

#### 3.3.2. Descrição do Objetivo

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso consiste no desenvolvimento de um software que seja capaz analisar, de forma digital, fotomicrografias e, utilizando-se da técnica de *contagem de pontos*, através do retículo de Weibel, determinar o nível de gravidade do enfisema pulmonar.

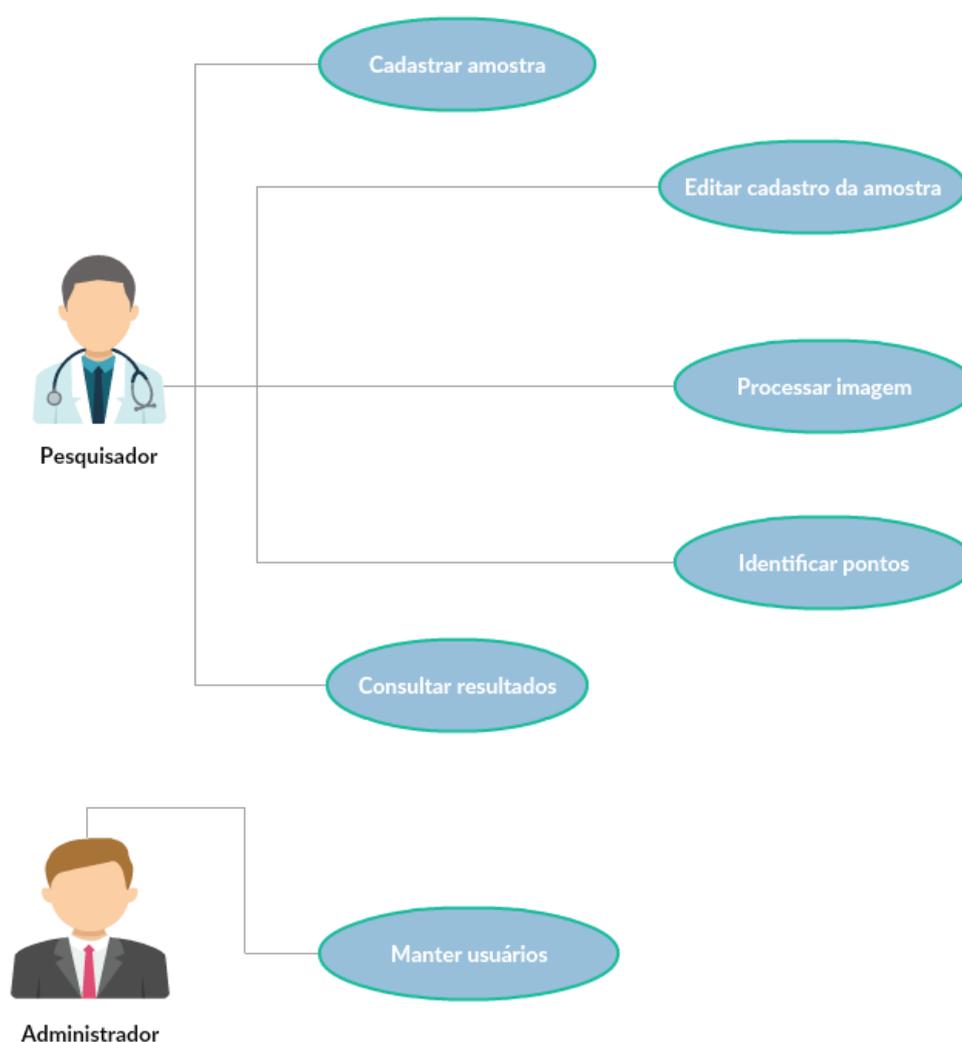
#### 3.3.3. Perspectivas

Espera-se contribuir com o processo de pesquisa celular através do software desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso. A utilização do software facilitará o desenvolvimento de uma das etapas do processo de pesquisa, além de proporcionar resultados mais precisos na análise, visto que o fator humano será reduzido.

## 3.4. DIAGRAMAS

### 3.4.1. Diagrama de casos de uso (UC)

A seguir é apresentado o diagrama de casos de uso previstos para o desenvolvimento deste software.



**Figura 1 – Diagrama de casos de uso (UC)**

Fonte: Elaboração própria

### 3.4.2. Casos de uso

Abaixo são apresentadas as especificações os casos de uso referentes ao software desenvolvido:

#### Caso de uso: Cadastrar amostra - Nº UC01

1. **Finalidade:** Permite ao usuário efetuar o cadastro da amostra que será analisada;
2. **Ator:** Pesquisador
3. **Pré-condições:** O usuário deve estar logado no sistema;
4. **Evento inicial:** Usuário clica no item "Arquivo - Cadastrar amostra";
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário informa os dados da amostra e clica no botão "Cadastrar", o usuário seleciona o arquivo, a imagem é enviada ao banco de dados e encerra-se o caso de uso;
6. **Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Cancelar/fechar" e encerra-se o caso de uso;

#### Caso de uso: Editar cadastro da amostra - Nº UC02

1. **Finalidade:** Permite ao usuário alterar o cadastro de uma amostra;
2. **Ator:** Pesquisador
3. **Pré-condições:** Uma amostra deve ter sido cadastrada no UC01;
4. **Evento inicial:** Usuário clica no menu "Alterar cadastro da amostra";
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário informa o título ou o código da amostra;
  - b. Usuário clica no botão "Pesquisar";
  - c. Usuário seleciona o registro da amostra para edição;
  - d. Usuário edita as informações da amostra nos respectivos campos;
  - e. Usuário clica no botão "Confirmar alterações" e encerra-se o caso de uso;
6. **Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Cancelar/fechar" e encerra-se o caso de uso;

**Caso de uso: Processar imagem - Nº UC03**

1. **Finalidade:** Permite processar a imagem, simplificando-a por meio do processo de limiarização de pixels, remoção de ruídos e detecção de bordas;
2. **Ator:** Pesquisador
3. **Pré-condições:** Uma amostra deve ter sido cadastrada no UC01;
4. **Evento inicial:** O sistema apresenta uma lista das amostras cadastradas. O usuário clica em uma linha da lista e em seguida no item "Abrir imagem";
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário clica em uma linha da lista e em seguida no item "Arquivo - Abrir imagem" e a imagem é exibida na tela;
  - b. O usuário clica no botão "Simplificar – padrão", a imagem é processada, modificada e é armazenada no banco de dados e encerra-se o caso de uso.
6. **Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Fechar" e encerra-se o caso de uso;
7. **Fluxo alternativo:**

A1: Usuário clica no botão "Simplificar - manual" e então é exibido um painel para manipular a imagem;

A2: Usuário efetua as alterações conforme a necessidade e clica no botão "Confirmar", a imagem é armazenada no banco de dados e então encerra-se o caso de uso;

**Caso de uso: Identificar pontos - Nº UC04**

1. **Finalidade:** Efetua o processo de contagem de pontos e calcula o Intercepto Linear Médio;
2. **Ator:** Pesquisador
3. **Pré-condições:** A imagem deve ter sido tratada previamente no UC03;
4. **Evento inicial:** Usuário clica no botão "Identificar pontos" ou "Análise automática".
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário clica no botão "Análise automática";

- b. A imagem final com o retículo de Weibel e os pontos de cruzamento são produzidos, além do cálculo do Intercepto Linear Médio;
- c. Usuário clica no botão "Visualizar resultado", a imagem final e o resultado do LM são exibidos e encerra-se o caso de uso;

**6. Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Fechar" e encerra-se o caso de uso;

**Caso de uso: Consultar resultados - Nº UC05**

- 1. **Finalidade:** Permite ao usuário consultar o resultado da análise de uma amostra;
- 2. **Ator:** Pesquisador
- 3. **Pré-condições:** O usuário deve estar logado no sistema;
- 4. **Evento inicial:** Usuário clica no menu "Consultar resultados";
- 5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário informa o período que o relatório deve contemplar ou o código da amostra e clica em "Pesquisar";
  - b. Usuário seleciona o registro da amostra e clica no botão "Gerar relatório", os dados do resultado são exibidos e encerra-se o caso de uso;

**6. Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Cancelar/fechar" e encerra-se o caso de uso;

**7. Fluxo alternativo:**

A1: o usuário pode clicar no botão "Imprimir relatório", e encerra-se o caso de uso.

**Caso de uso: Cadastrar usuário - Nº UC06**

- 1. **Finalidade:** Permite ao administrador do sistema fazer o cadastro de um novo usuário;
- 2. **Ator:** Administrador
- 3. **Pré-condições:** O usuário deve estar logado no sistema;

4. **Evento inicial:** Usuário clica no menu "Usuários" e em seguida no item "Cadastrar usuário";
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário clica no menu "Usuários" e em seguida no item "Cadastrar usuário";
  - b. Usuário informa os dados do novo usuário;
  - c. Usuário clica no botão "Cadastrar usuário" e encerra-se o caso de uso;
6. **Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Cancelar/fechar" e encerra-se o caso de uso;

#### **Caso de uso: Editar cadastro do usuário - Nº UC07**

1. **Finalidade:** Permite ao administrador do sistema alterar o cadastro de um usuário;
2. **Ator:** Administrador
3. **Pré-condições:** O usuário deve estar logado no sistema;
4. **Evento inicial:** Usuário clica no menu "Usuários" e em seguida no item "Alterar cadastro";
5. **Fluxo principal:**
  - a. Usuário clica no menu "Usuários" e em seguida no item "Alterar cadastro";
  - b. Usuário informa o código do usuário ou o nome do usuário e clica no botão "Pesquisar";
  - c. Usuário seleciona o registro a ser alterado e clica no botão "Editar";
  - d. Usuário edita os dados e clica no botão "Confirmar edição" e encerra-se o caso de uso;
6. **Fluxo de exceção:**

E1: Usuário clica no botão "Cancelar/fechar" e encerra-se o caso de uso;

### 3.4.3. Diagrama de Entidade Relacionamento (ER)

O diagrama de Entidade Relacionamento (ER) é mostrado na Figura 3. Este diagrama foi utilizado para o desenvolvimento do banco de dados do software.

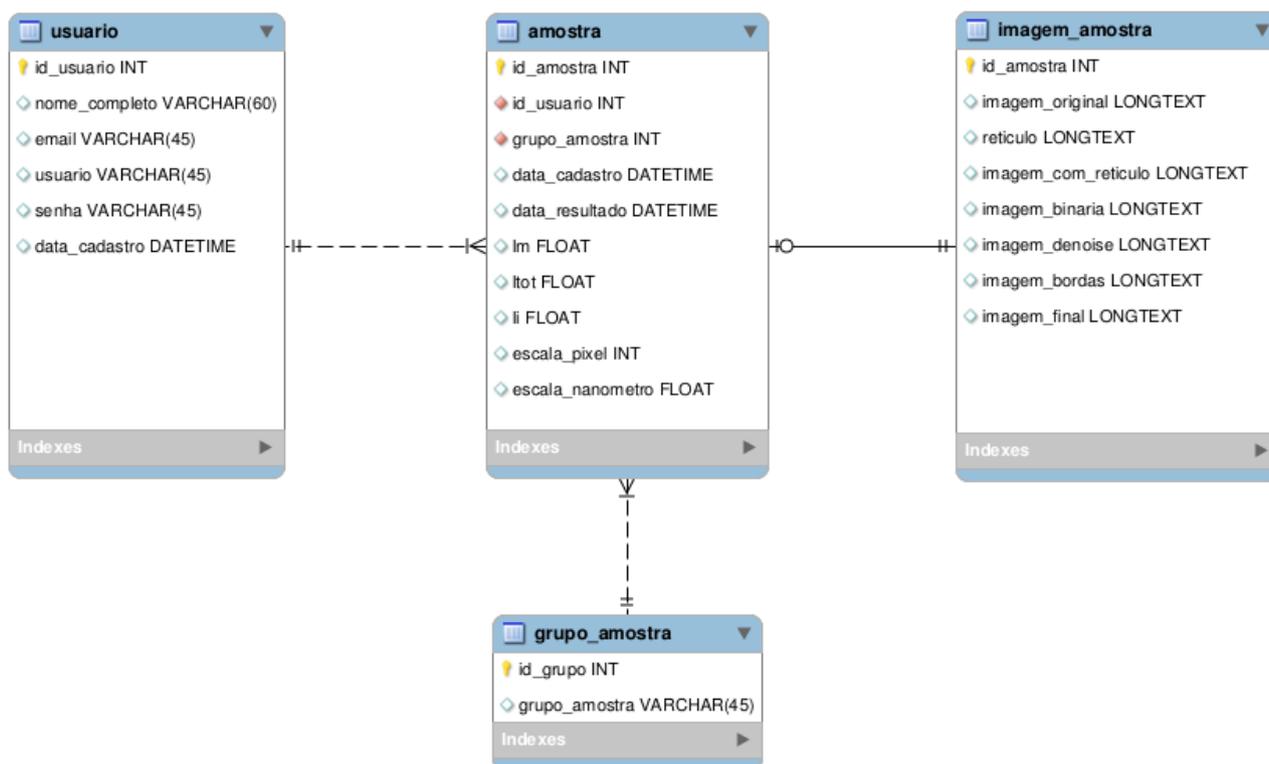
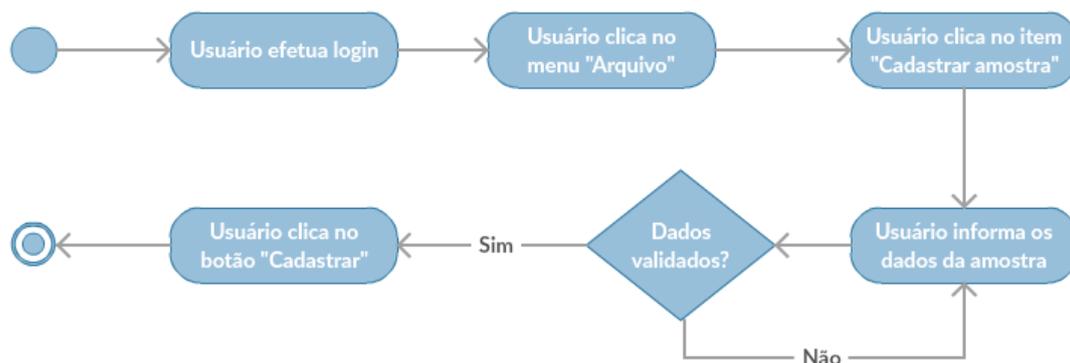


Figura 2 – Diagrama de Entidade Relacionamento (ER)

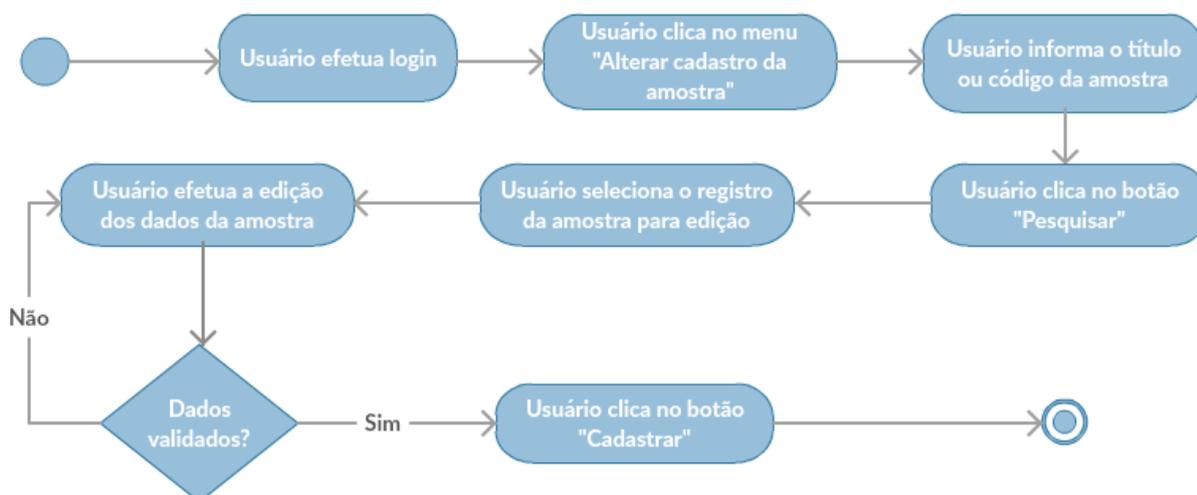
Fonte: Elaboração própria

### 3.4.4. Diagrama de atividades

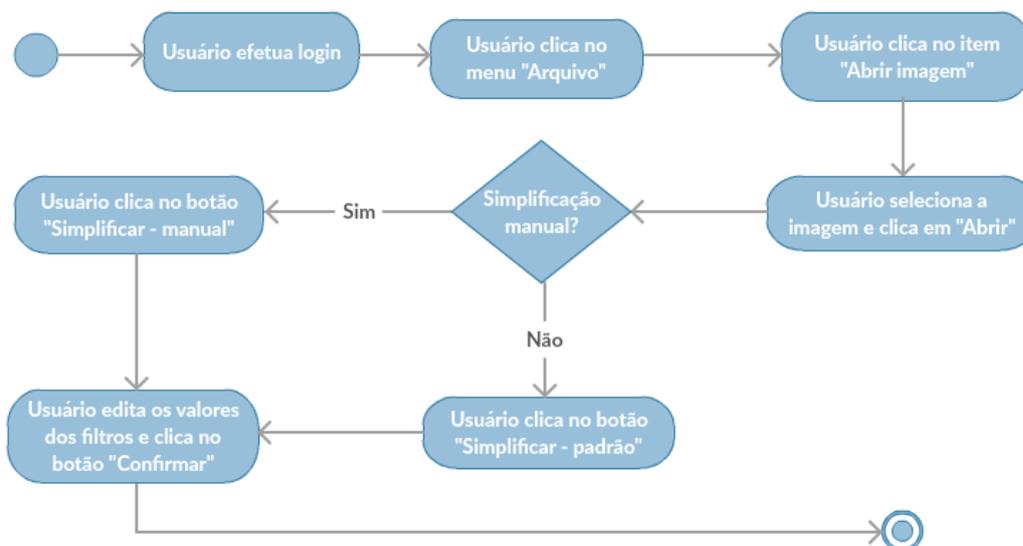
O detalhamento do processo de cada atividade presente nos casos de uso é mostrado das Figuras 3 a 9, por meio do diagrama de atividades.



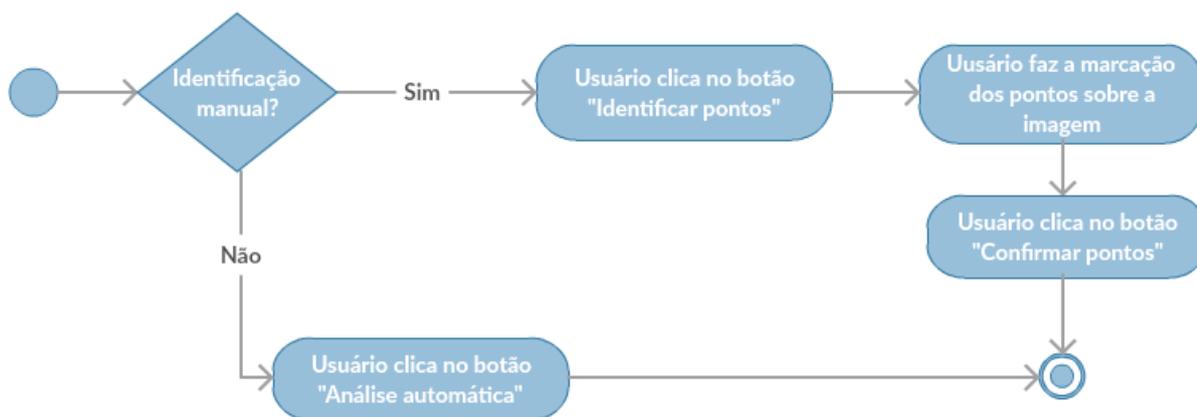
**Figura 3 – Diagrama de Atividades – UC01**  
**Fonte:** Elaboração própria



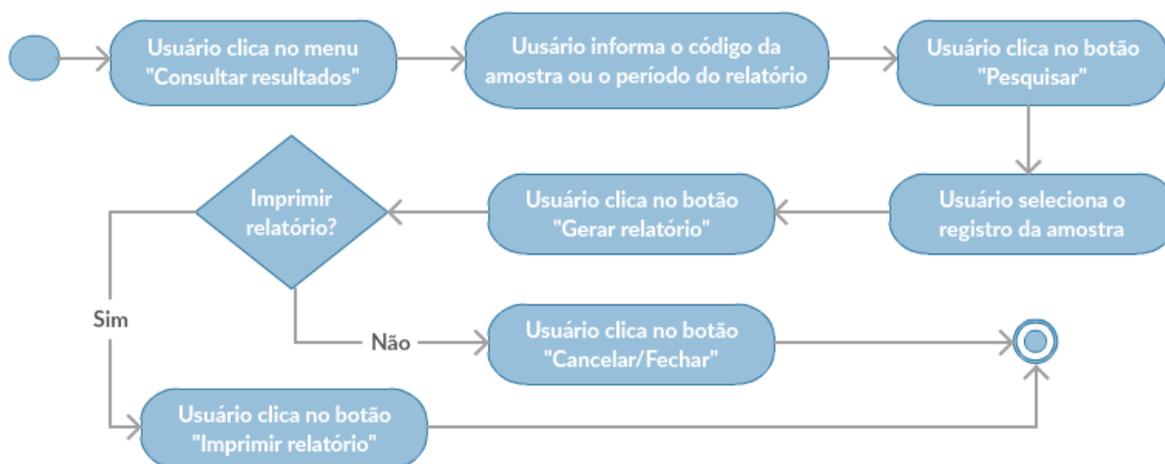
**Figura 4 – Diagrama de Atividades – UC02**  
**Fonte:** Elaboração própria



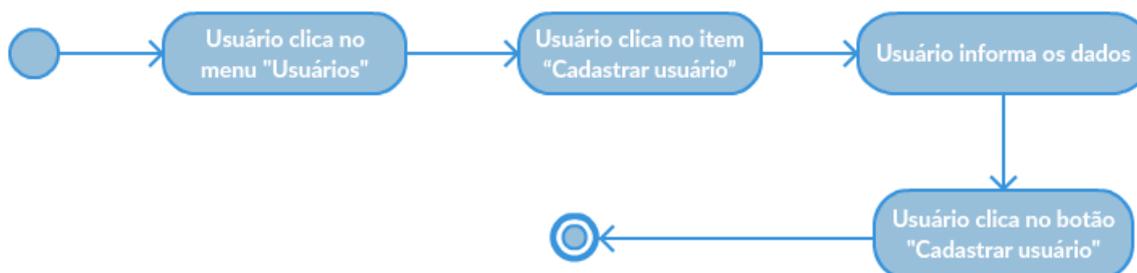
**Figura 5 – Diagrama de Atividades – UC03**  
**Fonte:** Elaboração própria



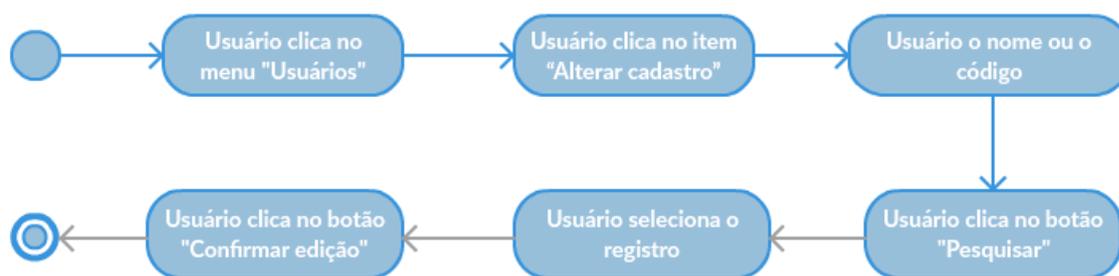
**Figura 6 – Diagrama de Atividades – UC04**  
**Fonte:** Elaboração própria



**Figura 7 – Diagrama de Atividades – UC05**  
**Fonte:** Elaboração própria



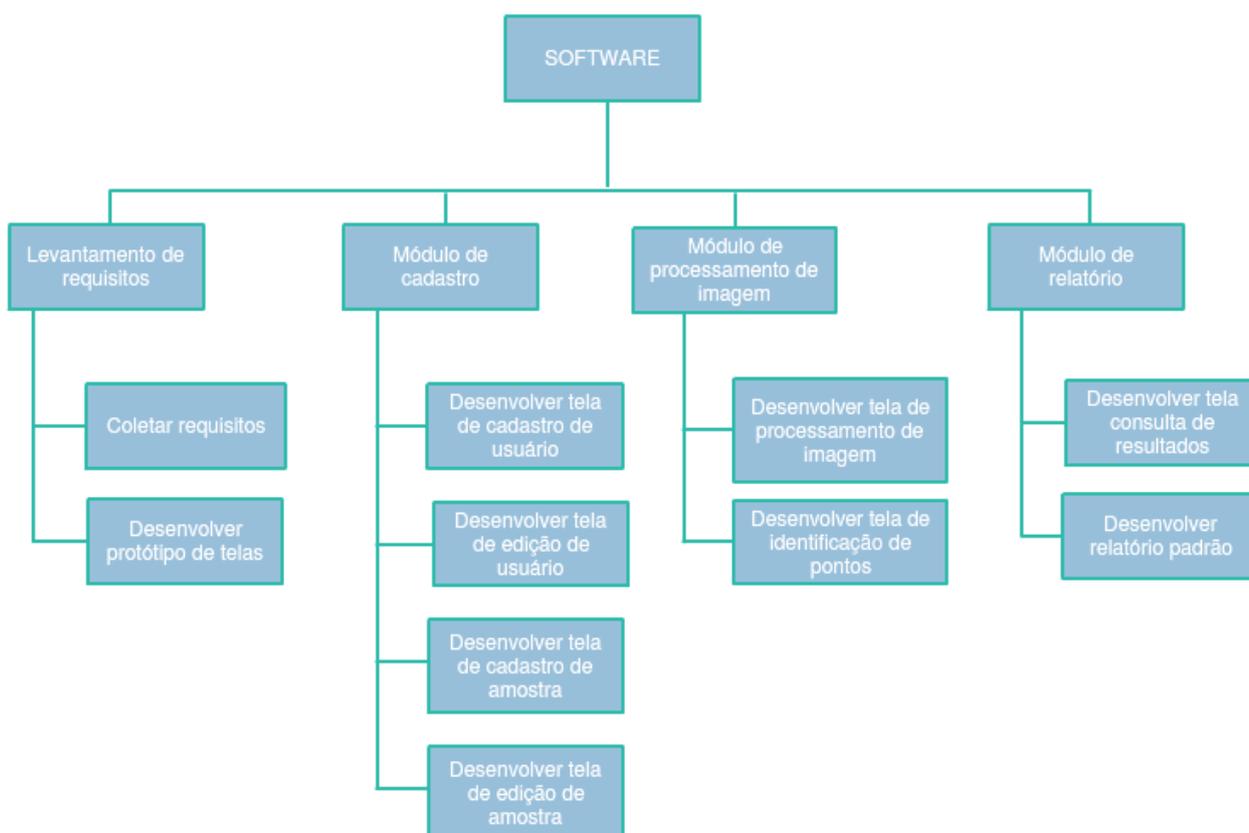
**Figura 8 – Diagrama de Atividades – UC06**  
**Fonte:** Elaboração própria



**Figura 9** – Diagrama de Atividades – UC07  
**Fonte:** Elaboração própria

### 3.4.5. Diagrama de EAP

A estrutura analítica do projeto de desenvolvimento do software pode ser verificada na Figura 12.



**Figura 10** – Estrutura Analítica do Projeto – EAP  
**Fonte:** Elaboração própria

## 4. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Neste capítulo são apresentados os conceitos relacionados ao processamento de imagens digitais e as técnicas empregadas pelo software desenvolvido.

### 4.1. CONCEITOS

#### 4.1.1. Imagem

Segundo Conci et al. (2008), a imagem pode ser definida como uma representação visual dos objetos e que pode ser adquirida por diversos meios, tais como fotos, filmes ou geradas a partir de pinturas, desenhos etc.

Ainda segundo Conci et al (2008), a imagem é constituída a partir da quantidade de luz que é refletida ou produzida pelo objeto que está sendo observado.

#### 4.1.2. Imagem digital

De acordo com Gonzalez (2000), o termo imagem está relacionado a uma função de intensidade luminosa bidimensional, dada por  $f(x,y)$ . Onde, a amplitude de  $f$  nos pontos  $(x,y)$  apresenta o brilho da imagem naquele ponto específico.

De acordo com Conci et al. (2008), a imagem digital consiste na representação de uma imagem em uma região discreta, que possui limites dados por um conjunto finito de valores inteiros. A imagem digital pode ser unidimensional, bidimensional ou tridimensional. Além disso, em relação ao conteúdo de seus pontos, a imagem pode ser binária, monocromática, multibanda ou colorida.

Gonzalez (2000) afirma que uma imagem digital pode ser entendida como uma matriz na qual os índices de linhas e colunas permitem identificar um ponto na imagem, e o valor do elemento identificado pelas coordenadas constitui-se na cor daquele ponto. Os elementos que compõem a matriz digital são chamados de “*elementos da imagem*” ou “*pixels*”.

O *pixel* é um elemento da imagem que possui uma localização espacial na imagem matricial dada pelas coordenadas  $(x,y)$ , e que possui um valor inteiro que expressa o tom ou a cor da imagem, conforme a intensidade.

### 4.1.3. Imagem digital binária e imagem digital colorida

Uma imagem digital binária caracteriza-se por apresentar pixels que podem assumir apenas dois valores, que representam dois níveis de cores, geralmente preto e branco.

De acordo com Conci et al (2008), quando a representação de uma imagem se dá pela composição das três bandas visíveis (RGB, Red – Vermelho, Green – Verde, Blue – Azul), cria-se uma imagem colorida.

Nas imagens coloridas, os pixels possuem três camadas, cada uma especificando a quantidade da respectiva cor (Vermelho, Verde e Azul).

Imagens coloridas de 24 bits possuem 3 canais de cores, contendo 8 bits cada um, o que permite ao pixel assumir valores que variam de 0 a 255. Assim, a partir da combinação desses canais/camadas, pelo padrão RGB, podem ser criadas aproximadamente 16 milhões de cores.

Pode-se afirmar que uma imagem colorida é composta por três matrizes de valores de pixels, que contém a quantidade de cada uma das cores do padrão RGB e, combinadas, geram uma determinada cor.

## 4.2. TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL

Um sistema de processamento de imagens digitais, na visão de Gonzalez (2000), engloba hardware, software e fundamentos teóricos, de modo que o objetivo é a produção de um resultado a partir do domínio do problema através do processamento de imagens.

No caso deste trabalho, o objetivo principal é a determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar por meio do cálculo do diâmetro alveolar médio. A seguir são apresentadas as principais técnicas de processamento de imagens digitais utilizadas nesta pesquisa para atingir o objetivo proposto.

#### 4.2.1. Thresholding – limiarização – binarização

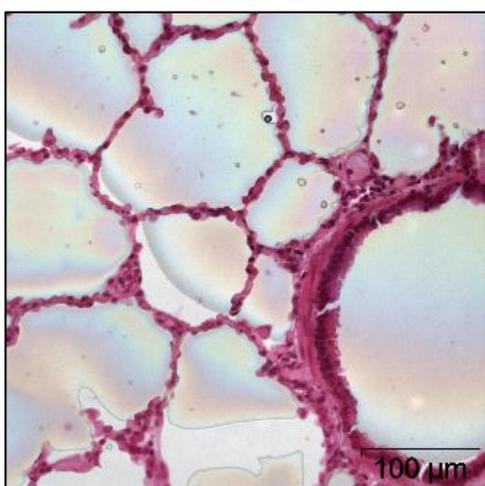
Uma das etapas do processamento de imagens digitais consiste na segmentação, cujo objetivo é dividir a imagem em partes ou objetos.

Segundo Conci et al (2008), as operações de segmentação buscam isolar as regiões de pixels que compõem os objetos na imagem.

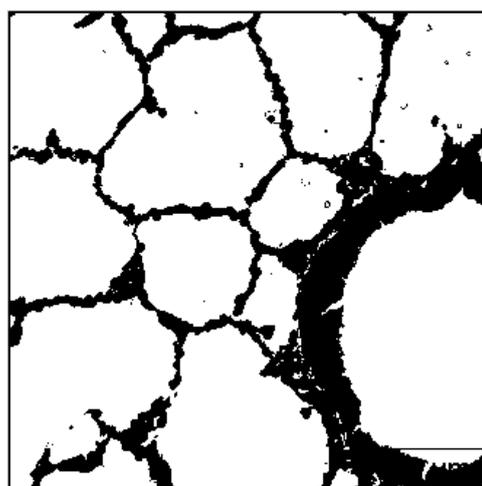
De acordo com o mesmo autor, uma das técnicas de segmentação mais simples é a limiarização, em que a separação é feita por meio do “tom de corte”. Tal técnica produz bons resultados quando a imagem possui o fundo e os objetos.

O funcionamento da técnica de limiarização baseia-se na comparação (testes) entre os valores dos pixels e o limiar estabelecido. Quando os valores dos pixels do objeto estão dentro do intervalo estabelecido e os valores dos pixels do fundo estão fora desse intervalo é possível criar uma imagem binária. Dessa forma, a operação de limiarização atribui o valor 1 (preto) para os pixels do objeto e o valor 0 (branco) para os pixels do fundo.

A figura 11 apresenta o exemplo de uma imagem colorida e a figura 12 apresenta o resultado do processo da operação de limiarização aplicado na figura 11.



**Figura 11** – Estrutura alveolar  
**Fonte:** STEPANIZER.COM



**Figura 12** – Imagem binária  
**Fonte:** Elaboração própria

#### 4.2.2. Erosão e Dilatação

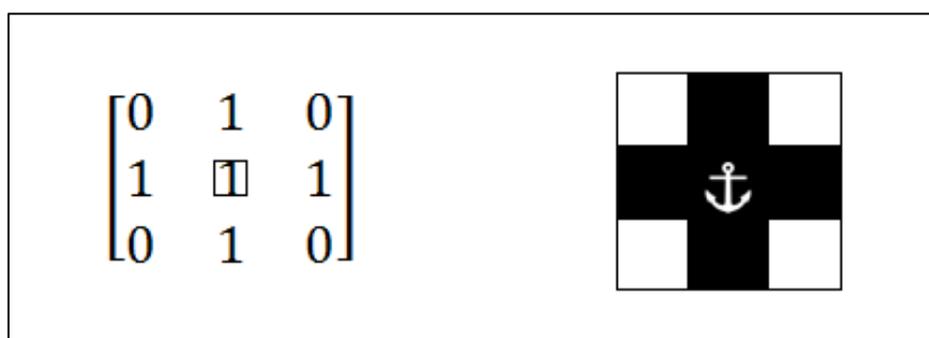
De acordo com Murarolli e Girotti (2015), operações que envolvem remoção de ruídos e detecção de contornos são possíveis no processamento de imagens a partir do uso de morfologia matemática, que se baseia em teoria dos conjuntos.

Os operadores morfológicos são aplicados utilizando uma imagem binária e o chamado "elemento estruturante" como operandos. A aplicação de um operador morfológico a uma imagem binária com o uso de um elemento estruturante resulta em uma imagem binária modificada.

O elemento estruturante é uma matriz, geralmente representada por um quadrado de 3x3 pixels com sua origem no pixel do centro (âncora).

A matriz do elemento estruturante é sobreposta sobre cada pixel da imagem original, de modo que o conjunto de pixels do elemento estruturante é comparado com o conjunto de pixels da imagem original que está sob o mesmo. Quando a condição definida pelo operador (erosão ou dilatação) é atendida, o pixel da imagem modificada, nas coordenadas do pixel central sobre a imagem original, receberá um valor pré-estabelecido, 0 ou 1, no caso de uma imagem binária.

A figura 13 apresenta a matriz de um elemento estruturante em formato de cruz e sua representação visual.



**Figura 13 – Elemento estruturante**  
**Fonte:** elaboração própria

Na operação de **erosão**, é feita uma varredura na imagem binária original com a matriz do elemento estruturante, de forma que quando todos os pixels (1) do elemento estruturante

têm correspondência com a região da imagem original, o valor do pixel central (âncora) será assumido pelo pixel da imagem modificada nas mesmas coordenadas.

Neste trabalho foi utilizada a função de erosão da biblioteca OPENCV, apresentada abaixo.

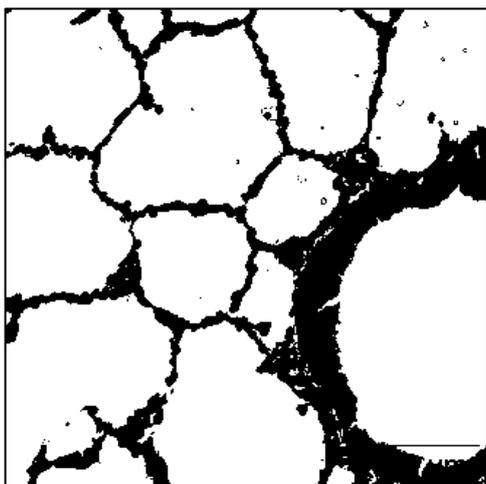
```
Imgproc.erode(matriz_original, matriz_destino, elemento_estruturante); // erosão
```

Já na operação de **dilatação**, é feita uma varredura na imagem binária original com a matriz do elemento estruturante, de forma que quando  pelo menos um  pixel (1) do elemento estruturante tem correspondência com a região da imagem original, o valor do pixel central (âncora) será assumido pelo pixel da imagem modificada nas mesmas coordenadas.

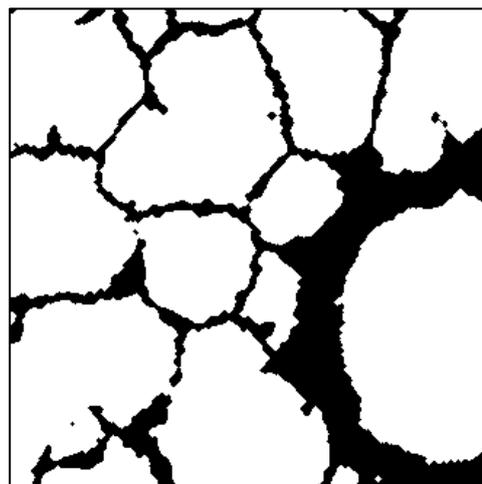
Neste trabalho foi utilizada a função de dilatação da biblioteca OPENCV, apresentada abaixo.

```
Imgproc.dilate(matriz_original, matriz_destino, elemento_estruturante); // dilatação
```

Abaixo é apresentada a imagem binária, figura 14, e a imagem binária modificada, figura 15, após a aplicação conjunta do processo de erosão e dilatação. Percebe-se que a imagem binária modificada está livre de ruídos e mantém suas características.



**Figura 14** – Imagem binária  
**Fonte:** elaboração própria



**Figura 15** – Imagem binária modificada  
**Fonte:** elaboração própria

### 4.2.3. Detecção de bordas

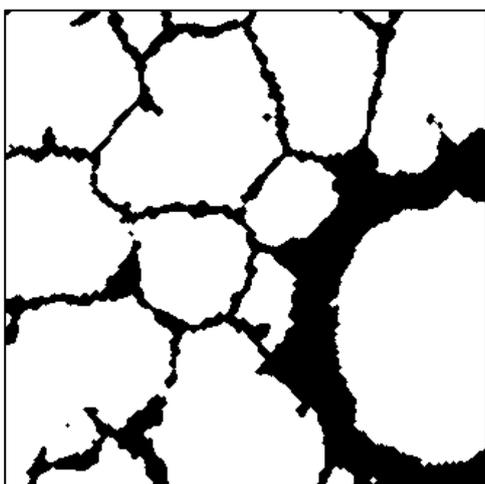
Um dos métodos mais simples de segmentação de imagens é a detecção de contornos ou bordas.

Conforme explica Conci et al (2008), um objeto pode ser definido como o interior de uma região com contorno. A distinção entre regiões e objetos é feita por meio da detecção de bordas, onde se procura criar uma região que tem seus limites definidos.

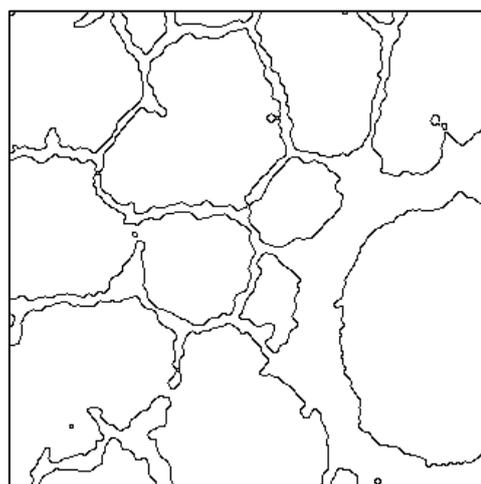
As bordas podem ser entendidas como as regiões de uma imagem que se caracterizam pela mudança evidente de iluminação ou tonalidade entre duas regiões. O contorno pode ser definido como uma linha contínua fechada composta pela união das bordas de um determinado objeto.

O objetivo da detecção de bordas é identificar discontinuidades na imagem, sendo fundamentais para reconhecer objetos. Existem vários métodos para detecção de bordas, tais como Sobel, Prewitt e Canny.

A figura 17 ilustra a detecção de bordas utilizando o método de Canny, aplicado à figura 16.



**Figura 16** – Imagem binária  
**Fonte:** elaboração própria



**Figura 17** – Bordas da imagem  
**Fonte:** elaboração própria

## 5. PROCESSO DE ANÁLISE DAS ESTRUTURAS ALVEOLARES

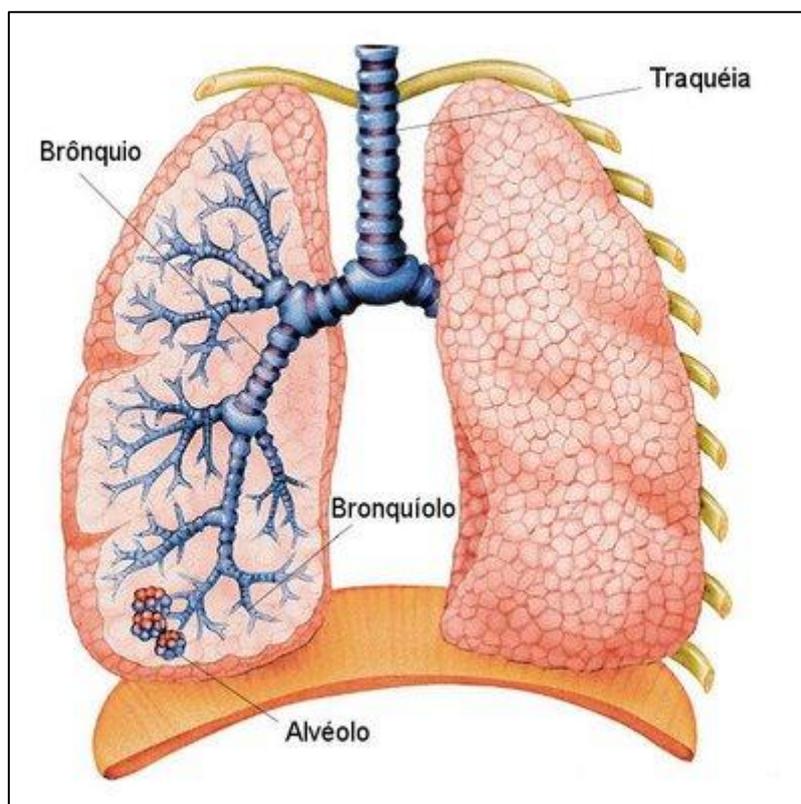
Neste capítulo é apresentada a caracterização do enfisema pulmonar, bem como a técnica utilizada para estimar o diâmetro alveolar médio.

### 5.1. ENFISEMA PULMONAR E MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO

#### 5.1.1. Caracterização do enfisema pulmonar

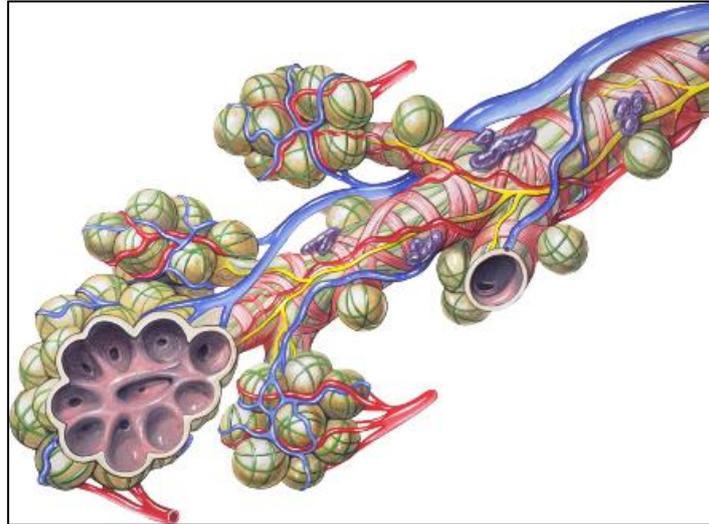
De acordo com Ribeiro Paes (2016), a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) constitui-se como um grave problema de saúde pública. O enfisema pulmonar, dentro do espectro da DPOC, caracteriza-se pela obstrução do fluxo aéreo, que resulta da destruição das estruturas alveolares e o alargamento (dilatação) dos espaços aéreos distais ao bronquíolo terminal, sem a evidência de fibrose. O tabagismo é responsável por cerca de 80% a 90% das causas da DPOC.

A figura 18 apresenta a estrutura do sistema respiratório humano.



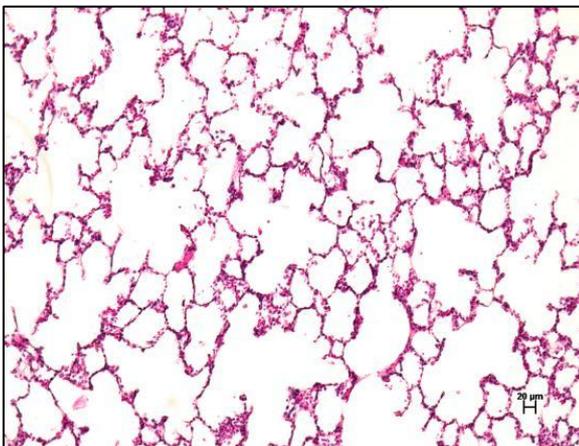
**Figura 18** – Sistema respiratório  
Fonte: PNEUMO.COM.BR

A figura 19 apresenta uma visão detalhada do saco alveolar e os alvéolos pulmonares.

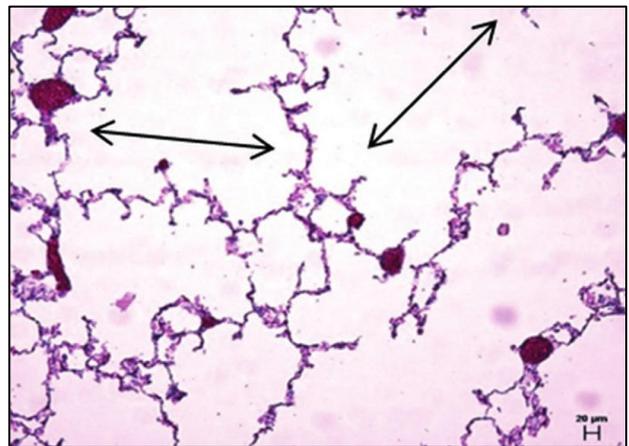


**Figura 19 – Alvéolo pulmonar**  
**Fonte: ENFISEMA.NET**

Logo abaixo são apresentadas fotomicrografias que mostram as diferenças entre o tecido pulmonar normal (esquerda) e o tecido pulmonar com enfisema (direita). Conforme a explicação de Kozma (2016), os animais expostos ao ar ambiente possuem uma estrutura alveolar como a figura 20, já os animais expostos à fumaça de cigarro pelo mesmo período (30 semanas), apresentaram um aumento dos espaços no tecido como na figura 21 (indicado por setas), o que indica o enfisema pulmonar.



**Figura 20 – Tecido normal**  
**Fonte: Kozma (2016)**

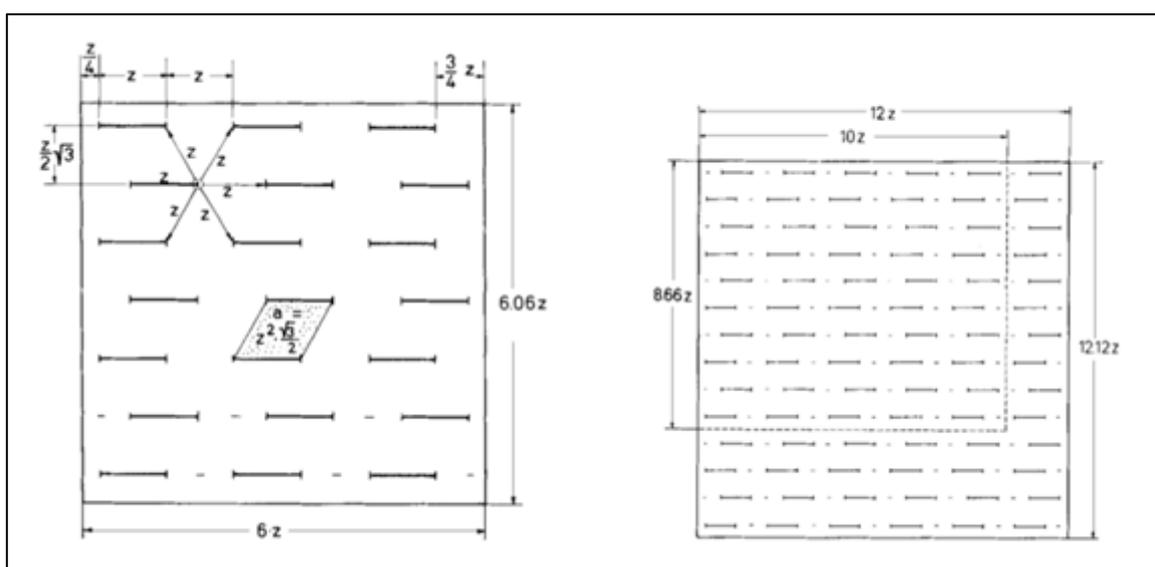


**Figura 21 – Tecido com enfisema**  
**Fonte: Kozma (2016)**

### 5.1.2. Retículo de Weibel e cálculo do Intercepto Linear Médio

A análise de morfometria dos alvéolos é feita a partir da utilização de um retículo que é sobreposto à imagem que se quer analisar. Os alvéolos pulmonares possuem 3 dimensões, o que dificulta sua mensuração. No entanto, o retículo proposto por Weibel (1966) permite que a estrutura do alvéolo possa ser mensurada a partir de uma imagem de duas dimensões.

O retículo de Weibel (1966) é composto por uma série de linhas distribuídas regularmente. Geralmente utiliza-se o retículo contendo 50 linhas para fazer a análise de morfometria. As especificações técnicas do retículo podem ser visualizadas na figura 22.



**Figura 22** – Especificações do retículo de Weibel  
**Fonte:** Weibel (1966)

A determinação do nível de gravidade do enfisema pulmonar se dá através do cálculo do Intercepto Linear Médio (LM), que permite calcular o diâmetro alveolar médio, conforme explica Kozma (2016).

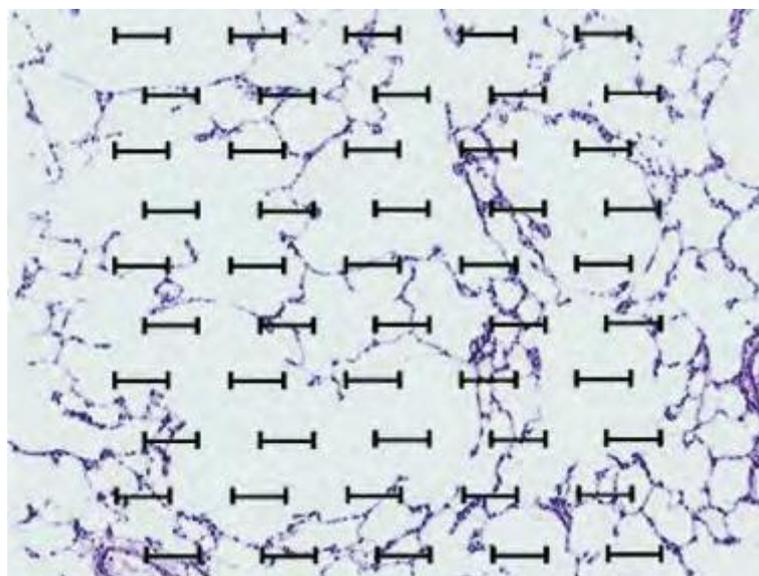
O cálculo do LM é feito a partir do processo de contagens de pontos, utilizando o retículo de Weibel. No processo de contagem de pontos, é contado o número de vezes que as linhas do retículo cruzam as paredes do alvéolo.

A partir da contagem de pontos, pode-se calcular o LM através da seguinte fórmula:

$$LM = \frac{L_{tot}}{NI}$$

Onde, NI é a quantidade de vezes que as linhas do retículo cruzaram as paredes dos alvéolos e  $L_{Tot}$  é a somatória do comprimento de cada uma das linhas do retículo.

Um exemplo da análise morfométrica de uma amostra da estrutura alveolar utilizando o retículo de Weibel é apresentada na figura 23.



**Figura 23** – Retículo de Weibel sobre tecido pulmonar de camundongo  
**Fonte:** Faria (2011)

Considerando a fórmula do cálculo do intercepto Linear Médio é possível afirmar que quanto maior o índice de LM, maior a degradação do tecido, ou seja, mais grave é o enfisema. Pelo fato da quantidade de vezes que as linhas cruzaram as paredes dos alvéolos ser o denominador da equação, verifica-se que quanto maior o número, menor será o LM, o que indica a presença de mais paredes alveolares

O próximo capítulo apresenta as etapas de um sistema proposto para fazer a análise morfométrica alveolar utilizando as técnicas de processamento de imagem descritas no capítulo anterior em conjunto com a técnica de cálculo do Intercepto Linear Médio.

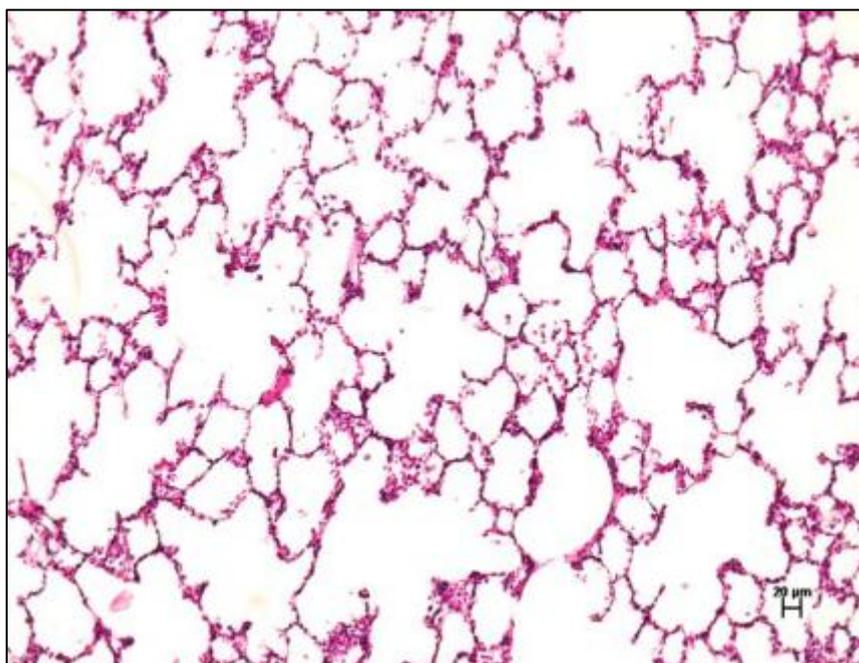
## 6. SISTEMA PARA ANÁLISE MORFOMÉTRICA ALVEOLAR

Neste capítulo são apresentadas as etapas do sistema desenvolvido para efetuar a análise morfométrica alveolar, através do cálculo do Intercepto Linear Médio (LM) que permite determinar o nível de gravidade do enfisema pulmonar.

### 6.1.1. 1ª etapa: redimensionamento da imagem original

Esta etapa consiste em redimensionar a imagem original para que a mesma possa ser analisada posteriormente. Essa adequação é necessária devido à parametrização do retículo de Weibel (1966). A padronização efetuada está relacionada à altura da imagem, que deve ser de 330 pixels. Após o redimensionamento, a imagem é armazenada no banco de dados.

A figura 24 apresenta a imagem, já redimensionada, da amostra de tecido pulmonar de um camundongo que ficou exposto ao ar ambiente, conforme o trabalho de Kozma (2016).



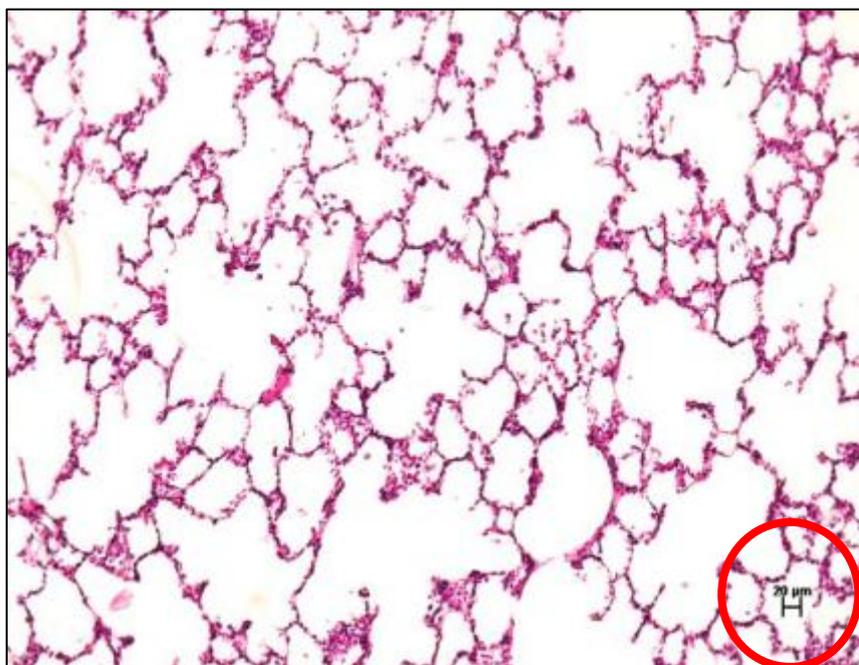
**Figura 24 – Tecido Pulmonar**  
**Fonte: Kozma (2016)**

### 6.1.2. 2ª etapa: determinação da escala

Nesta etapa é efetuada a atribuição de unidade de medida física de cada linha do retículo de acordo com a escala apresentada na imagem. Para isso, foi implementada uma função que permite ampliar a imagem original no local onde está a escala.

Após ampliar a imagem o usuário, utilizando o cursor do mouse, informa o início e o fim da escala, o que permite determinar a quantidade de pixels através da diferença entre as coordenadas X de cada um dos pontos.. Em seguida, o usuário deve atribuir o valor da medida física para a quantidade de pixels através de um campo de texto.

A figura 25 indica a localização da escala de medida física. Nessa imagem, 7 pixels correspondem à 20 micrômetros.



**Figura 25** – Escala da imagem  
**Fonte:** Kozma (2016)

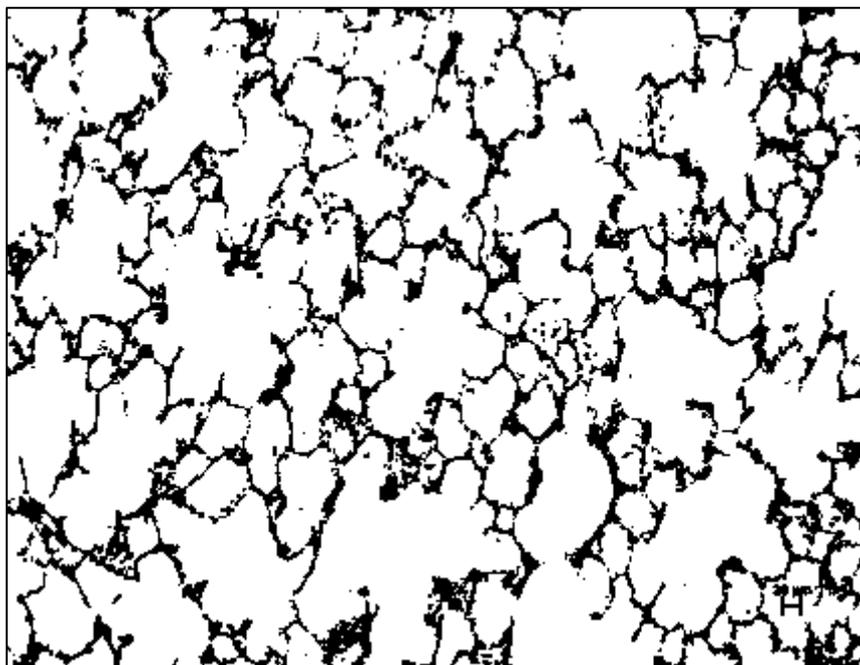
### 6.1.3. 3ª etapa: binarização da imagem

Nesse ponto será efetuada a binarização da imagem utilizando a técnica de *thresholding* vista anteriormente.

Neste trabalho foi utilizada a função de limiarização da biblioteca OPENCV, apresentada abaixo.

`Imgproc.threshold(matriz_origem, matriz_destino, 0, 255,Imgproc.THRESH_OTSU);`

Após o processo de limiarização a imagem torna-se binária, como pode ser visto na figura 26.



**Figura 26** – Limiarização da figura 24  
Fonte: Elaboração própria

Dada à baixa qualidade da imagem original, verifica-se que a imagem binária resultante é “frágil”. Dessa forma, não será utilizada a aplicação do processo de erosão e dilatação. No caso de imagem mais consistente, esta etapa é recomendada, visto que a mesma possui papel de grande relevância em relação à remoção de ruídos e definição das estruturas dos objetos da imagem.

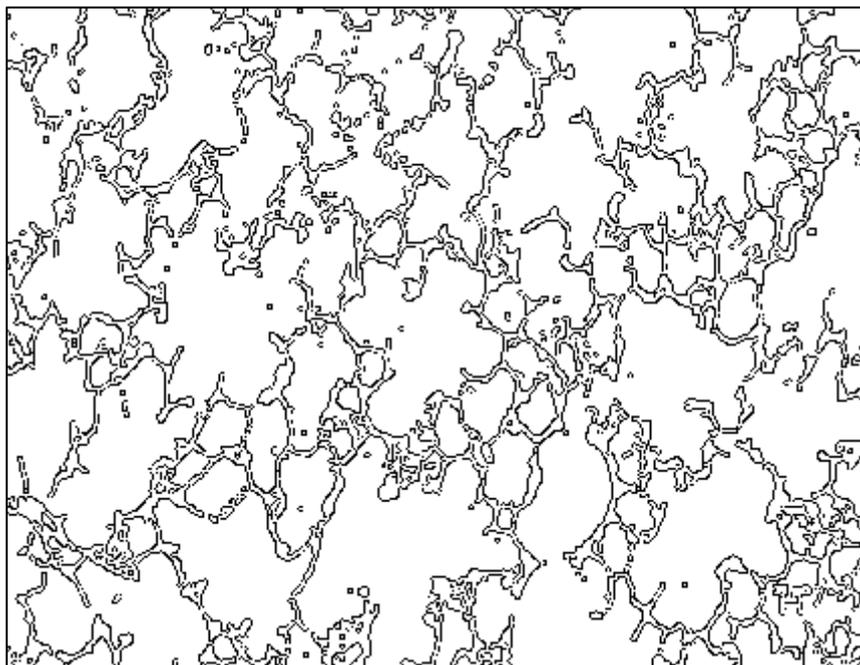
#### **6.1.4. 3ª etapa: detecção de bordas**

Após a binarização da imagem e eventualmente erosão e dilatação, efetua-se a detecção das bordas.

Neste trabalho foi utilizado o método de Canny, através da biblioteca OPENCV, utilizando-se a seguinte função:

**Imgproc.Canny(matriz\_origem, matriz\_destino, 10, 100, 3, true); //detecta as bordas**

A figura 27 apresenta o resultado da detecção de bordas efetuada a partir da imagem binária resultante do processo anterior.



**Figura 27** – Detecção de bordas da imagem 26

**Fonte:** Elaboração própria

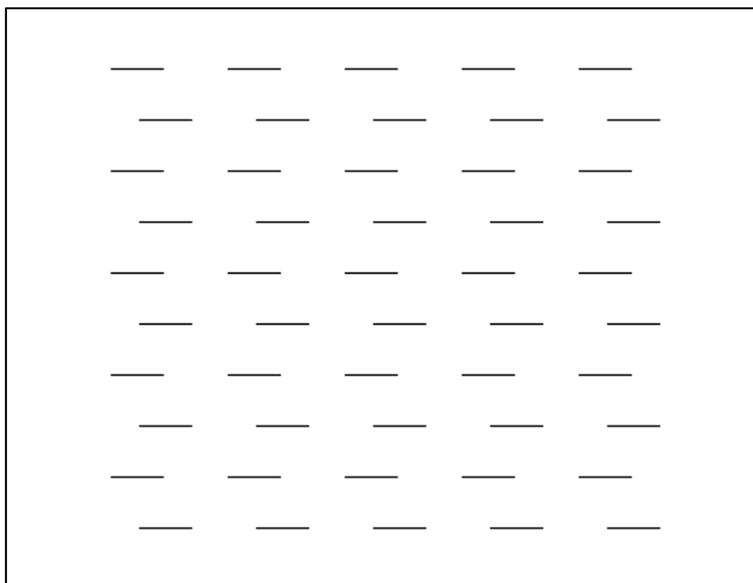
#### **6.1.5. 4ª etapa: criação do retículo de Weibel para análise**

Neste momento é efetuada a criação do retículo de Weibel que será utilizado no processo de análise morfométrica.

O retículo é produzido observando-se as especificações propostas por Weibel (1966) e as dimensões da imagem que será analisada. Esse processo resultará em uma matriz que será utilizada na última etapa, para calcular o Intercepto Linear Médio.

A medida de cada uma das linhas do retículo foi estabelecida em 32 pixels.

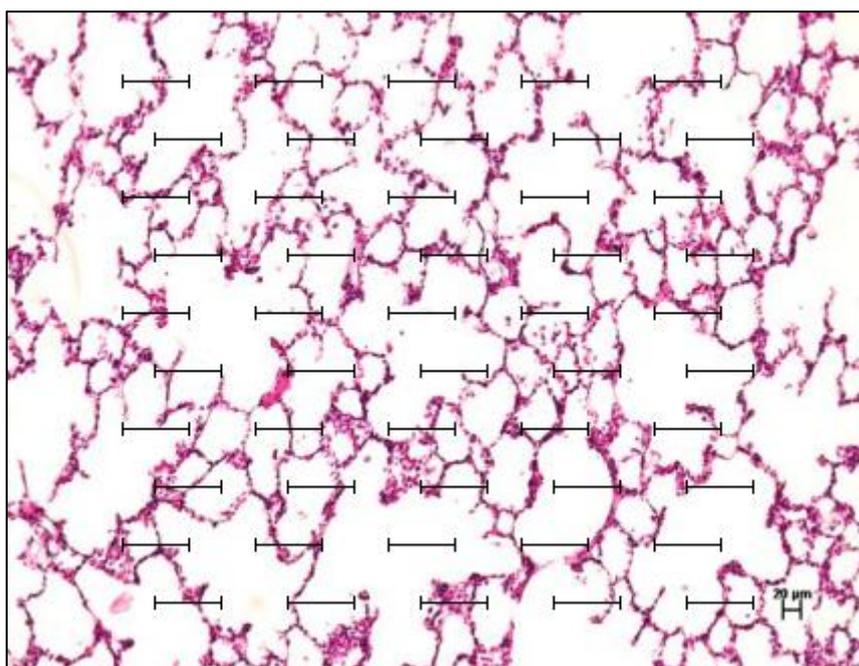
A figura 28 apresenta a matriz do retículo de Weibel.



**Figura 28** – Retículo de Weibel feito a partir da imagem original  
**Fonte:** Elaboração própria

#### 6.1.6. 5ª etapa: união do retículo à imagem original

Após a criação do retículo, efetua-se a união da imagem original com o retículo criado. A figura 29 apresenta a imagem com o retículo sobreposto.



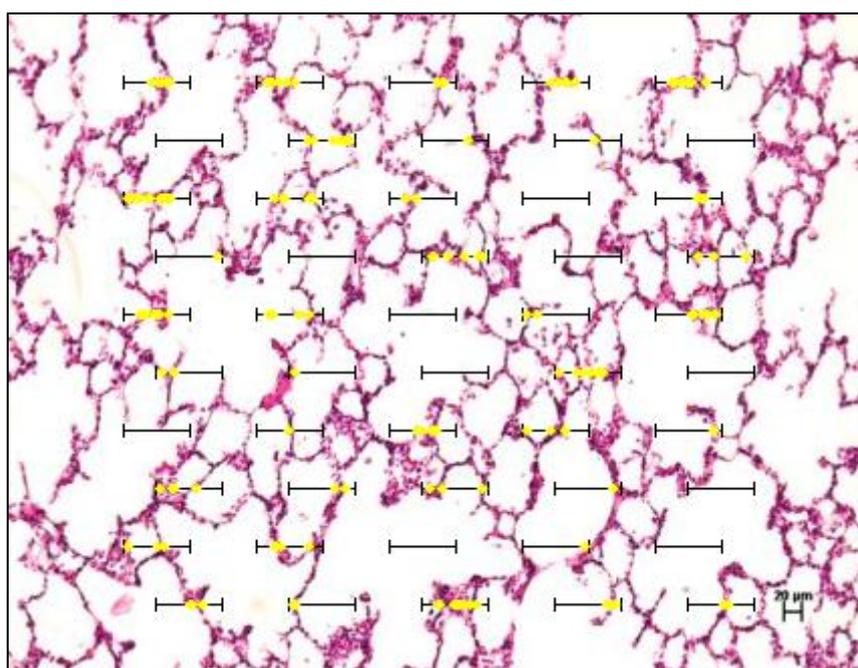
**Figura 29** – Imagem original com o retículo de Weibel sobreposto  
**Fonte:** Elaboração própria

### 6.1.7. 6ª etapa: comparação do retículo com a imagem de bordas

Neste momento, efetua-se a comparação entre o retículo e a imagem contendo as bordas. A imagem de bordas e a imagem do retículo são carregadas como matrizes.

Dessa forma, aplica-se um algoritmo simples de comparação de matrizes, onde se busca a correspondência de pixels entre as duas matrizes. Quando há a correspondência de pixels, efetua-se a alteração do pixel nas coordenadas (x,y) para a cor amarela. Além disso, é efetuado o incremento do contador NI, que determinará a quantidade de vezes que as linhas do retículo cruzaram as bordas das paredes alveolares.

A figura 30 apresenta a imagem final com o retículo sobreposto e pontos onde as linhas do retículo cruzaram as bordas da estrutura alveolar.



**Figura 30** – Detecção dos pontos correspondentes ao retículo  
Fonte: Elaboração própria

### 6.1.8. 7ª etapa: cálculo do Intercepto Linear Médio

Nesta última etapa é efetuado o cálculo do Intercepto Linear Médio (LM) com base na quantidade de pontos obtida na etapa anterior. Para o cálculo é necessário que a

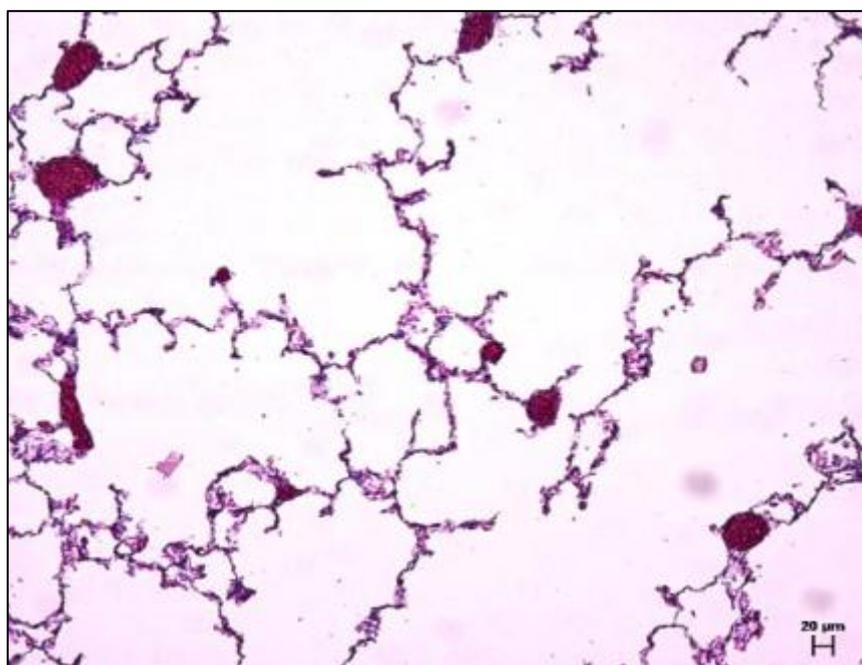
quantidade de pontos (NI) obtida seja dividida por 2, visto que a parede alveolar é composta por duas bordas. Além disso, é preciso efetuar o cálculo de  $L_{tot}$ , que é a somatória da medida de cada uma das linhas do retículo utilizando a unidade de medida física estabelecida na segunda etapa.

Na imagem utilizada nesse exemplo, a quantidade de pontos (NI) obtida foi 152. Dividindo-se a quantidade de NI por 2, tem-se 76. A escala obtida na etapa 2 foi de 7pixels/20micrômetros. Como as linhas do retículo possuem 32 pixels cada, verifica-se que a medida de cada uma delas é de 91,43 micrômetros ( $(32 * 20) / 7$ ).

Como o retículo possui 50 linhas, tem-se que o valor de  $L_{tot}$  é 4.571,50 micrômetros.

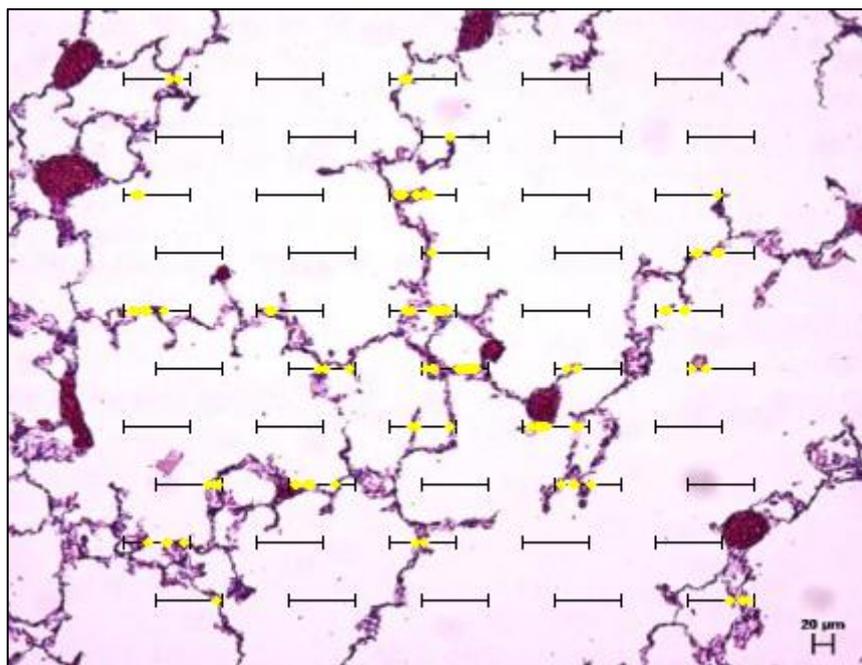
Dessa maneira, observando-se a fórmula do LM, **calcula-se o LM em 60,15 micrômetros.**

A título de comparação, efetuou-se o mesmo processo para outra amostra de tecido pulmonar de um camundongo submetido à fumaça de cigarro por 30 semanas, conforme o trabalho de Kozma (2016). A imagem original é apresentada na figura 31.



**Figura 31** – Tecido pulmonar com enfisema  
**Fonte:** Kozma (2016)

Na figura 32 é apresentada a imagem final após a aplicação de todas as etapas. Verificou-se um NI de 103 pontos, dividindo-se por 2, tem-se NI = 51.



**Figura 32 - Detecção dos pontos correspondentes ao retículo**  
**Fonte: Elaboração própria**

Como a imagem possui as mesmas dimensões e escala da imagem anterior, pode-se aplicar o mesmo processo de cálculo do LM anterior utilizando o mesmo  $L_{tot}$  de 4.571,50 micrômetros. Sendo assim, o **LM foi calculado em 89,64 micrômetros.**

O resultado desta última imagem deixa evidente que o tecido da amostra possui enfisema, comparando-se o LM das duas amostras.

## 7. CONCLUSÃO

Depreende-se que este estudo pôde atingir o seu objetivo previamente proposto, ao elaborar um sistema capaz de determinar a gravidade do enfisema pulmonar por meio do cálculo do Intercepto Linear Médio, utilizando-se a técnica de contagem de pontos no retículo de Weibel, através do processamento de imagens digitais.

Apurou-se, através do comparativo entre duas amostras submetidas ao sistema, que o cálculo do Intercepto Linear Médio, por meio de técnicas de processamento de imagens digitais apresenta resultados satisfatórios, visto que os pontos detectados na imagem correspondem aos cruzamentos entre as paredes alveolares e as linhas do retículo de Weibel.

Pode-se afirmar que a utilização desse sistema pode ser de grande importância para o processo de pesquisa envolvendo a análise de estruturas alveolares, pois o mesmo proporciona agilidade no cálculo do Intercepto Linear Médio, aumentando a produtividade, além de proporcionar imparcialidade no processo de contagem de pontos.

Em relação às limitações desse estudo, destaca-se a necessidade de validação dos resultados de LM aqui apresentados, pois foram utilizadas apenas duas amostras. Sendo assim, a análise de mais amostras se faz necessário para se determinar estatisticamente a viabilidade do uso deste sistema.

Nem todos os casos de uso propostos puderam ser implementados devido à falta de tempo hábil, mas pretende-se implementá-los, bem como efetuar melhorias nos mesmos.

Recomenda-se que em futuros estudos envolvendo técnicas de processamento de imagens digitais, sejam valorizadas as operações de Morfologia Matemática, visto que o emprego das mesmas pode ser determinante no sucesso da análise de uma imagem.

Espera-se que este estudo possa contribuir no âmbito da Tecnologia da Informação ao apresentar as possibilidades de desenvolvimento por meio das técnicas aqui apresentadas.

## REFERÊNCIAS

BERTHOLDO, Flávio Augusto Rocha. **Técnicas de limiarização para melhorar a qualidade visual de documentos históricos.** Disponível em:

< <https://www.dcc.ufmg.br/pos/cursos/defesas/868M.PDF> > Acesso em: 19 de Fev. 2016

BRASIL. Ministério da Saúde. **Cadernos de atenção básica: doenças respiratórias crônicas.** Brasília, 2010.

BRASIL, Diário oficial do Estado de São Paulo. **Unesp usa células-tronco adultas para tratamento experimental de pulmão.** Disponível em:

<[http://www.imprensaoficial.com.br/PortallO/DO/BuscaDO2001Documento\\_11\\_4.aspx?link=/2009/executivo%2520secao%2520ii/marco/31/pagnet\\_0001\\_6R2AP2CUC87EPeCO96QHLLG2JQN2.pdf&pagina=1&data=31/03/2009&caderno=Executivo%20II&paginaordenacao=1](http://www.imprensaoficial.com.br/PortallO/DO/BuscaDO2001Documento_11_4.aspx?link=/2009/executivo%2520secao%2520ii/marco/31/pagnet_0001_6R2AP2CUC87EPeCO96QHLLG2JQN2.pdf&pagina=1&data=31/03/2009&caderno=Executivo%20II&paginaordenacao=1)>. Acesso em: 11/11/2015

CIERCO, Agliberto et al. **Gestão de projetos.** - 1. ed. - Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.

CONCI, Aura et al. **Computação gráfica [v.2]** / Aura Conci, Eduardo Azevedo, Fabiana R. Leta. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2008 – 2ª reimpressão

FARIA, Carolina de Arruda. **Terapêutica experimental com células mononucleares da medula óssea em modelo animal de enfisema pulmonar.** Disponível em: < [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-30052012-082259/publico/CarolinaArrudaFaria\\_Mestrado.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-30052012-082259/publico/CarolinaArrudaFaria_Mestrado.pdf) > Acesso em: 18 de Jan. 2016.

GONZALEZ, Rafael C. **Processamento de imagens digitais** / Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods; tradução Roberto Marcondes Cesar Junior, Luciano Fontoura Costa – São Paulo: Blucher, 2000.

KOZMA, Rodrigo de Las Heras. **Modelo experimental de indução de enfisema pulmonar por exposição à fumaça de cigarro.** Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-26112012-092054/publico/RodrigoLasHerasKozma\\_Mestrado\\_Corrigida.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/87/87131/tde-26112012-092054/publico/RodrigoLasHerasKozma_Mestrado_Corrigida.pdf)>

Acesso em: 25 de Abr. 2016

MURAROLLI, Priscila Ligabó; GIROTTI, Marcio Tadeu. **Inovações tecnológicas nas perspectivas computacionais**. São Paulo: Biblioteca24Horas, 2015.

RIBEIRO-PAES, João Tadeu et al. **Terapia celular em doenças pulmonares: existem perspectivas?**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbhh/v31s1/aop3409.pdf>> Acesso em: 06 de Mai. 2016

RUFINO, Rogério; COSTA, Cláudia Henrique da; **Patogenia da doença pulmonar obstrutiva crônica**. Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto - Abr/Jun 2013.

Disponível em: <[http://revista.hupe.uerj.br/detalhe\\_artigo.asp?id=390](http://revista.hupe.uerj.br/detalhe_artigo.asp?id=390)> Acesso em: 06 de Mai. 2016

SITE. CREATELY.COM. **Ferramenta de desenvolvimento de diagramas de casos de uso**. Disponível em < <http://www.creately.com/app> >

SITE. ENFISEMA.NET. **Alvéolo pulmonar**. Disponível em < <http://enfisema.net/files/img/alveolo.jpg> > Acesso em 23 de Jun de 2016

SITE. JAVA.COM **Linguagem de programação Java**. Disponível em: < <https://www.java.com>>

SITE. JAVASCRIPT.COM **Linguagem de programação Javascript**. Disponível em: < <https://www.javascript.com/>>

SITE. MYSQL.COM **Banco de dados MySQL**. Disponível em: < <https://www.mysql.com>>

SITE. MYSQL.COM **Modelagem de banco de dados MySQL**. Disponível em: < <https://www.mysql.com/products/workbench>>

SITE. NETBEANS.ORG **IDE para desenvolvimento - Netbeans**. Disponível em: < <https://netbeans.org>>

SITE. OPENCV.ORG **Biblioteca de computação visual - OPENCV**. Disponível em: < [opencv.org/](http://opencv.org/)>

SITE. PHP.NET **Linguagem de programação PHP**. Disponível em: < <https://php.net/>>

SITE. PNEUMO.COM.BR. **Câncer de pulmão**. Disponível em <<http://www.pneumo.com.br/pneumonia.shtml> > Acesso em: 23 de Jun de 2016

SITE. STEPANIZER.COM. **Alvéolo pulmonar**. Disponível em: < [www.stepanizer.com/wp/](http://www.stepanizer.com/wp/) > Acesso em 06 de Jan. 2016

WEIBEL, Ewald R. et al. **Practical Stereological Methods for Morphometric Cytology.** The Journal of Cell Biology, 1966. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2106982/pdf/23.pdf> > Acesso em: 05 de Jan 2016.

WEIBEL, Ewald R. **A retrospective of lung morphometry: from 1963 to present.** Disponível em: <<http://ajplung.physiology.org/content/ajplung/305/6/L405.full.pdf>> Acesso em: 08 de Abr. 2016