

Busca de imagens baseada no conteúdo: Aplicação em imagens médicas

Rafael Gessele

Orientador: Prof. Dr. Mauro Marcelo Mattos

Sumário

- ▶ **Introdução**
- ▶ **Objetivos do trabalho**
- ▶ **Fundamentação teórica**
- ▶ **Desenvolvimento do trabalho**
- ▶ **Resultados**
- ▶ **Conclusão**

Introdução

- ▶ Necessidade de um diagnóstico preciso.
- ▶ Grande volume de imagens geradas.
- ▶ Imagens DICOM.
- ▶ Busca por imagens similares.
- ▶ *Content-Based Image Retrieval (CBIR).*

Objetivos do trabalho

- ▶ Extração de características de imagens.
- ▶ Construção de vetores de características.
- ▶ Implementar busca por similaridade.

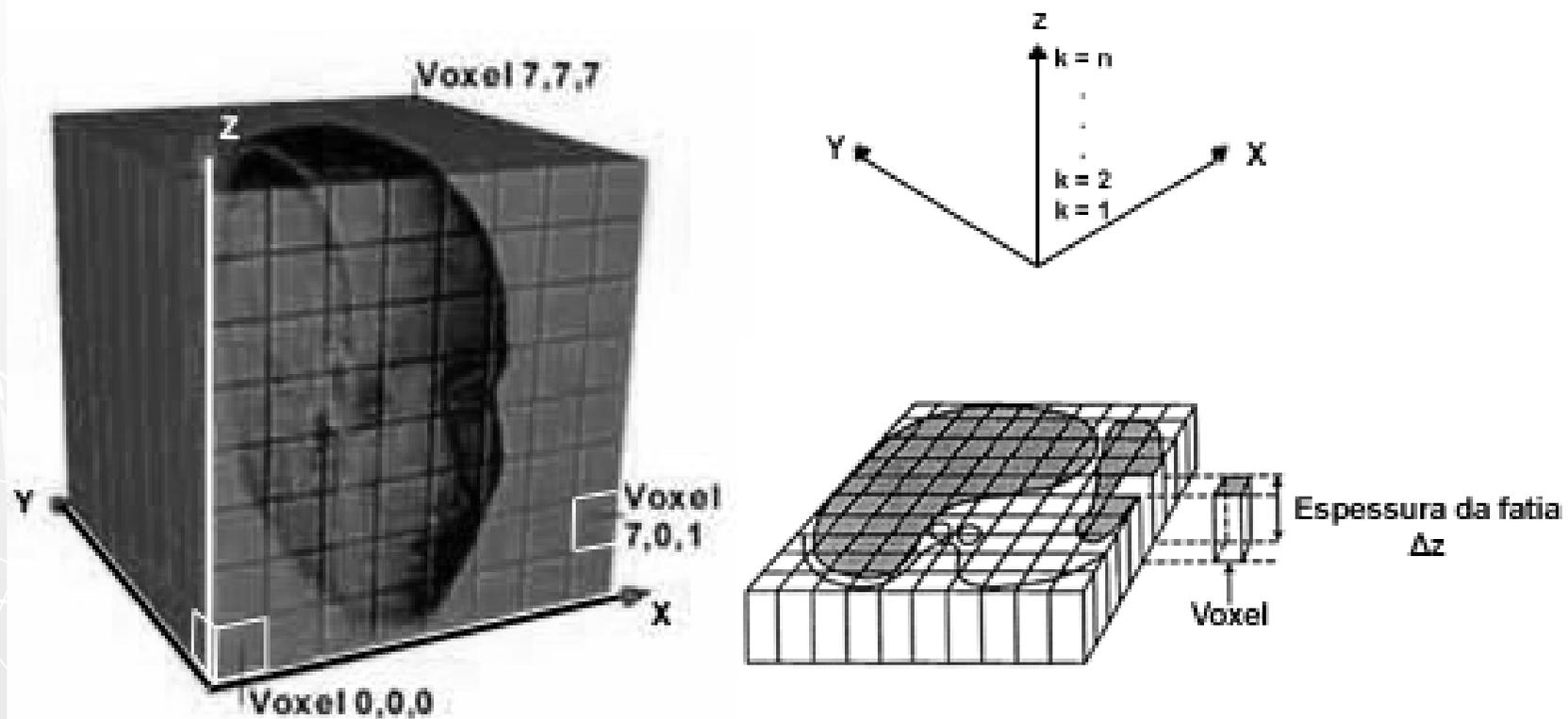
Fundamentação teórica

- ▶ Aquisição de imagens médicas.
- ▶ Imagens formato DICOM.
- ▶ Processamento de imagens.
- ▶ Ferramentas de processamento de imagens.
- ▶ *Wavelets.*
- ▶ Extração de características.

Aquisição de imagens médicas

- ▶ Técnicas de aquisição.
 - Invasivas.
 - Não invasivas.
- ▶ Base de tomografia computadorizada.
- ▶ Semelhante ao Raios X. (sem filme fotossensível)
- ▶ Unidades de Hounsfield (UH).
 - Ar -800 UH ou -1000 UH. Preto – Menor densidade
 - Ossos 400 UH ou 500 UH. Branco – Maior densidade.
- ▶ Obtenção de slices.
- ▶ Região de interesse (cortes próximos).

Aquisição de imagens médicas



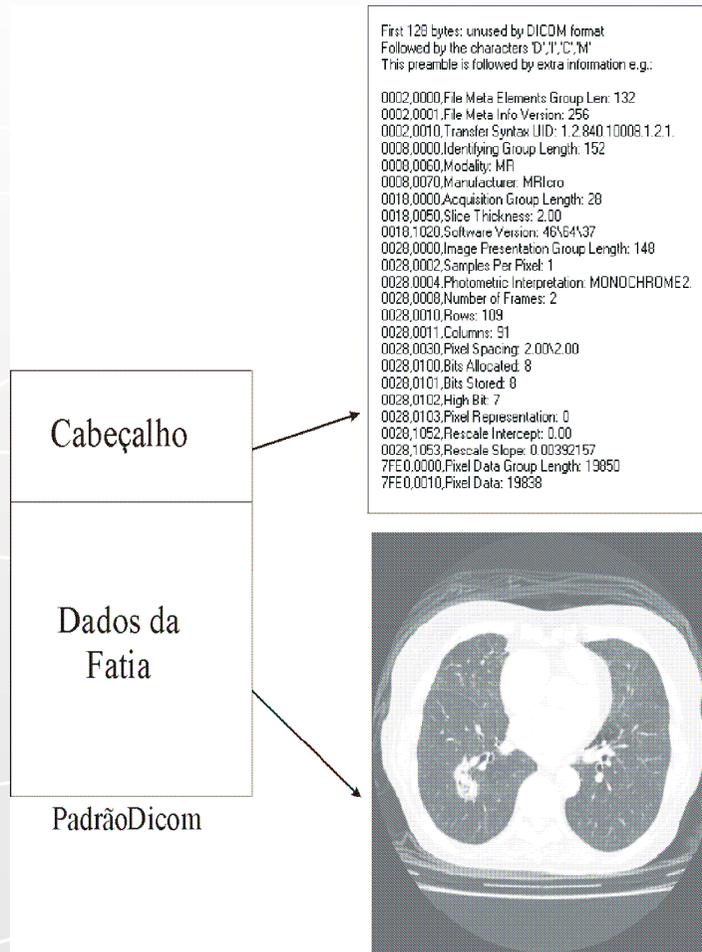
Imagens DICOM

- ▶ Formato mais comum de imagens médicas.
- ▶ Padrão definido pela ACR-NEMA. (American College of Radiology – National Electrical Manufacturers Association)
- ▶ Especificação
 - Dividida em 13 partes.
 - Interface de comunicação entre equipamentos de imagem médica.
 - Dicionário de elementos de dados para visualização de imagens.
- ▶ *Digital Imaging and Communications in Medicine*

Imagem DICOM

- ▶ Trocar informação juntamente com imagens.
- ▶ Escala de cinza com grande variação de valores.
- ▶ Valores representam estruturas do corpo.
- ▶ Escala confiável.
- ▶ Não perdem definição.

Imagens DICOM



Processamento de imagens

- ▶ Área em constante evolução.
- ▶ Aplicação de algoritmos na imagem.
- ▶ Ajuste, normalização, realce, restauração.
- ▶ Técnica auxiliar a extração de características.

Processamento de imagens

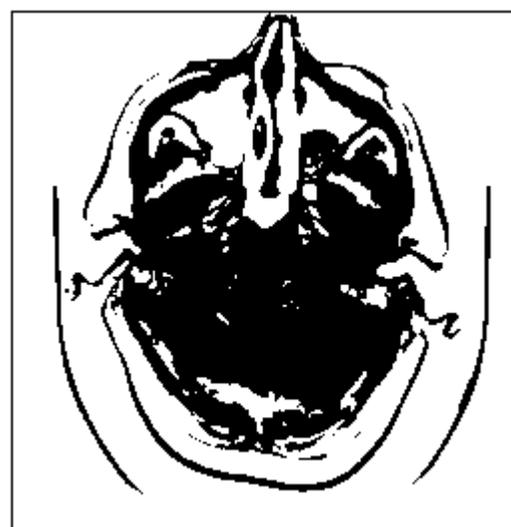
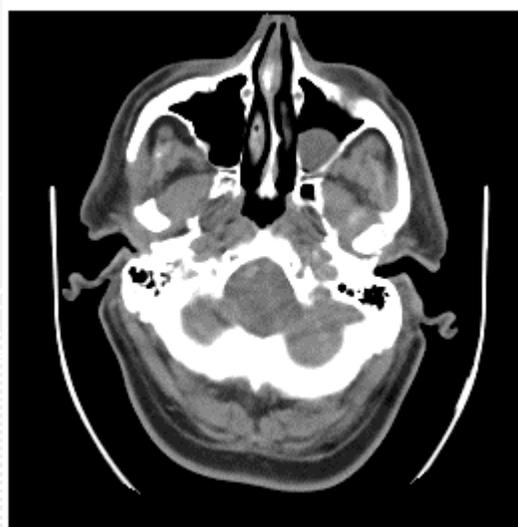
▶ *Threshold.*

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{se } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{se } f(x,y) < T \end{cases}$$

- ▶ Geração de máscara (binarização).
- ▶ Antecede a extração de características.
- ▶ Proporciona uma normalização do grupo de imagens.

Processamento de imagens

▶ Aplicação de threshold



Ferramentas de processamento de imagens

- ▶ Manipulação de imagens na fase de estudo.
- ▶ Acelera a fase de definição da seqüência de pré-processamento.
- ▶ Possui um número grande de algoritmos.
- ▶ Foco no problema abordado.
- ▶ ImageJ, VisiQuest, Khoros.

Ferramentas de processamento de imagens

- ▶ ImageJ – *Research Service Branch.*
- ▶ Open Source.
- ▶ Desenvolvido em JAVA.
- ▶ Sistema de plugins.
- ▶ API de manipulação do padrão DICOM 3.0.
- ▶ Componentes básicos:
 - ImagePlus
 - ImageProcessor
 - ImageWindow

Wavelets

- ▶ Função utilizada para análise de sinais.
- ▶ Evolução:
 - Transformada de Fourier.
 - Transformada por janelas de Fourier (WFT).
 - Transformada *wavelet*.
- ▶ Transformação de um sinal (função) do **domínio de espaço** para o **domínio de frequência**.

Wavelets

$$F[u] = \int f[t]e^{-i2\pi ut} dt$$

▶ Transformada de Fourier

- Analisa um sinal contínuo.
- Não consegue representar mudanças no sinal.
- Integração de toda a função para o cálculo de cada frequência.

▶ Sinais apresentam características não estacionárias:

- Fluxos, tendências, mudanças repentinas, início e final de um evento.
- Informação mais importante do sinal.

Wavelets

- ▶ Transformada por janelas de Fourier - WFT
 - Windowed Fourier Transform.
 - Adaptada em 1946 por Dennis Gabor.
 - Permite analisar só uma porção do sinal em um tempo.
 - Tamanho da janela de tempo constante para todas as freqüências. (ponto negativo)

$$F(u, b) = \int j(t - b) f[t] e^{-i2\pi ut} dt$$

Wavelets

- ▶ Surge a transformada *wavelet*.
- ▶ Passo seguinte a WFT.
- ▶ Técnica por janelas com regiões de dimensão variável.
- ▶ Abordagem interessante na análise de imagens.
- ▶ Regiões ou bordas facilmente detectadas.
- ▶ Imagens como sinais.

$$F_{m,n}(a, b) = a_0^{-m/2} \int f(t) \psi(a_0^{-m} t - nb_0)$$

Wavelet discreta

Extração de características

- ▶ **Usuário não tem interesse em características de baixo nível.** (cor, textura e forma)
- ▶ **Pensa de forma semântica.**
- ▶ **Busca imagens por categorias.** (raios-X, patologias, séries de slices, etc.)
- ▶ **Imagens médicas são semelhantes.**
- ▶ **Busca deve retornar imagens pertencentes ao mesmo grupo semântico.** (cortes)

Extração de características

- ▶ Existem muitas variações de *wavelets* com finalidades específicas.
- ▶ Transformadas para extração de características:
 - *Continues Wavelet Transform (CWT)* (análise)
 - Base ortogonal (redução)
- ▶ Utilizado *Fractional Splines Wavelet*.
- ▶ Plugin *free* desenvolvido para ImageJ.

Trabalhos correlatos

TRABALHOS CORRELATOS					
	<i>Wavelet</i>	Métrica de Distância	Pré-Processamento	ROI	Formato DICOM
Este protótipo (2007)	<i>Fractional Spline Wavelet</i>	Distância Euclidiana	<i>Threshold</i> e máscara binária	Sim	Sim
Campo (2002)	-	Histograma Métrico	-	-	Sim
Hoppe (2005)	-	-	-	-	-
Castañón (2003)	<i>Wavelet Gabor</i>	Distância Euclidiana Normalizada	Ajustes de contraste e brilho	-	Sim

Desenvolvimento do trabalho



▶ **Requisitos**

▶ **Especificação**

▶ **Implementação**

Desenvolvimento do trabalho

► Requisitos:

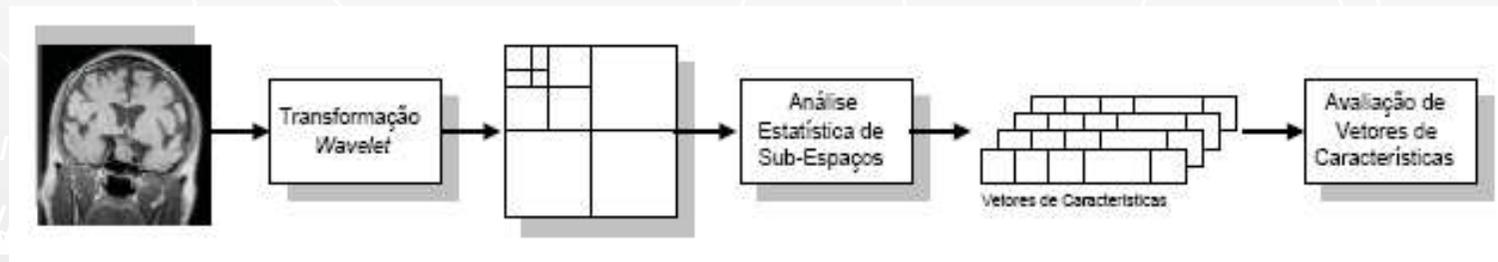
- Efetuar o pré-processamento das imagens.
- Extrair os vetores de características das imagens.
- Determinar o grau de similaridade das imagens.
- Possuir uma interface gráfica.
- Exibir as imagens resultantes da busca.

Desenvolvimento do trabalho – Especificação

- ▶ Especificação desenvolvida utilizando Enterprise Architect.
- ▶ Programação Orientada a Objeto.
- ▶ Especificado da interface utilizando padrão MVC.
- ▶ Modelo espiral

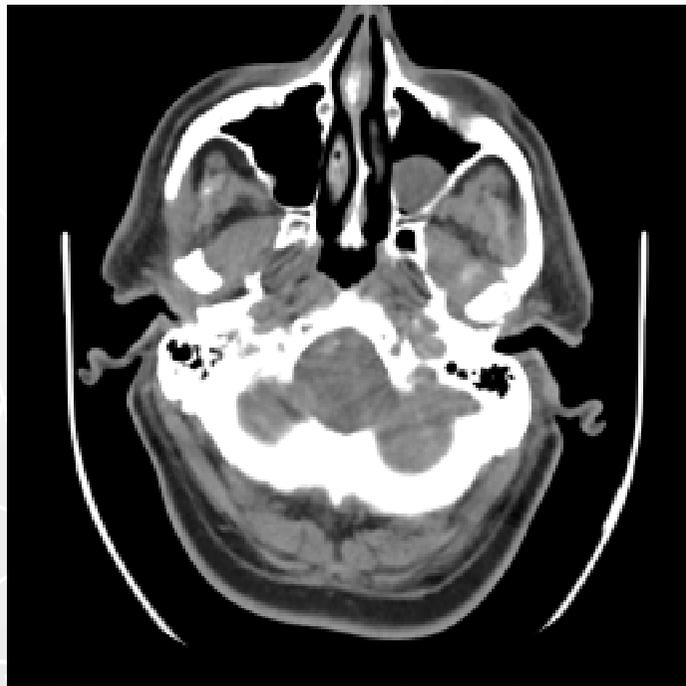
Desenvolvimento do trabalho – Especificação

Entendendo o problema...

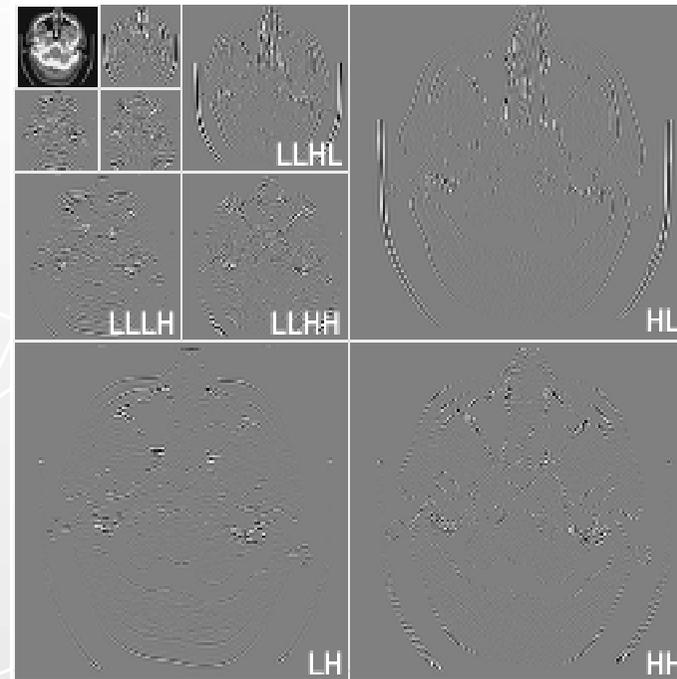


Abordagem – Processo de extração de características

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



A



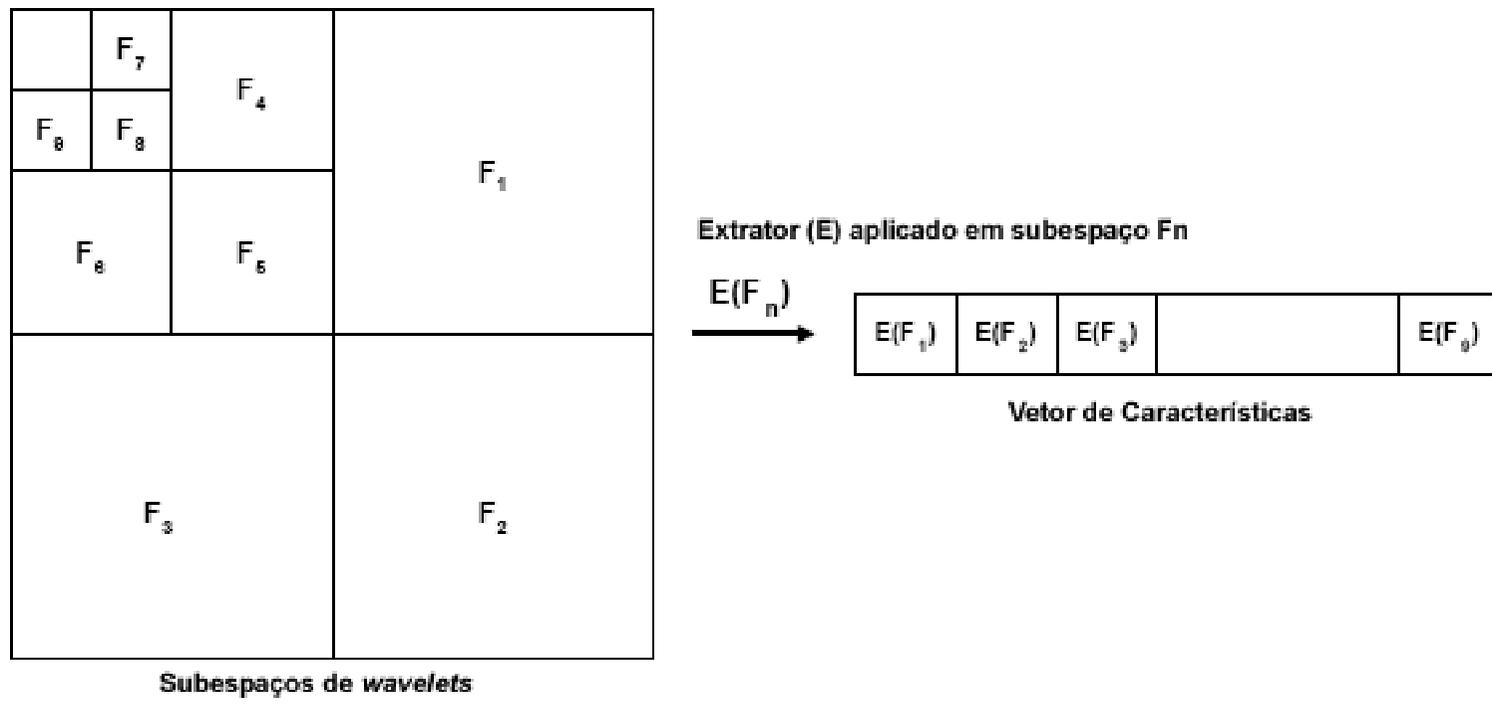
B

Imagem (A) - Imagem normal

Imagem (B) - Imagem após 3 níveis de decomposição wavelets

Aplicação da transformada *wavelet* na imagem de entrada já pré-processada.

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



Vetores de característica

Desenvolvimento do trabalho – Especificação

- ▶ Extratores aplicados em cada subespaço.
- ▶ 9 valores para cada imagem constituem o vetor de característica.

▶ Extratores:

- Variância.
- Média. (brilho)
- Entropia. (suavidade)
- Energia. (uniformidade)
- Desvio Padrão.

Variância

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^2 p(i)$$

Média

$$\mu = \sum_{i=0}^{G-1} ip(i)$$

Entropia

$$H = - \sum_{i=0}^{G-1} p(i) \log_2 [p(i)]$$

Energia

$$E = \sum_{i=0}^{G-1} [p(i)]^2$$

Desvio Padrão

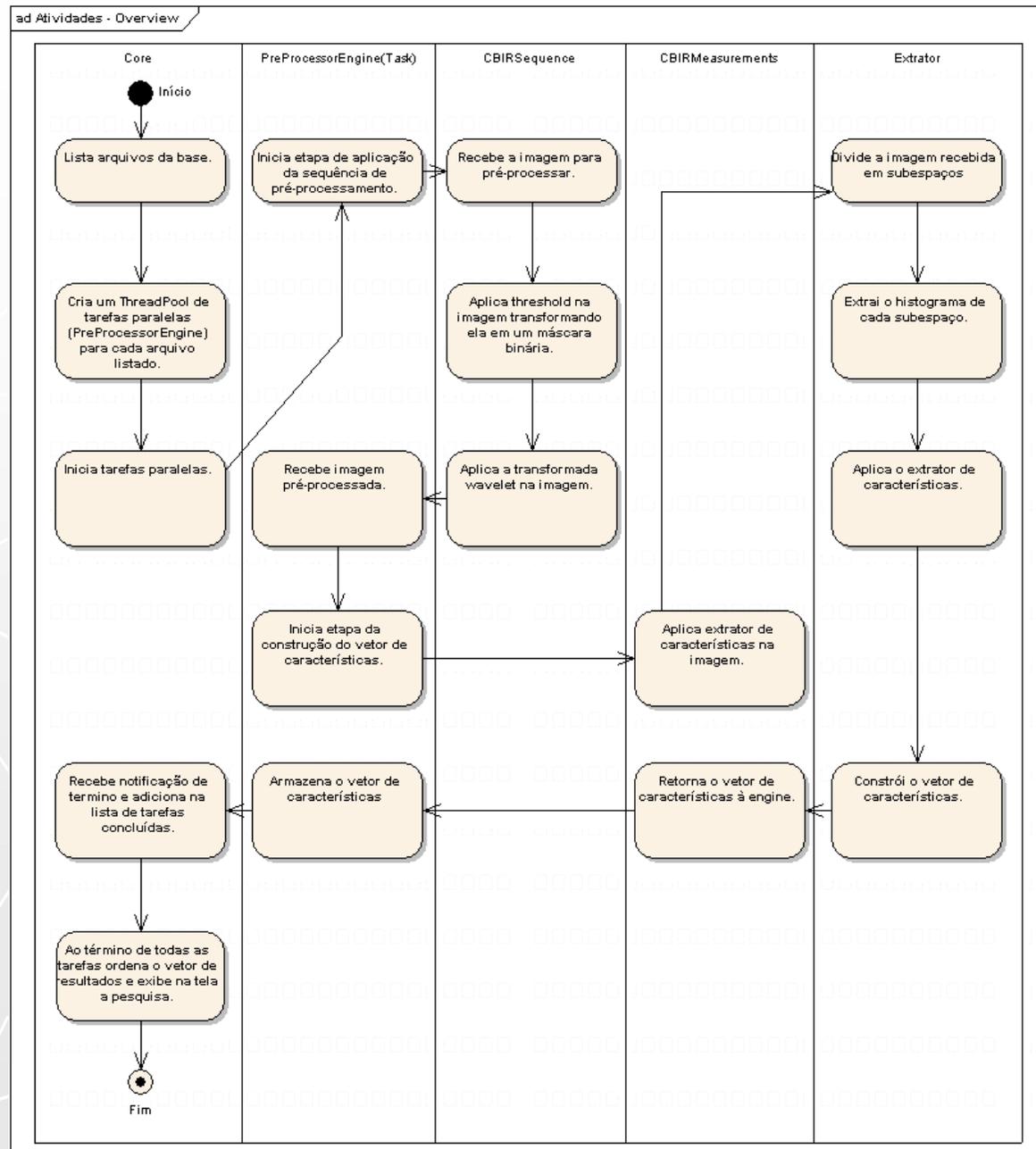
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{G-1} (i - \mu)^2 p(i)}$$

Desenvolvimento do trabalho – Especificação

- ▶ Fatores importantes:
 - Boa representação das características.
 - Métrica para determinar o grau de similaridade.
- ▶ Distância Euclidiana.

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2}$$

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



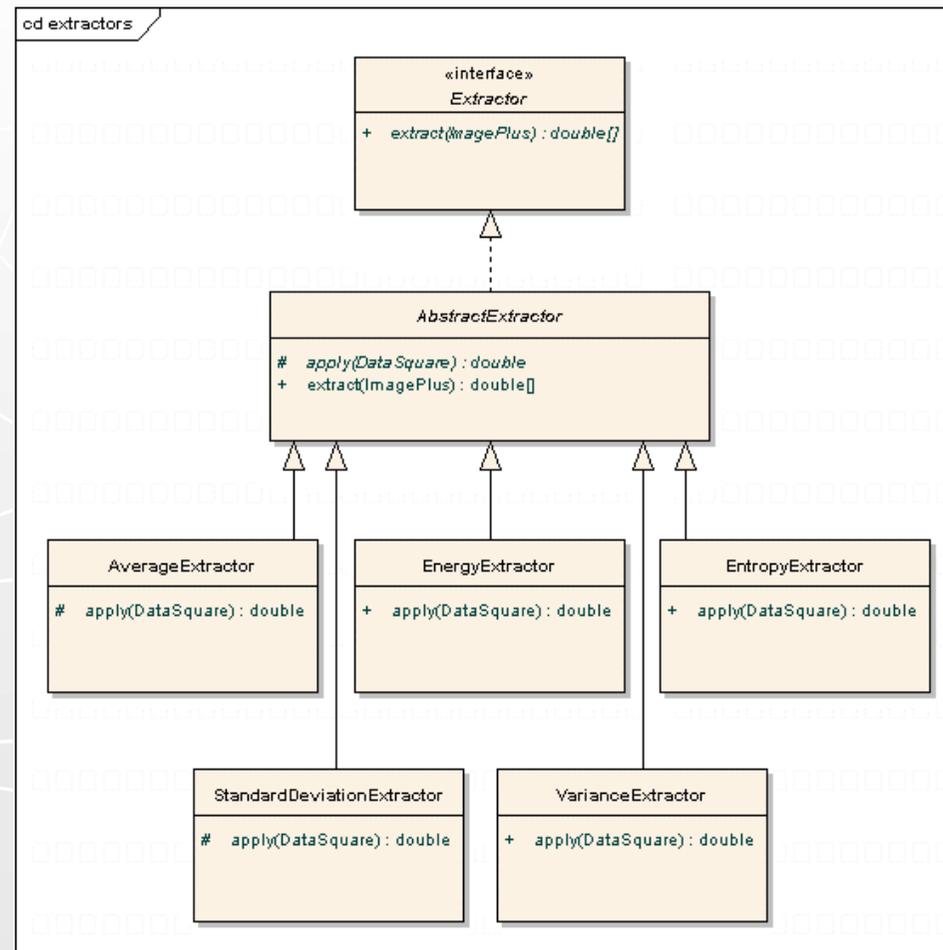
Atividade – Ciclo de vida

Desenvolvimento do trabalho – Especificação

▶ Levantamentos:

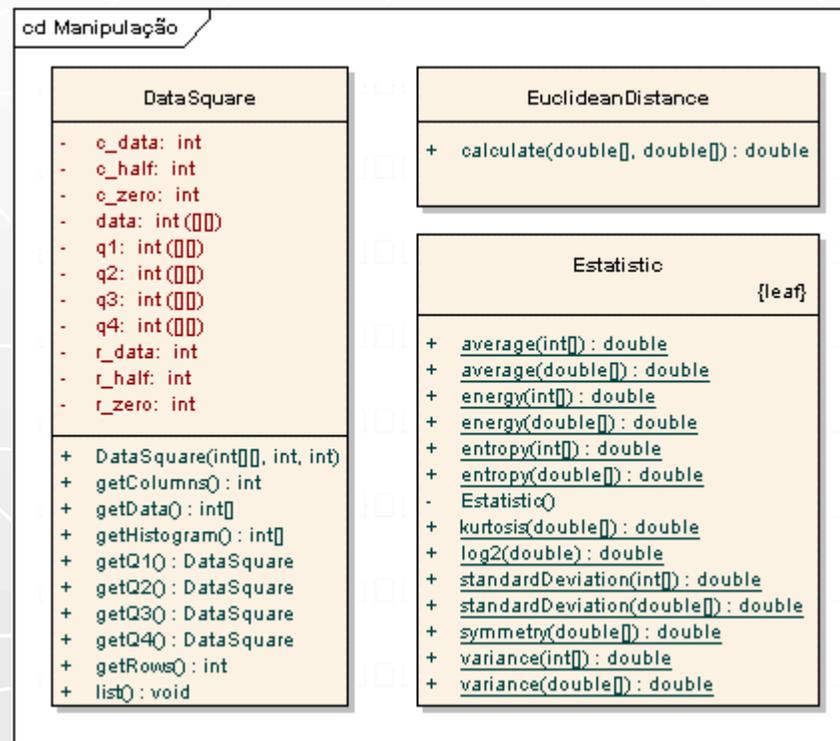
- Desempenho.
- Independência de interface.
- Extratores estatísticos.
- Métrica de similaridade.
- Base de dados.
- Vetores de características.

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



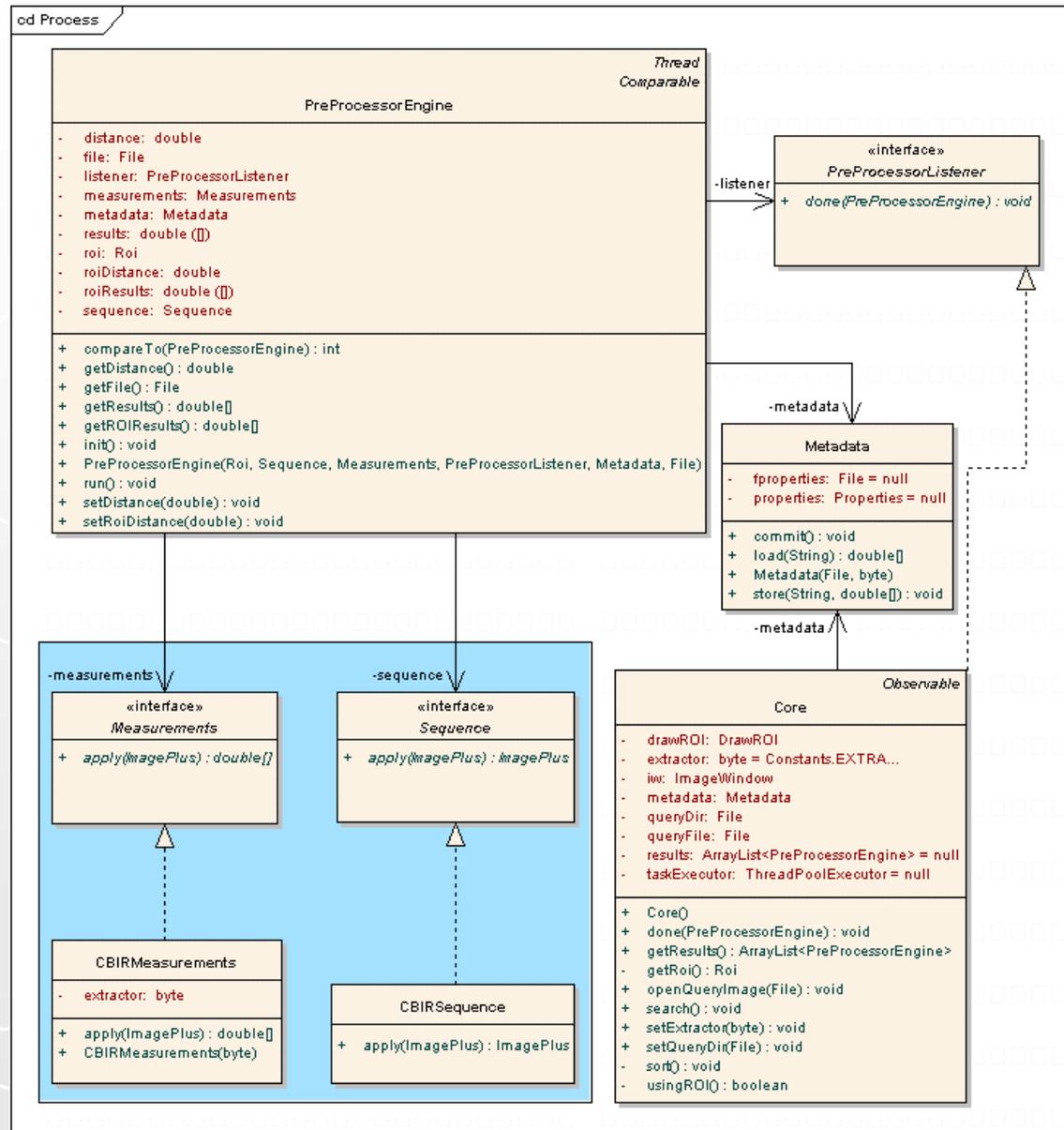
Classe - Extratores

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



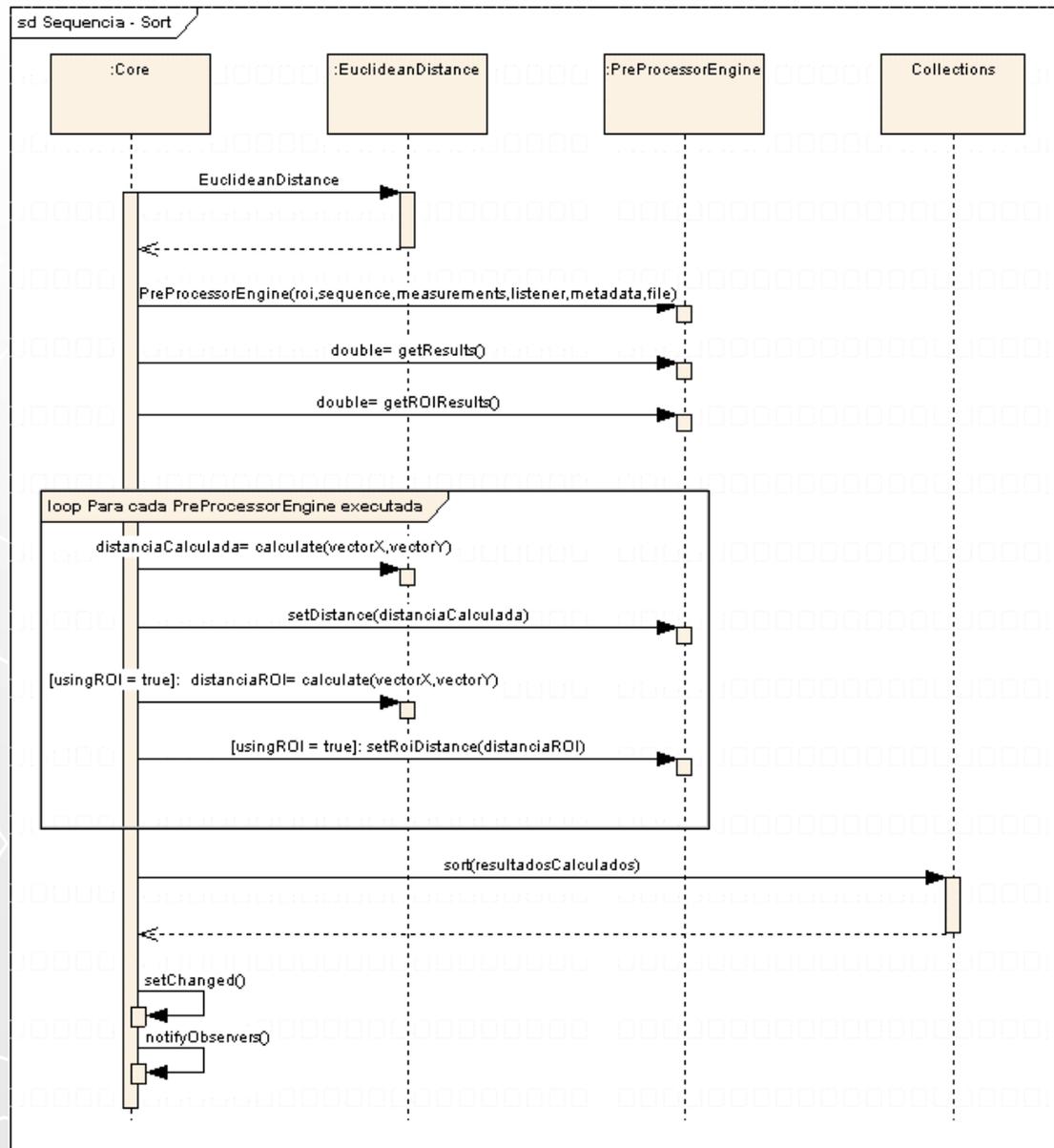
Classe – Dados e estatístico

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



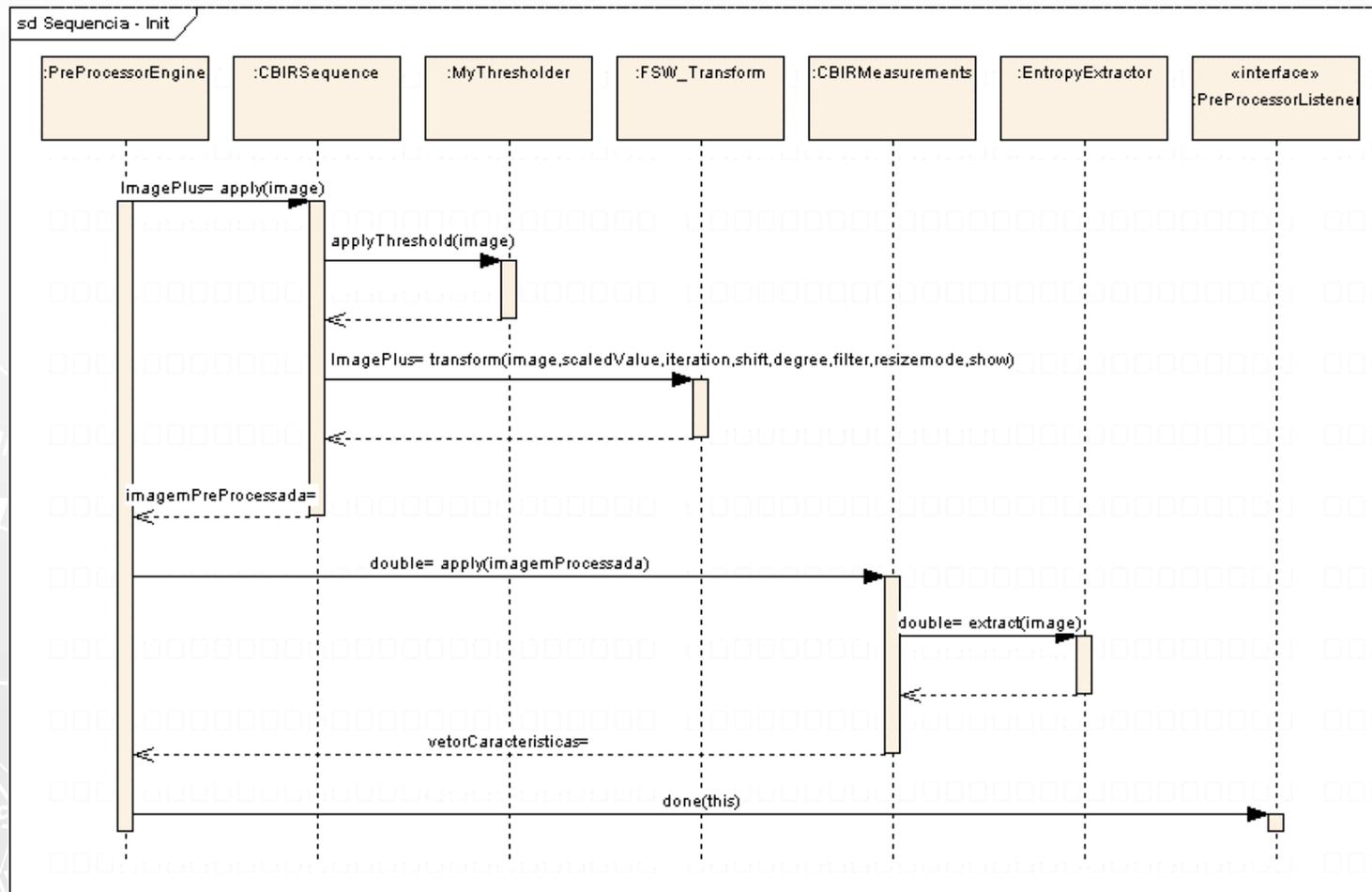
Classe - Engine

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



Seqüência – sort()

Desenvolvimento do trabalho – Especificação



Seqüência – init()

Desenvolvimento do trabalho – Implementação

▶ IDE Eclipse 3.2

▶ Java JDK 5.0

▶ API ImageJ

▶ Plugin Wavelet

Desenvolvimento do trabalho – Implementação

▶ PreProcessorEngine.

▶ Metadata.

▶ Core.

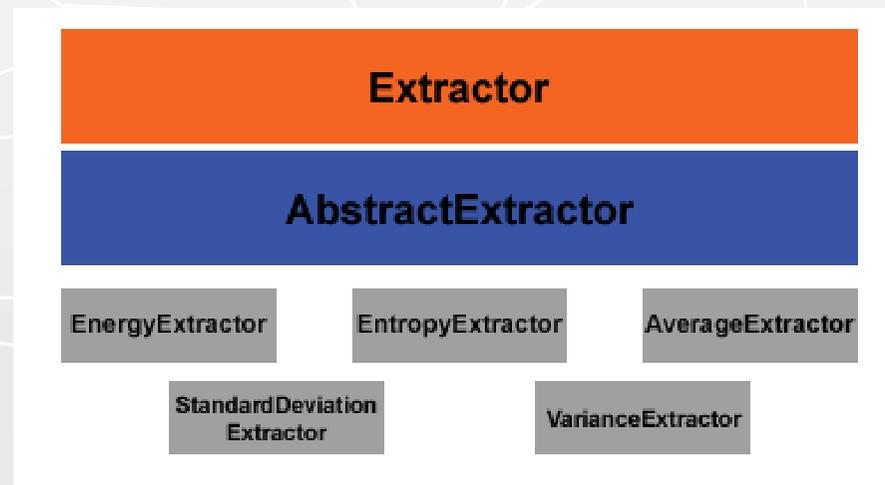
▶ CBIRMeasurements.

▶ CBIRSequence.

▶ DataSquare.

Desenvolvimento do trabalho – Implementação

- ▶ Arquivo Metadata.
- ▶ *ThreadPoolExecutor*.
- ▶ Pilha de extratores.



Desenvolvimento do trabalho – Implementação

▶ Exemplo de arquivo metadata gerado.

```
#Vetores de características das imagens deste diretório
#Mon May 14 01:05:12 GMT-03:00 2007
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.3.20060323.223529.dcm=[7.185427073712201,
6.505670304139862, 6.29381386399782, 7.4216827101016785,
7.250264121043106, 7.177296593327406, 7.861676116924295,
7.575724086487715, 7.445769822141119]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.40.20060323.223912.dcm=[7.473688434041104
5, 6.834877509204756, 7.027651327105941, 7.784532375262196,
7.471049919021016, 7.6838342858955295, 7.81070099422582,
7.760476001637566, 7.799972526376337]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.15.20060323.223646.dcm=[7.375847736926836,
6.689084648897871, 6.726703523071232, 7.695134524238913,
7.373615142233085, 7.448909249025137, 7.875164625715807,
7.763799438644121, 7.6282105879405995]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.37.20060323.223855.dcm=[7.471792706165917
5, 6.800344643343095, 6.975433820762091, 7.770636763097506,
7.4318665263152806, 7.666090896275711, 7.83096040144834,
7.743237481533394, 7.856603790319361]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.20.20060323.223715.dcm=[7.341058160301773,
6.7696077817410165, 6.845271405191459, 7.68583337372364,
7.4133385545959065, 7.499097051725296, 7.859902139110438,
7.763331782610979, 7.715094543835367]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.2.20060323.223523.dcm=[7.233580711742658,
6.522607528006936, 6.244612404494359, 7.4642271500958834,
7.270881210673306, 7.143359812334704, 7.832941419962005,
7.598649890821075, 7.434060730809878]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.17.20060323.223658.dcm=[7.312608399931785,
6.738808393116317, 6.754372027432413, 7.641326545535827,
7.374247700362708, 7.431655283261554, 7.841004257209979,
7.719843994936239, 7.674365878185384]
11.2.840.113619.2.22.287.1.32536.2.14.20060323.223640.dcm=[7.333026151323398
5, 6.671801478358541, 6.683066352116488, 7.669882842614826,
7.359235113621509, 7.419901384670382, 7.882266664687656,
7.761880506572937, 7.606334862072612]
```

Operacionalidade



- 1 - Abre uma imagem para consulta
- 2 - Abre um diretório para pesquisar
- 3 - Inicia a pesquisa
- 4 - Seleciona o extrator desejado
- 5 - Sair
- 6 - Sobre

Interface de controle

Operacionalidade

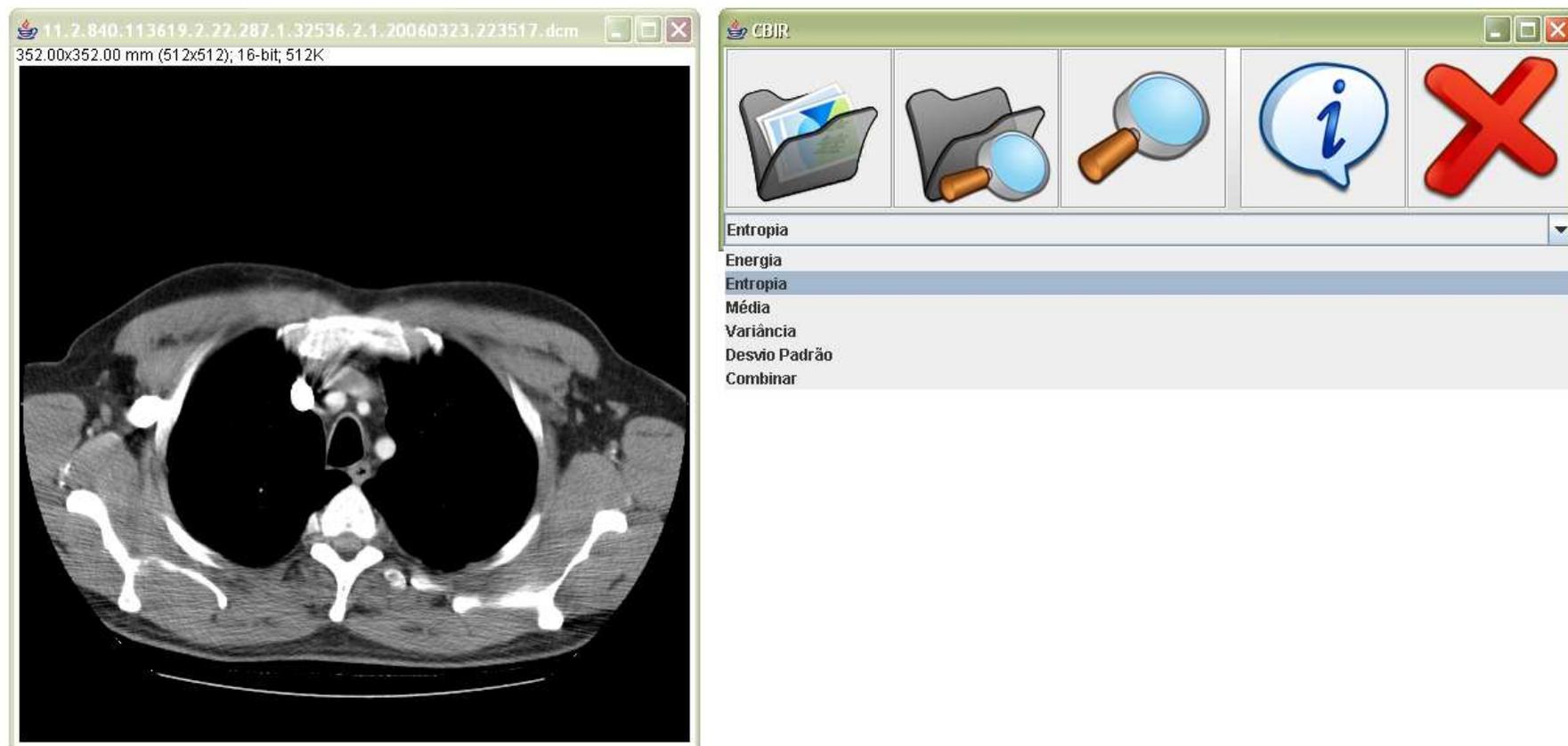
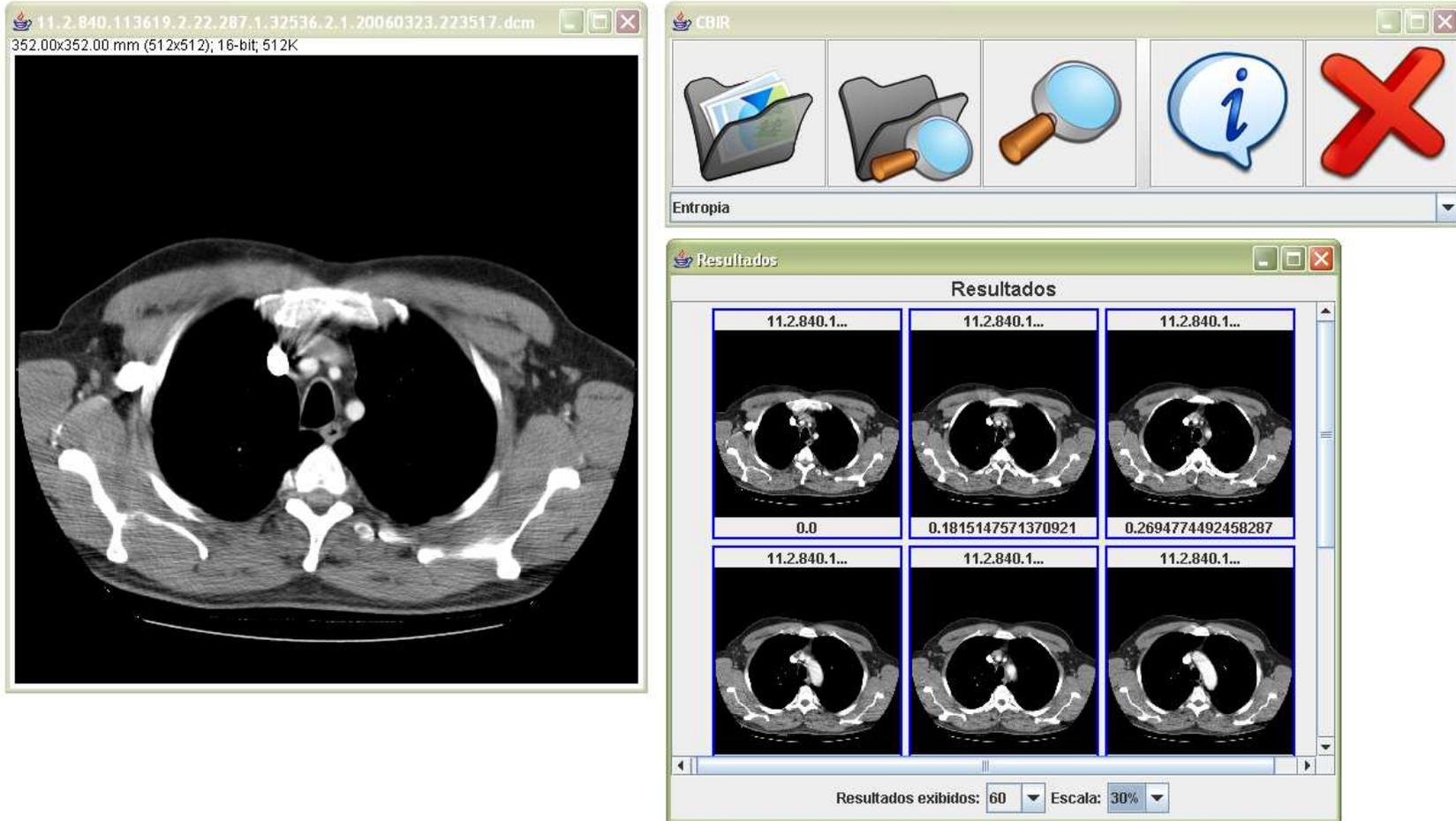


Imagem carregada

Operacionalidade



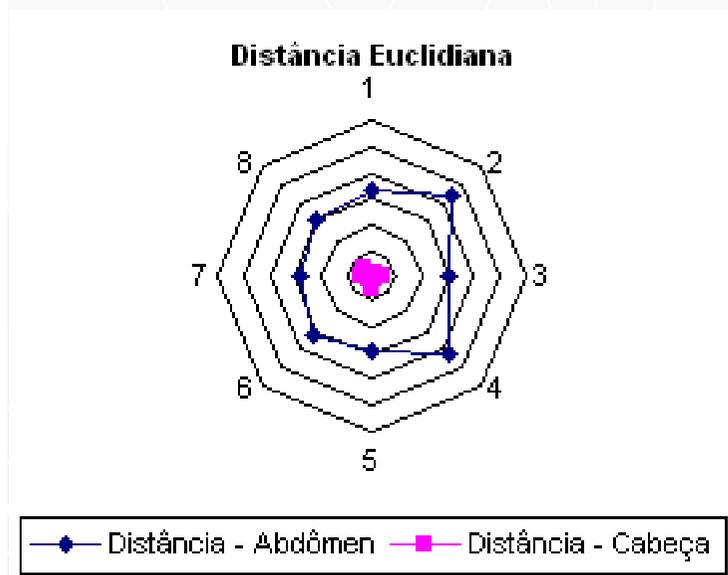
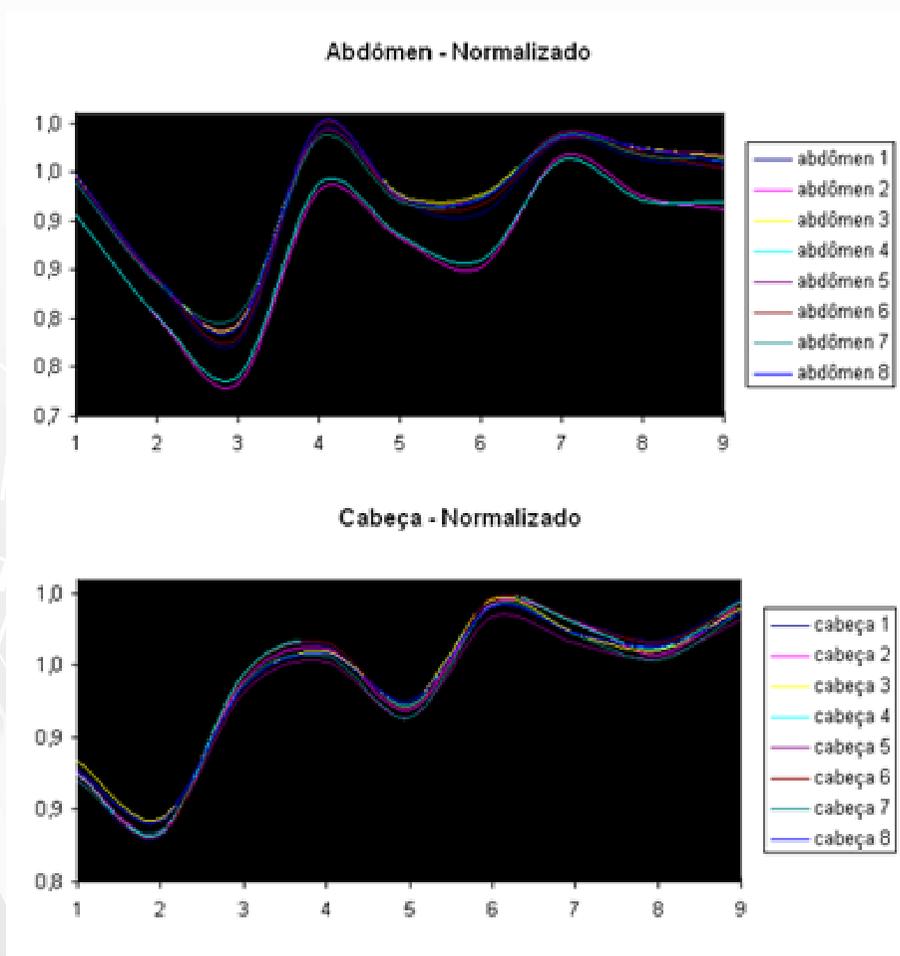
Resultados da busca

Resultados

► Características da base.

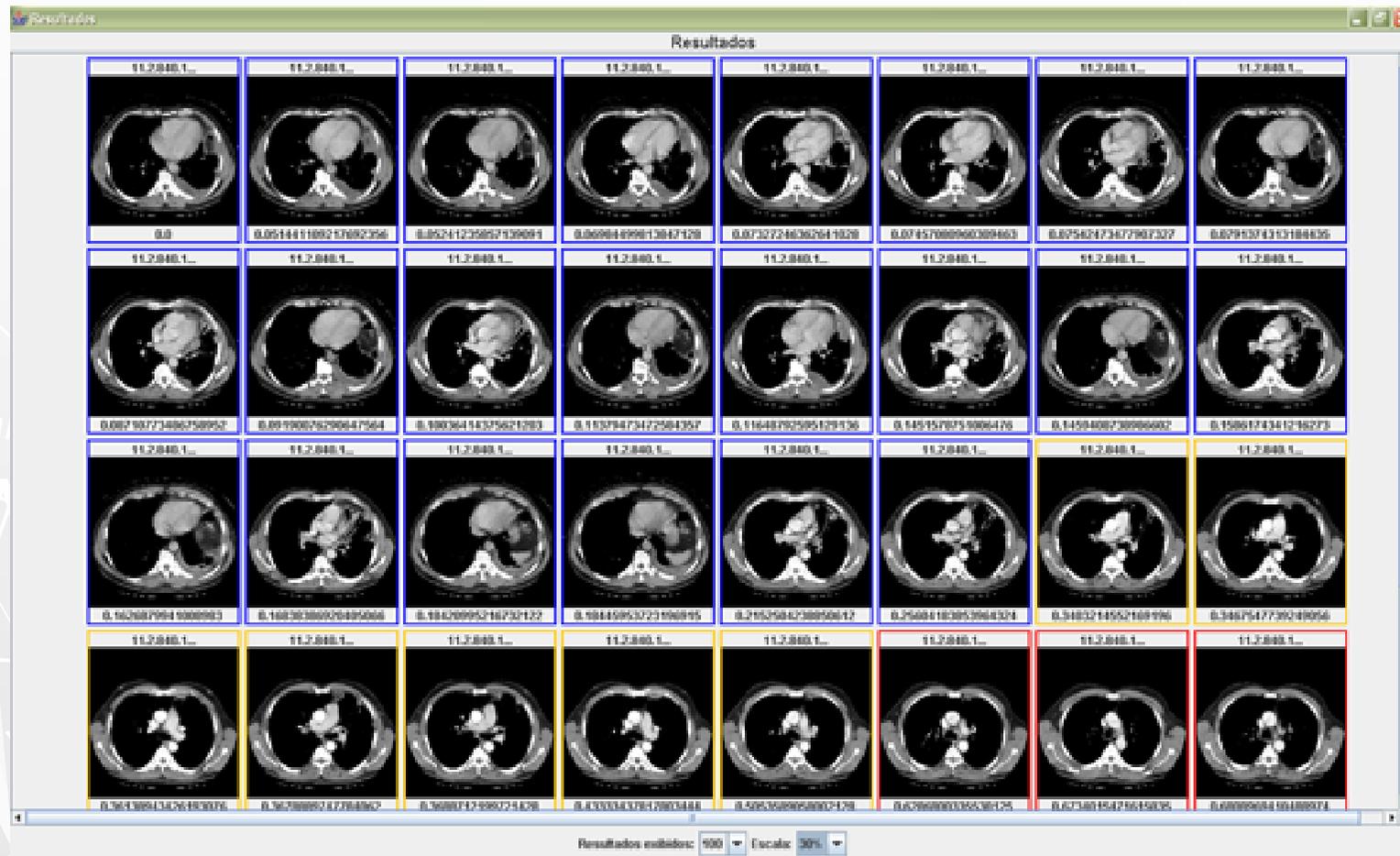
BANCO DE IMAGENS DICOM					
	Qtd	Tamanho	Tipos de imagens	Série	Não série
Base 1	57	512x512	Cabeça e abdômen	X	-
Base 2	458	512x512	Cabeça, abdômen, outros	X	X

Resultados

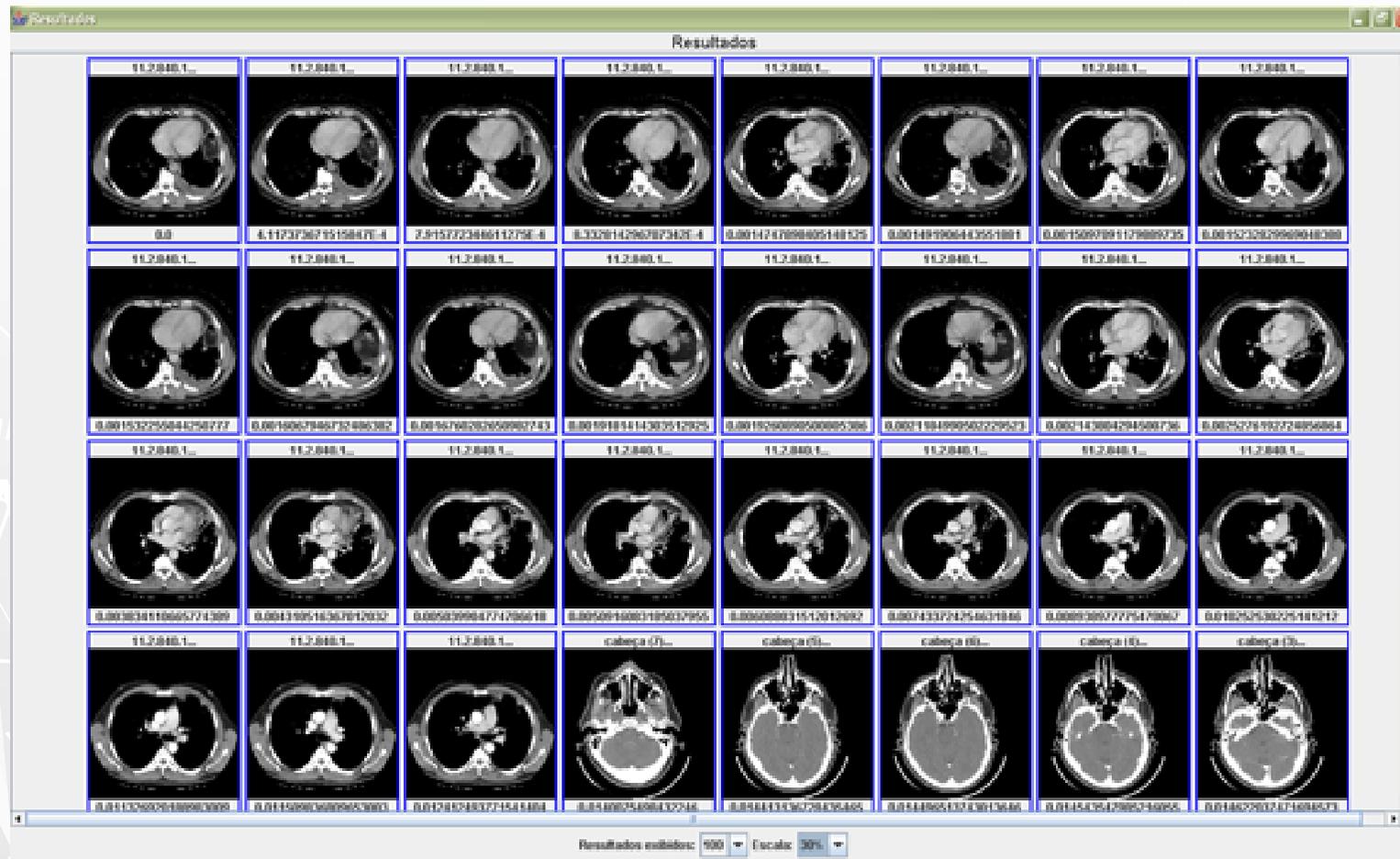


Análise dos vetores de características calculados

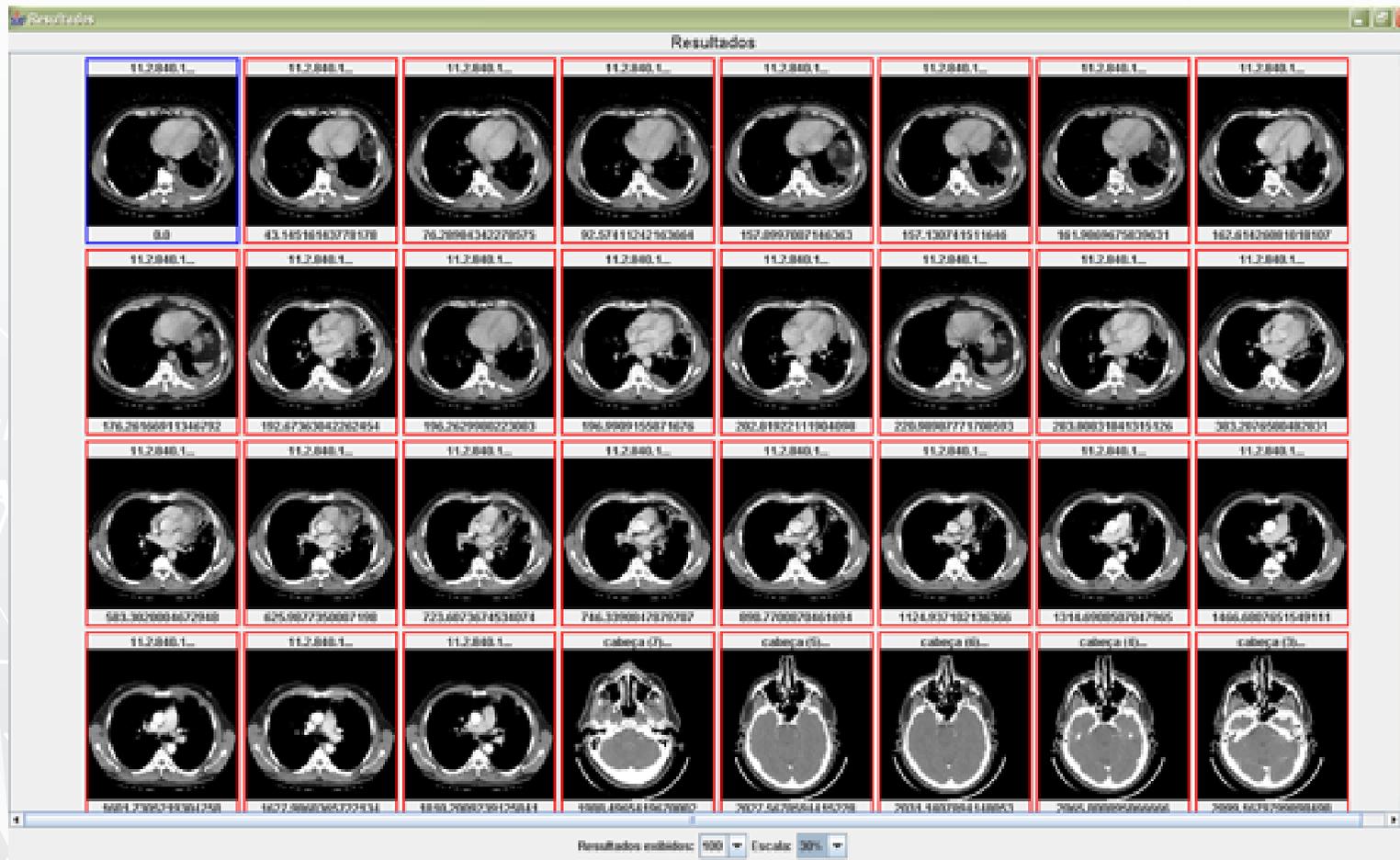
Resultados - Entropia



Resultados - Energia



Resultados - Combinados



Conclusão

- ▶ Resultados obtidos satisfatórios.
- ▶ Todo trabalho desenvolvido com ferramentas livres.
- ▶ Wavelets mostra-se uma técnica eficiente para extração de características em imagens.
- ▶ Dificuldades:
 - Documentação da API ImageJ precária.
 - Plugin utilizado necessitou adaptação.
 - Segmentação wavelet um pouco lenta. 1s/imagem

Extensões

- ▶ Interação direta com banco de dados.
- ▶ Ampliar a pesquisa para realizar buscas em bases de dados com imagens em tamanhos diferentes.
- ▶ Portar o projeto para uma arquitetura cliente servidor.