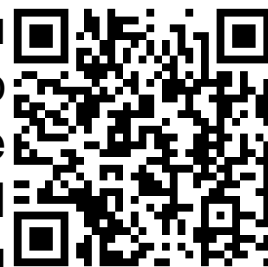


Visualização volumétrica de imagens DICOM para iOS

Marcelo da Mata Oliveira

Orientador: Dalton Solano dos Reis

FURB - Universidade Regional de Blumenau
DSC - Departamento de Sistemas e Computação
Grupo de Pesquisa em Computação Gráfica, Processamento de
Imagens e Entretenimento Digital
www.inf.furb.br/gcg



Roteiro

- Introdução
- Objetivos do trabalho
- Fundamentação teórica
- Desenvolvimento
- Conclusões
- Demonstração

Introdução

- Evolução computacional
- Computação na medicina
 - exames computadorizados
 - padrão DICOM
 - visualização volumétrica
 - uso de dispositivos móveis



Objetivos

- ler um arquivo no formato DICOM que se encontra no dispositivo móvel;
- realizar a visualização 2D a partir de imagens adquiridas no arquivo DICOM;
- realizar a visualização 3D a partir de imagens adquiridas no arquivo DICOM.

Fundamentação teórica

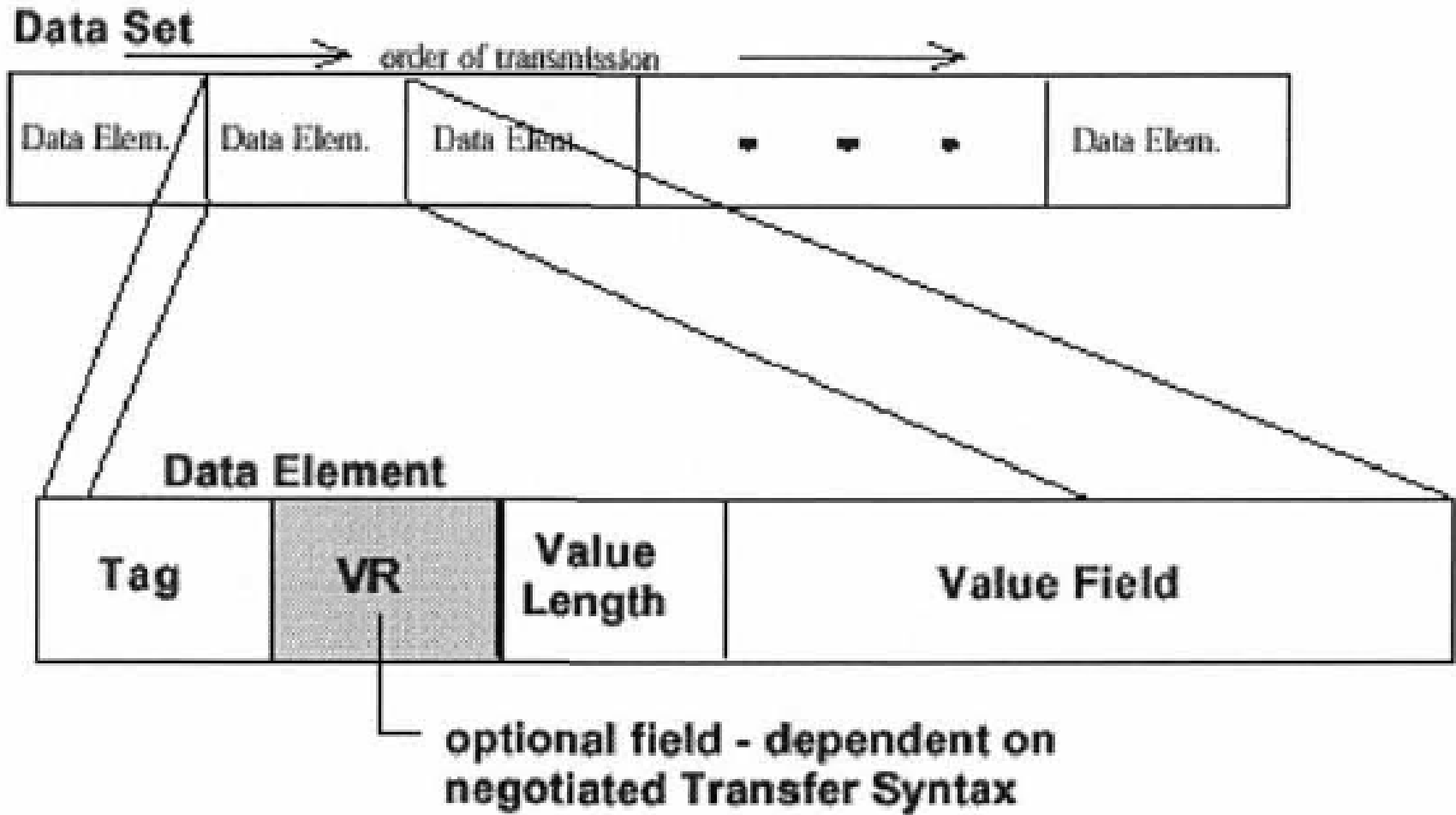
Padrão DICOM

- Teve seu desenvolvimento iniciado em 1983
- Comitê formado pela American College Radiology (ACR) e National Electrical Manufacturers Associations (NEMA)
- Características

Padrão DICOM

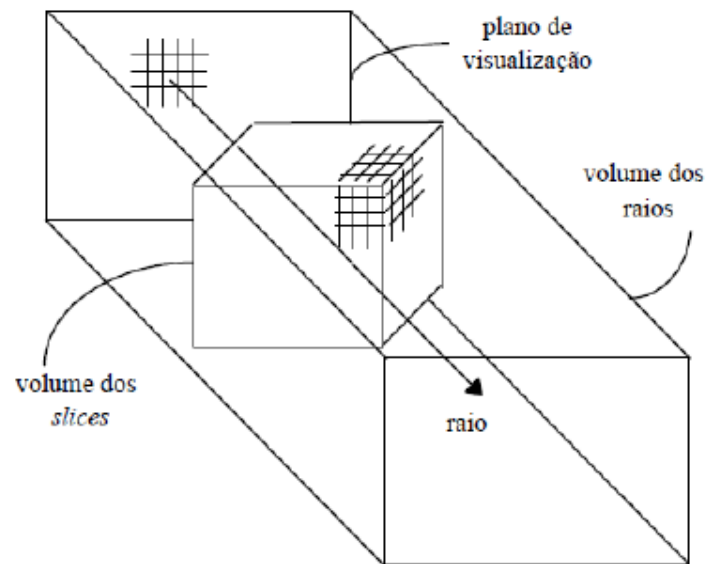
| | | |
|--|---|--|
| Parte 1: Visão Geral | | |
| Parte 2: Configuração | | |
| Parte 4: Classe de Especificação do Serviço | Parte 3: Definição do Objeto de Informação | Parte 11: Perfil da Aplicação dos Meios de Armazenamento |
| Parte 5: Estruturas de Dados e Semântica | | |
| Parte 6: Dicionário de Dados | | |
| Parte 7: Troca de Mensagem (operação em rede) | Parte 8: Suporte a Rede para Troca de mensagem (TCP/IP e OSI) | Parte 9: Retirada (Ponto a Ponto) |
| Parte 10: Meios de Armazenamento e Formato do arquivo para o intercâmbio dos dados | | |
| Parte 12: Formatos dos meios e meios físicos para o intercâmbio dos dados | Parte 13: Retirada | Parte 14: Função de Visualização do Padrão de tons de Cinza. |
| Parte 15: Perfil de Segurança | | |

Padrão DICOM



Visualização volumétrica

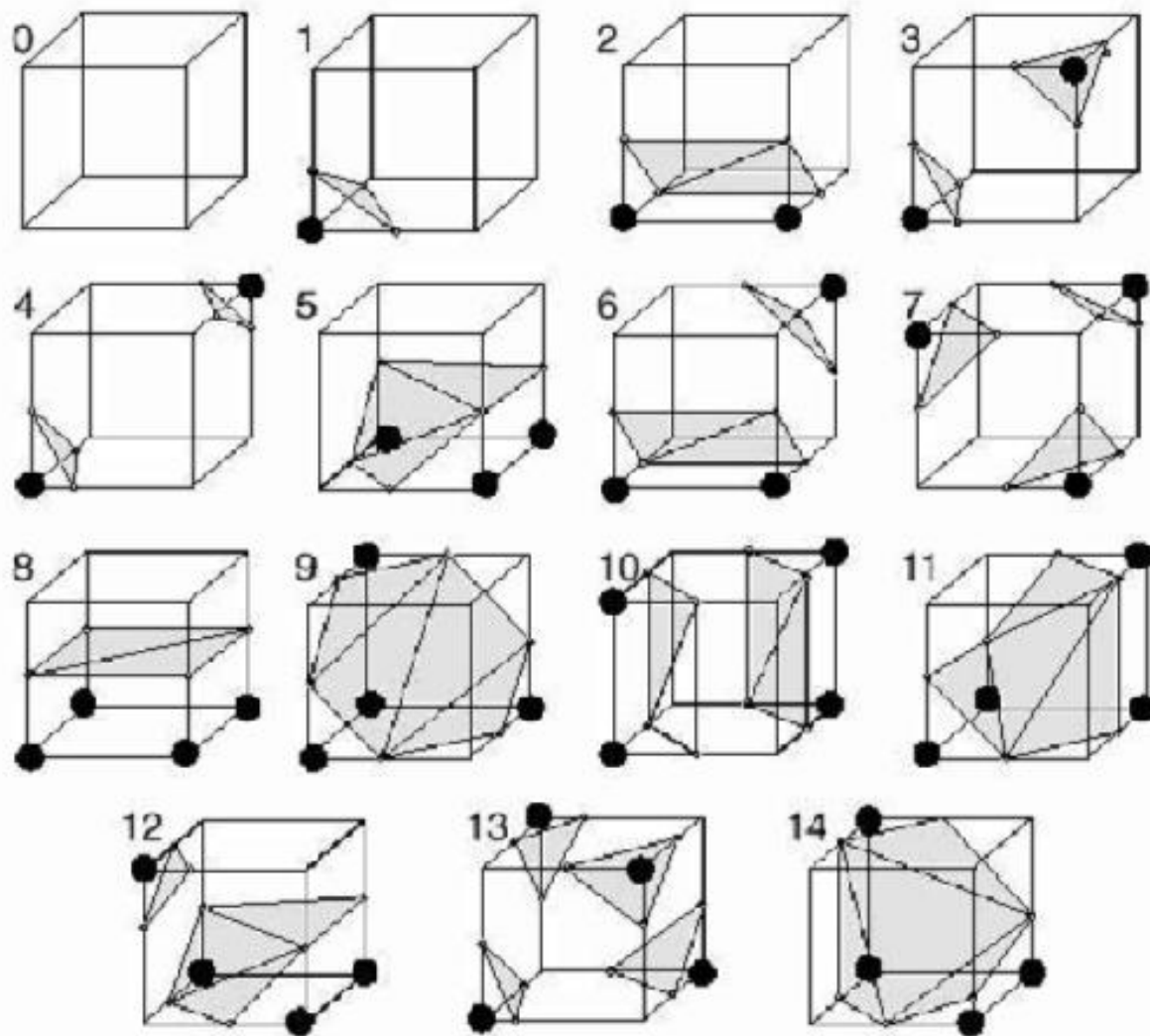
- Visualização direta de volumes
 - sem uso de primitivas geométricas
 - maior qualidade
 - maior custo computacional



Visualização volumétrica

- Visualização por extração de superfícies
 - detalham a superfície em polígonos
 - menor custo computacional
 - baixa qualidade na visualização de algumas partes do corpo

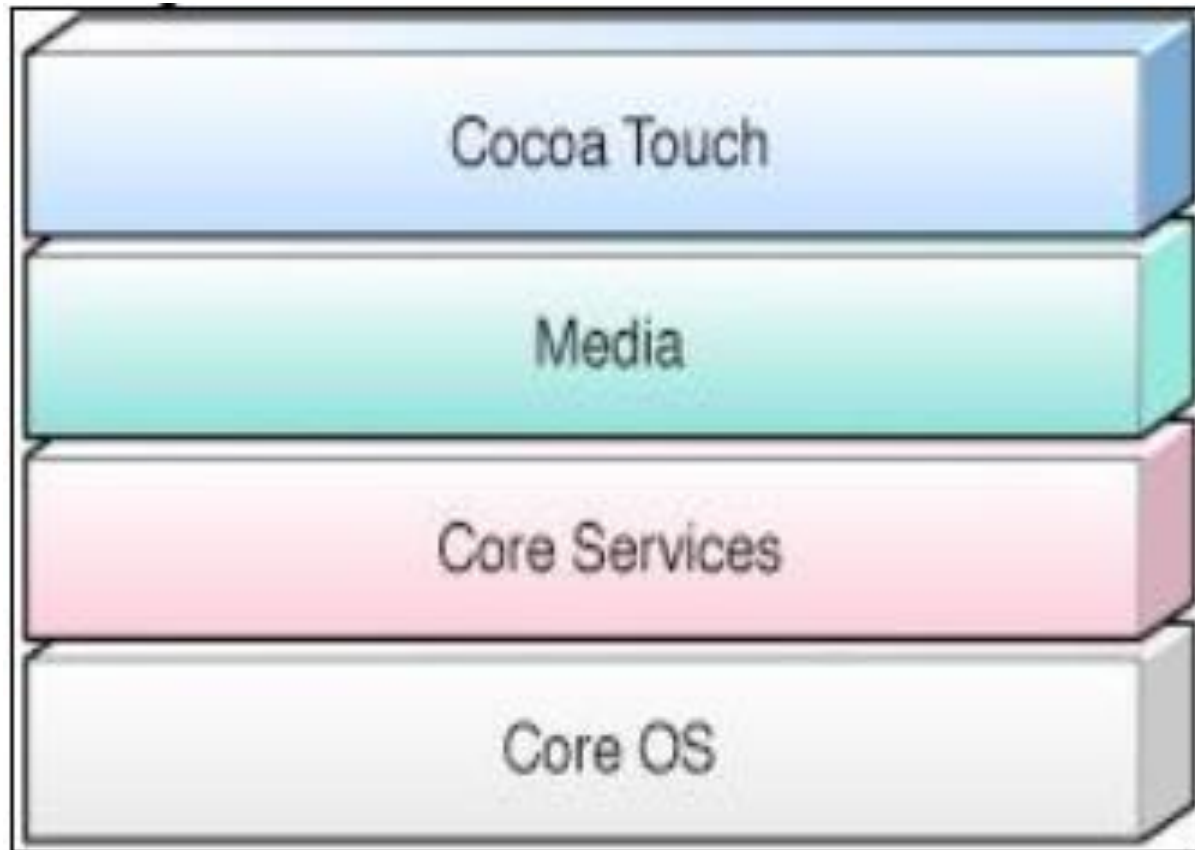
Visualização volumétrica



Plataforma iOS

- Sistema operacional iOS para dispositivos móveis da Apple
- Fruto do conhecimento obtido no Mac OS X
- iOS SDK
- Núcleo de controle dividido em 4 camadas

Plataforma iOS



Fonte: Apple Inc. (2012)

- OpenGL ES

Trabalhos correlatos

| Características\Trabalhos correlatos | InVesalius | Osirix | Roepke (2010) |
|---|------------|--------|---------------|
| Ler arquivos DICOM | X | X | |
| Visualização em duas dimensões | X | X | X |
| Tratamento das imagens | X | X | X |
| Visualização volumétrica | X | X | |
| Visualização interna do volume | X | X | |
| Visualização em mais de três dimensões | | X | |
| Separação do volume em componentes | X | X | |
| Fatiamento do volume | X | X | |
| Geração da imagem em outras direções anatômicas | X | X | |
| Aplicação para dispositivos móveis | | X | X |

Desenvolvimento

Requisitos

- Requisitos funcionais
 - ler o cabeçalho e as imagens de um arquivo DICOM
 - apresentar a sequência de imagens em formato 2D contidas no arquivo DICOM na direção anatômica que a imagem foi capturada
 - realizar a visualização volumétrica das imagens DICOM
 - realizar o fatiamento do volume em três direções anatômicas, axial, sagital e coronal

Requisitos

- Requisitos não-funcionais
 - ser implementado utilizando a linguagem de programação Objective-C
 - ser implementado utilizando o ambiente de desenvolvimento XCode 4
 - ser desenvolvido para executar em dispositivos móveis como o iPhone, iPad e iPod Touch

Especificação Casos de uso

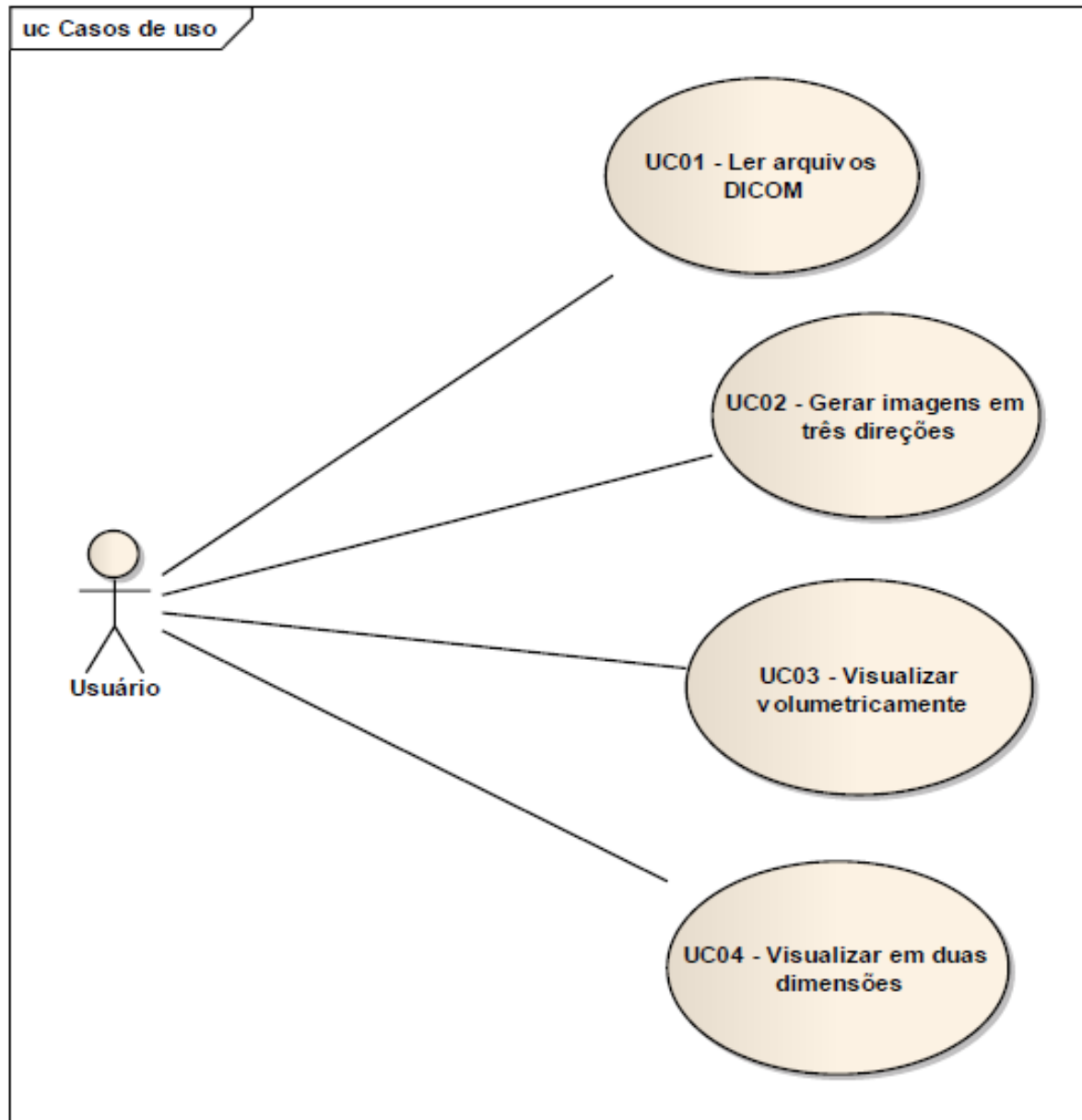
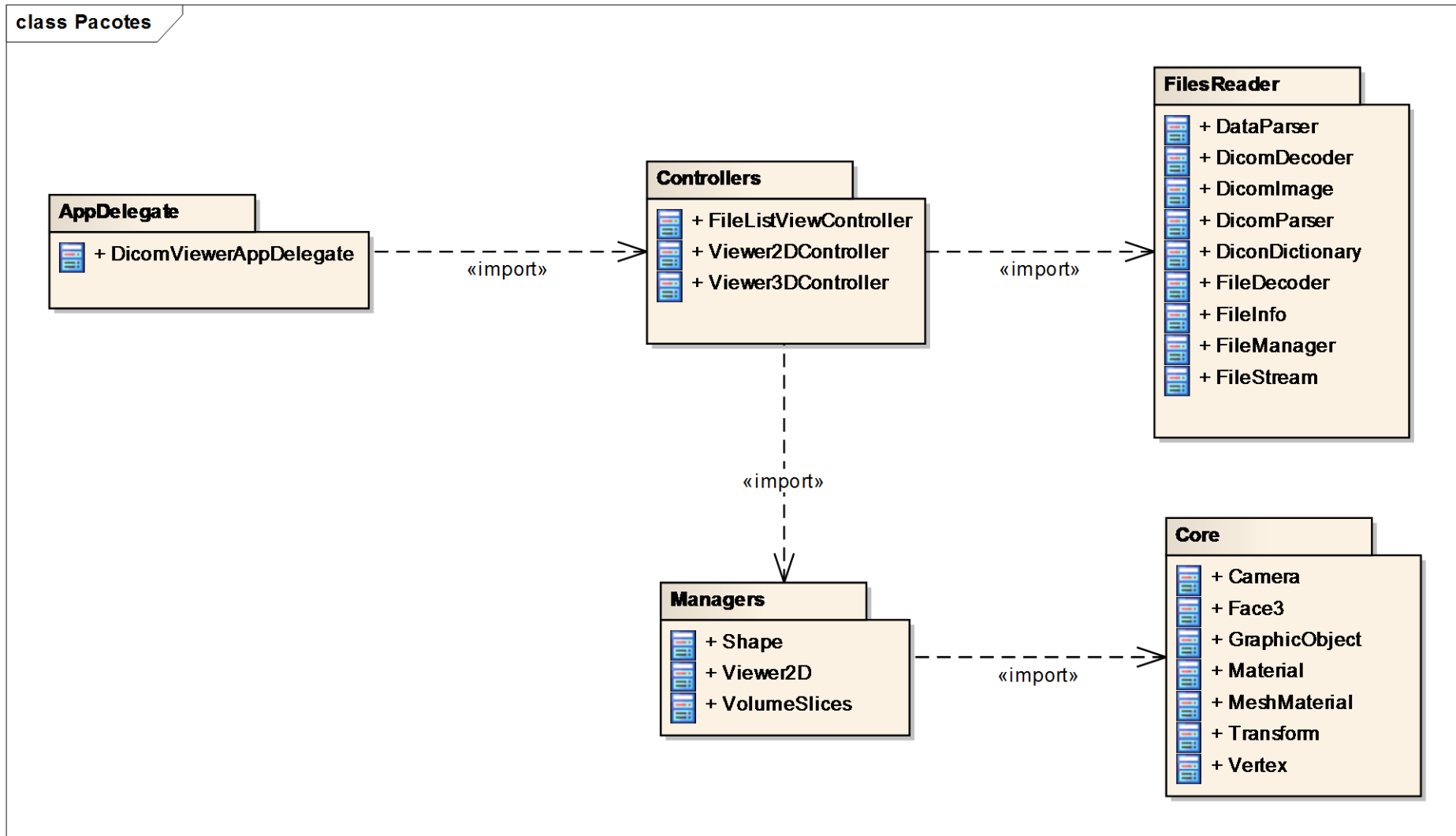
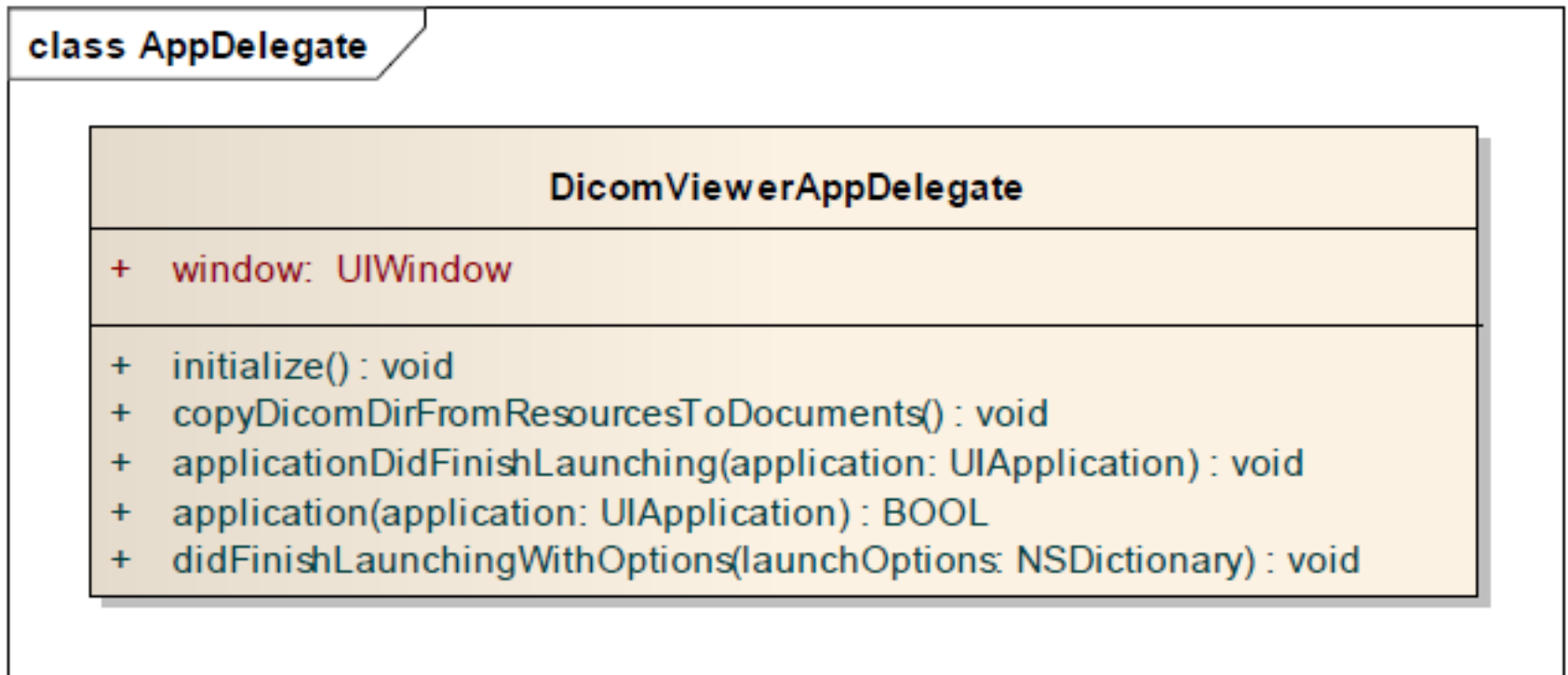


Diagrama de pacotes



Diagramas de classes

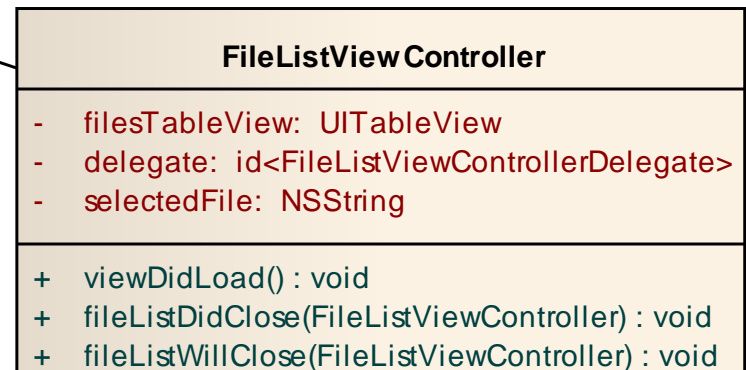
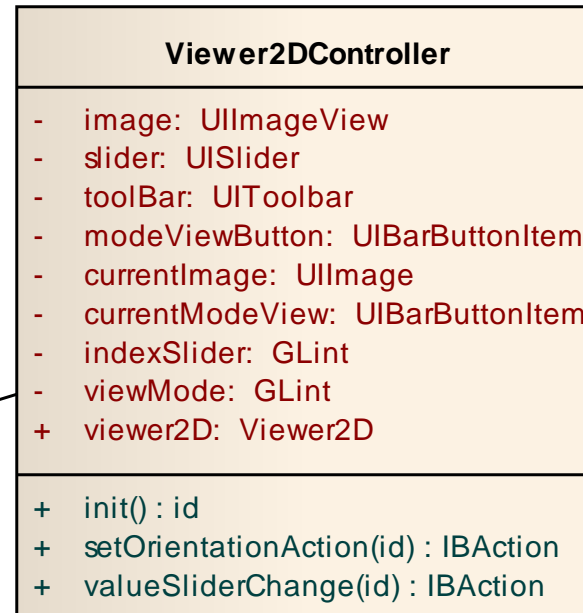
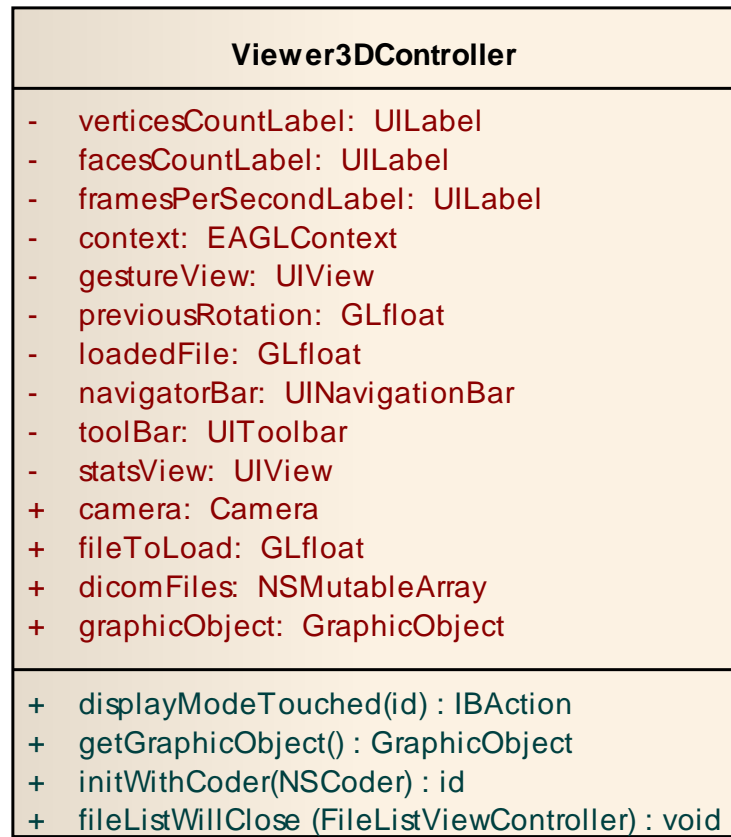
- Pacote AppDelegate



Diagramas de classes

- Pacote Controllers

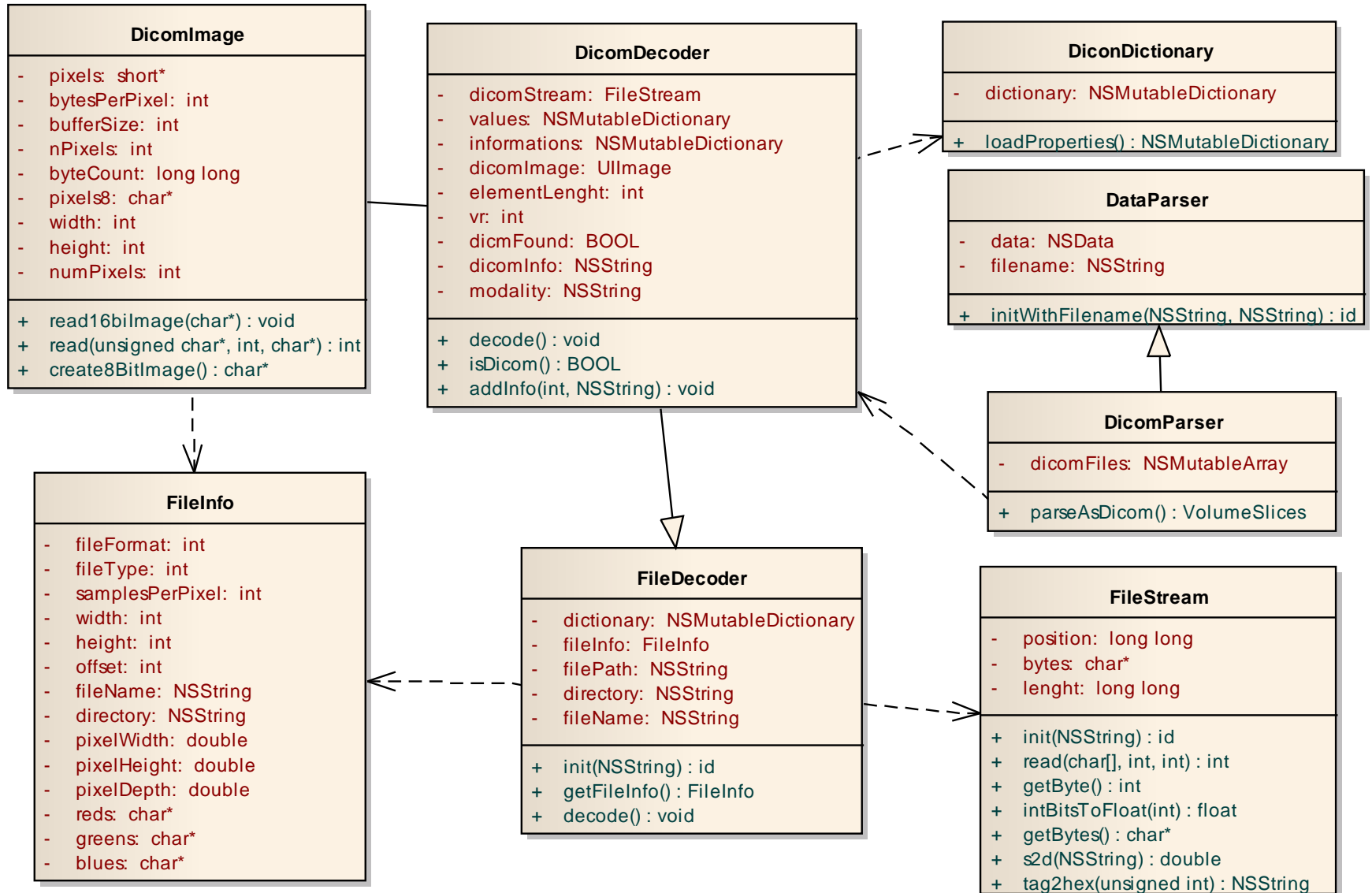
class Controllers



Diagramas de classes

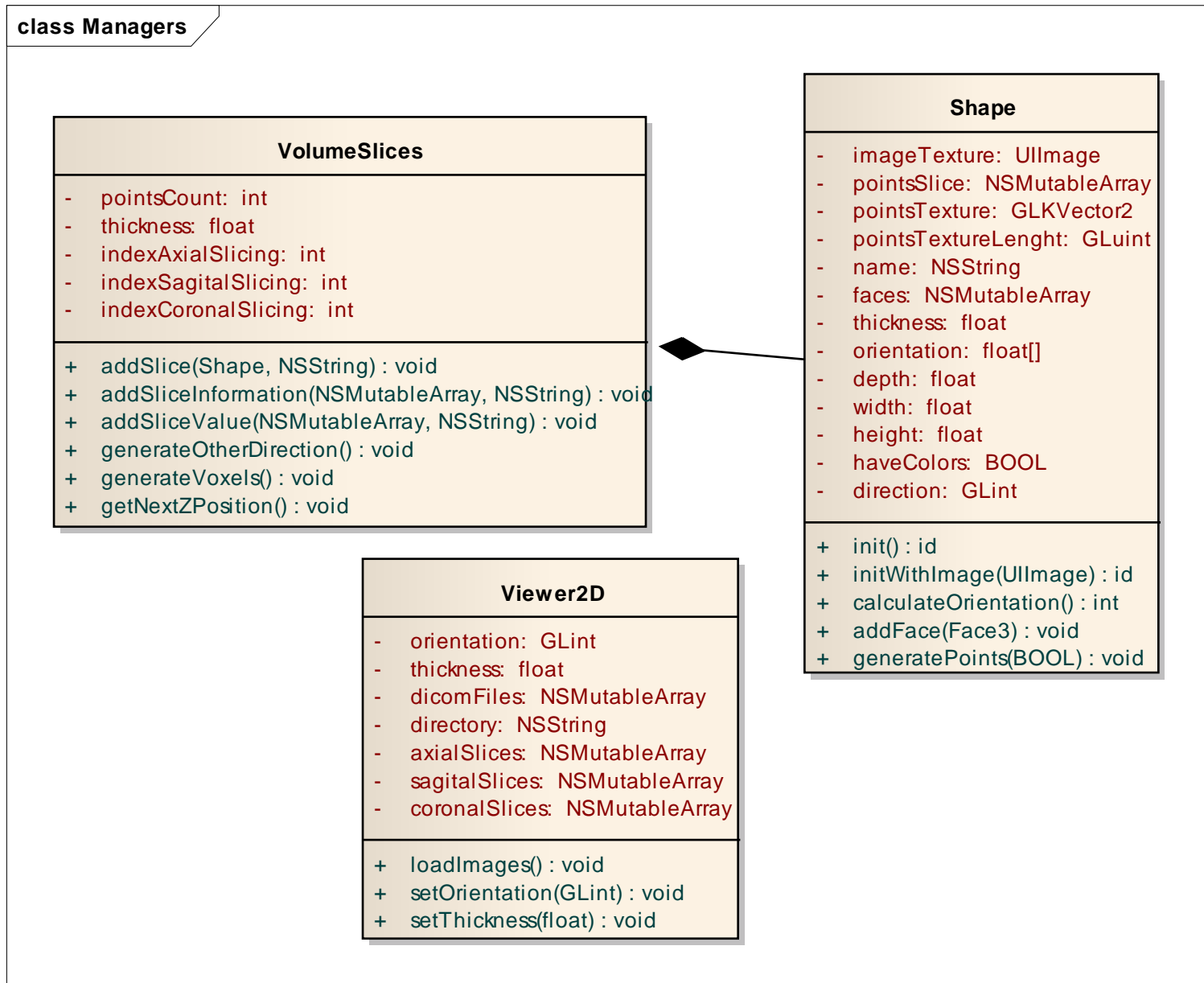
- Pacote FileReader

class FileReader



Diagramas de classes

- Pacote Managers



Diagramas de classes

- Pacote Core

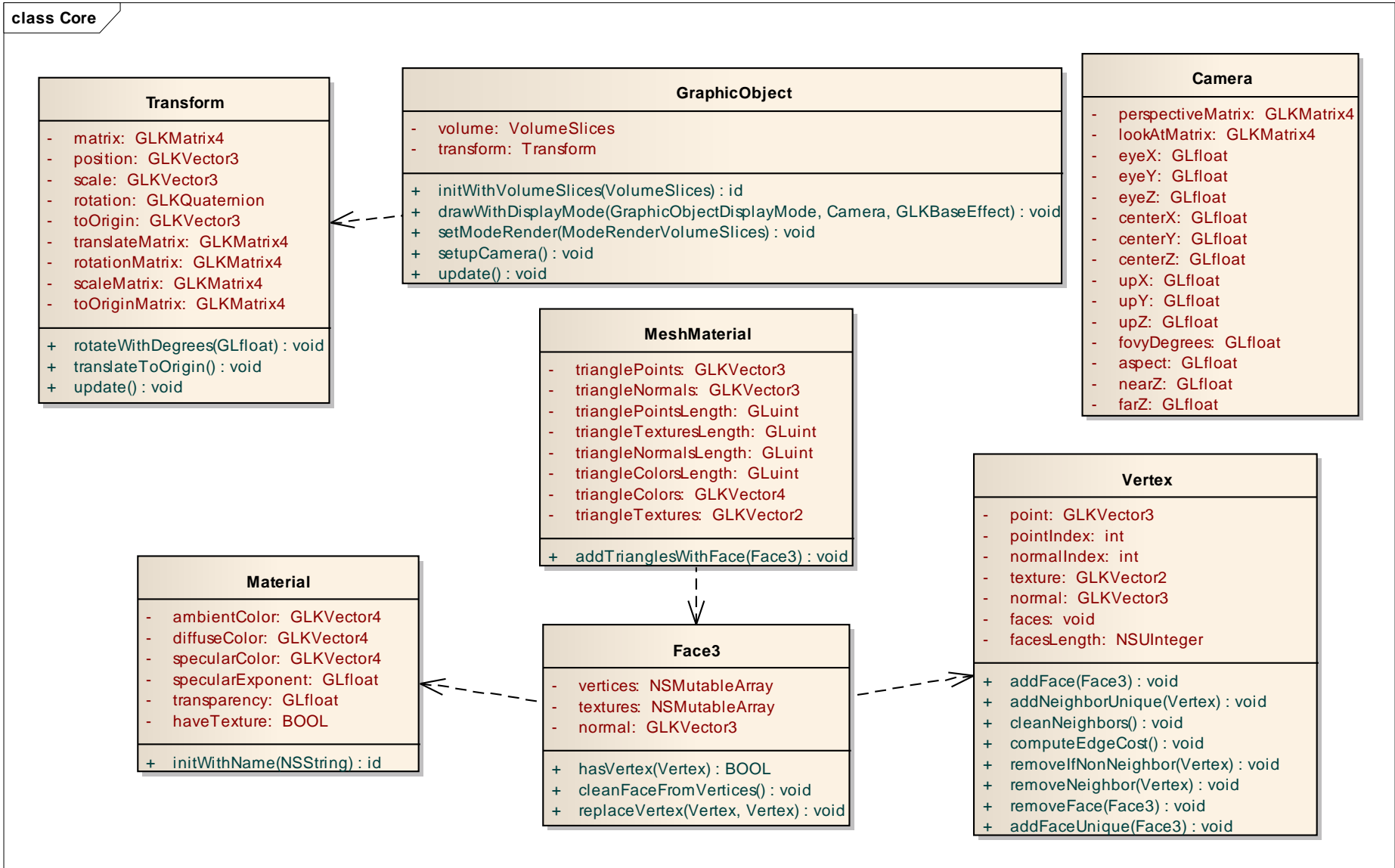
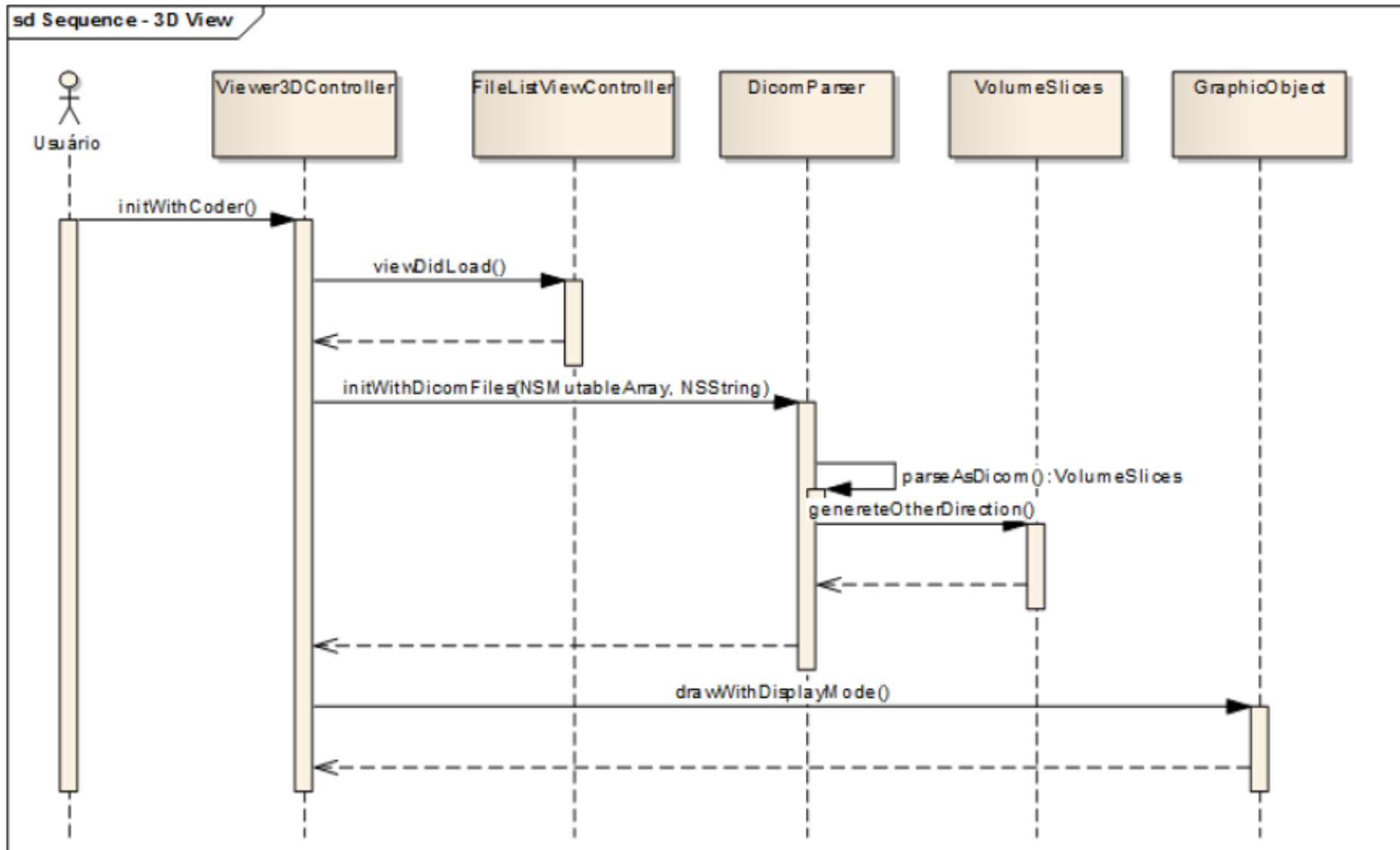


Diagrama de sequência



Implementação

- Técnicas e ferramentas utilizadas
 - Xcode 4.5.1
 - bibliotecas: UIKit; Foundation; GLKit; CoreGraphics; OpenGL ES
- Leitura de arquivos DICOM
 - Baseado no ImageJ
- Visualização volumétrica
 - Adaptação da biblioteca de Imianowsky (2013) para trabalhar com OpenGL ES e eventos de tela

Operacionalidade

- Escolha do exame



Cancel

examination of head

knee examination

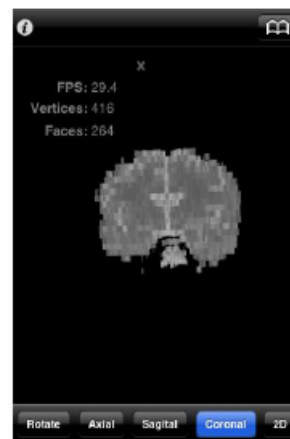
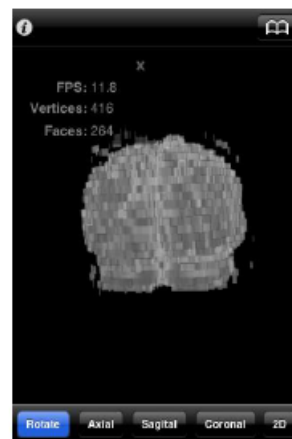
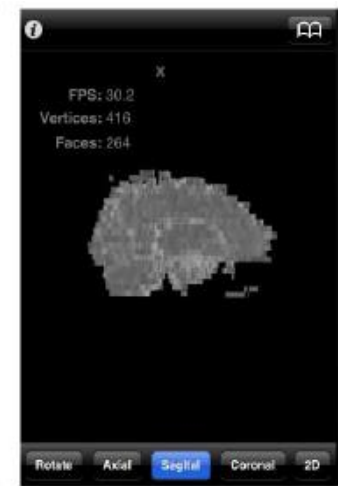
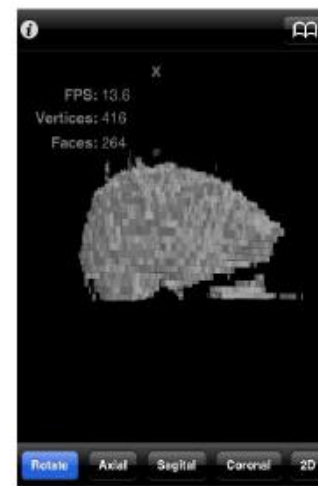
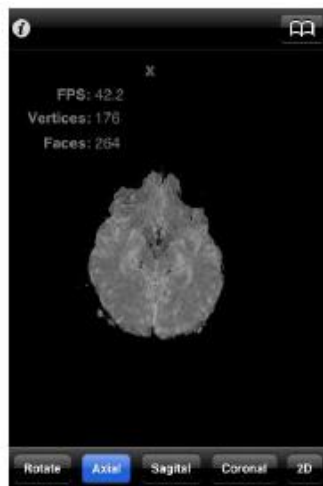
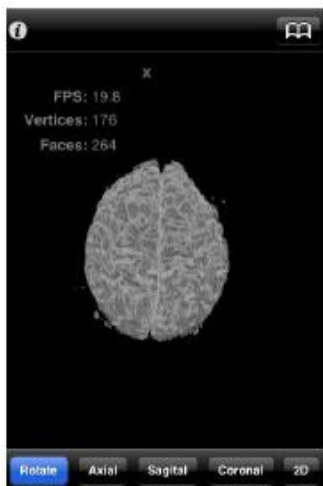
Operacionalidade

- Visualização volumétrica



Operacionalidade

- Fatiamento nas 3 direções



Operacionalidade

- Visualização 2D



Resultados e discussão

Testes da geração do volume

- 2 exames utilizados nos testes, um do crânio e outro do joelho
- Exame do crânio
 - imagens com 256x256
 - 22 fatias
- Exame do joelho
 - imagens com 512x512
 - 55 fatias

Testes da geração do volume

- Leitura dos arquivos DICOM
 - Implementação de uma biblioteca para ler os arquivos DICOM em iOS
 - Biblioteca lê somente arquivos com imagens de 16 bits com e sem sinal
- Geração do volume
 - cada fatia com uma imagem como textura
 - definição de um limiar para determinar que pixel representa uma parte do corpo
 - exclusão dos pixels que não fazem parte do corpo pela manipulação da opacidade

Testes da geração do volume

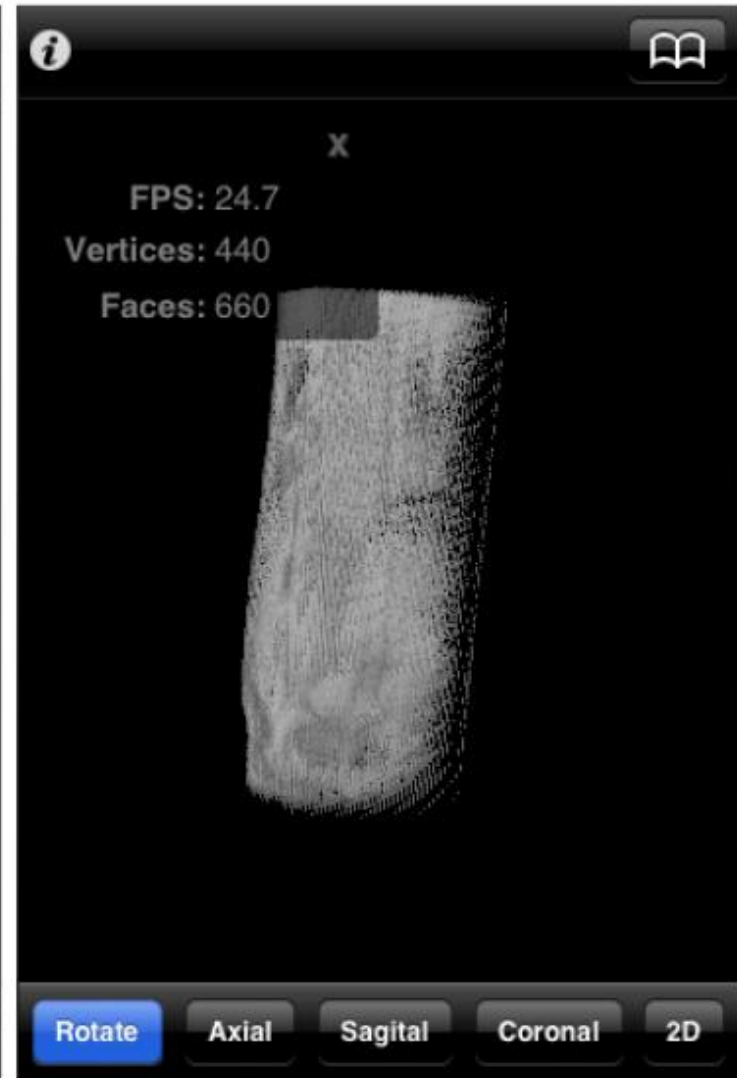
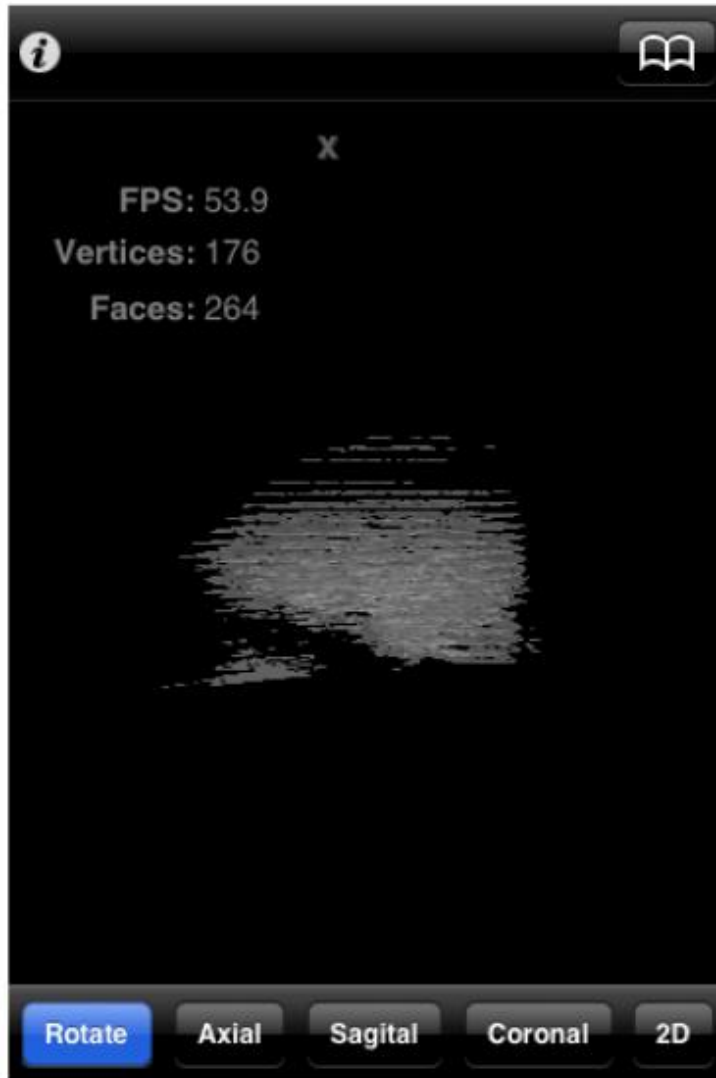
Ruídos



Testes da geração do volume

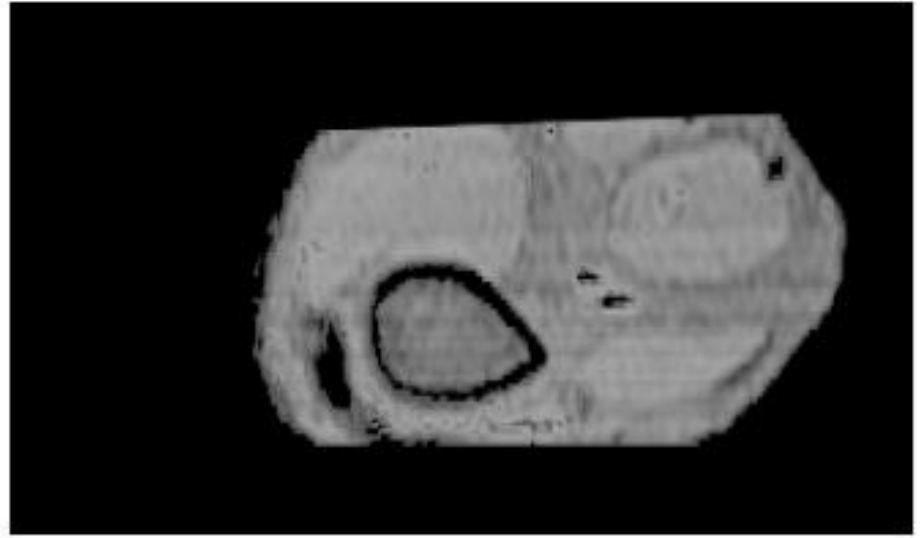
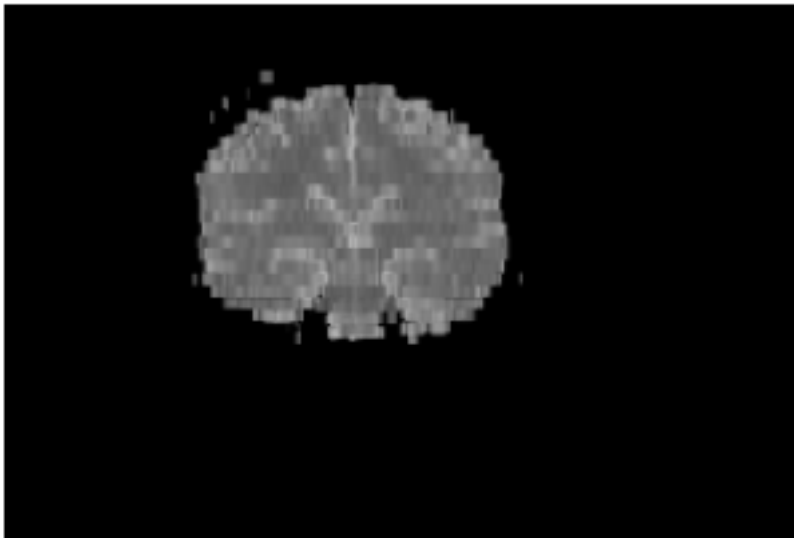
- distanciamento entre as fatias pelo valor da tag
spacing between slices
- espaço entre as fatias é visível ao usuário

Testes da geração do volume



Testes da geração do volume

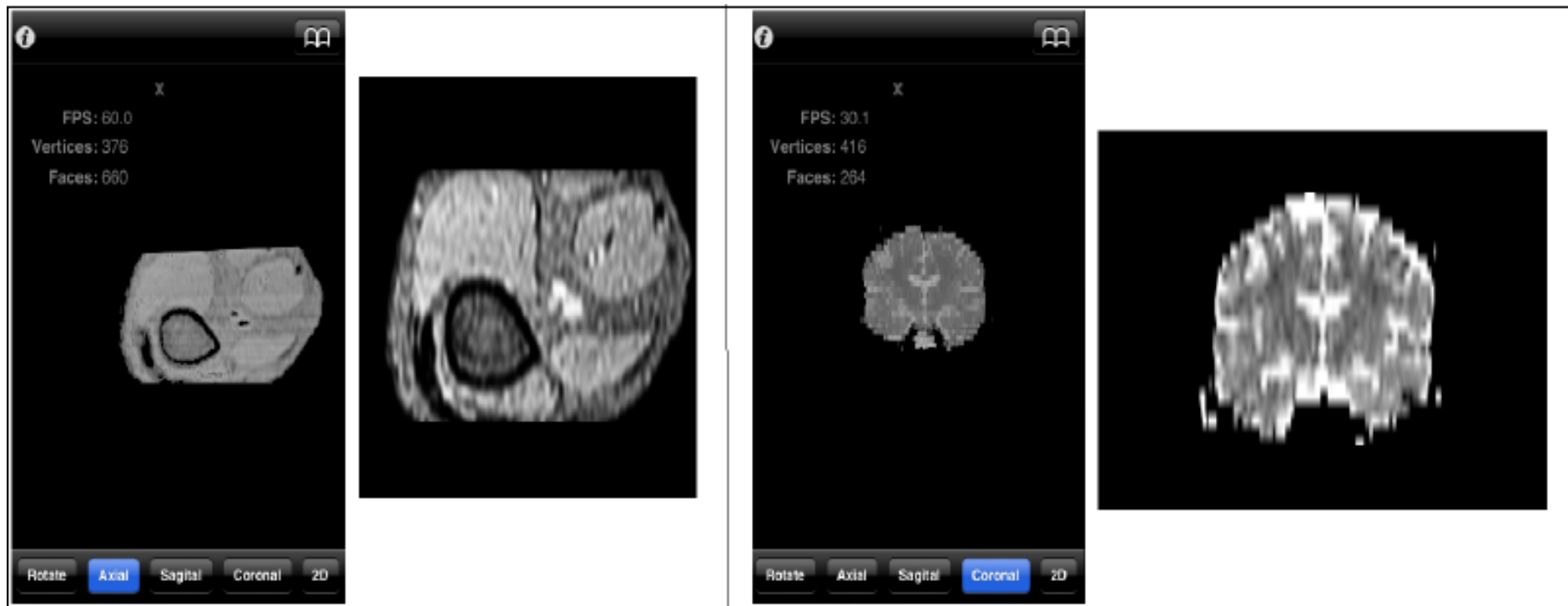
- Fatiamento do volume
 - geração das imagens nas outras direções
 - quanto maior a quantidade de fatias melhor a resolução da imagem gerada



Comparação com trabalhos correlatos

| Características\Trabalhos correlatos | InVesalius | Osirix | Roepke (2010) | Oliveira (2013) |
|--|------------|--------|---------------|-----------------|
| Ler arquivos DICOM | X | X | | X |
| Visualização em duas dimensões | X | X | X | X |
| Tratamento das imagens | X | X | X | |
| Visualização volumétrica | X | X | | X |
| Visualização interna do volume | X | X | | |
| Visualização em mais de três dimensões | | X | | |
| Separação do volume em componentes | X | X | | |
| Fatiamento do volume | X | X | | X |
| Geração da imagem em mais de uma direção anatômica | X | X | | X |
| Aplicação para dispositivos móveis | | X | X | X |

Comparação com trabalhos correlatos



Consumo de memória e desempenho

- Foi utilizado nos testes um iPad4
 - 1GB de memória DDR2 RAM
 - processador dual core Apple Swift de 1.4 GHz
 - processador gráfico Quad core PowerVR SGX554MP4
- Programa Instruments do Xcode para obter os dados para a análise

Consumo de memória

- Visualização do exame do crânio no iPad4

| Momento | Uso inicial de memória | Uso mínimo de memória | Uso máximo de memória |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Antes da seleção do exame | 62,98MB | 32,91MB | 62,98MB |
| Ao ler os arquivos do exame | 33,03MB | 33,03MB | 86,79MB |
| Visualização volumétrica do exame | 43,46MB | 43,46MB | 43,46MB |

- Visualização do exame do joelho no iPad4

| Momento | Uso inicial de memória | Uso mínimo de memória | Uso máximo de memória |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Antes da seleção do exame | 62,98MB | 32,91MB | 62,98MB |
| Ao ler os arquivos do exame | 49,87MB | 49,87MB | 324,11MB |
| Visualização volumétrica do exame | 131,07MB | 131,07MB | 131,03MB |

Consumo de memória

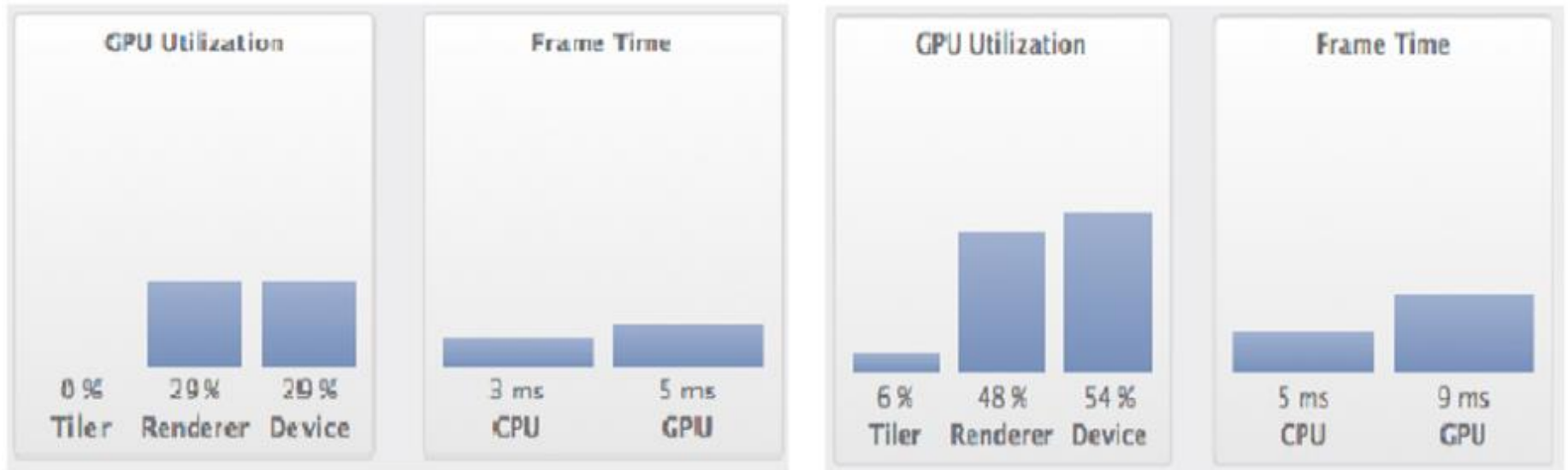
- Uso de memória maior que o limite do dispositivo na geração das imagens
- Teste da geração das imagens no simulador

| Exame | Uso inicial de memória | Uso máximo de memória |
|--------|------------------------|-----------------------|
| Crânio | 64,06MB | 87,48MB |
| Joelho | 203,03MB | 315,67MB |

Desempenho

| Ação | Tempo (segundos) do exame do crânio | Tempo (segundos) do exame do joelho |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ler os arquivos do exame e desenhar o volume | 5,618 | 14,207 |
| Gerar as imagens (simulador) | 0,758 | 3,07 |

- Visualização 3D do crânio e do joelho



Conclusões

- Atende aos requisitos propostos
- Contribuição com uma biblioteca que lê arquivos DICOM no iOS
- Fatiamento do volume em três direções anatômicas
- Geração de imagem com resultados próximos ao do InVesalius
- Aplicação desenvolvida para iOS

Conclusões

- Limitações
 - Impossibilidade de visualizar elementos do corpo separados
 - Impossibilidade de realizar o fatiamento em outras direções anatômicas
 - Espaço visível ao usuário entre uma fatia e outra
 - Imagens com baixa resolução quando o exame tem poucas fatias
 - Impossibilidade de gerar as imagens no dispositivo

Extensões

- Extender a biblioteca para ler arquivos DICOM com imagens de qualquer tamanho
- Otimizar o uso de memória para utilizar todos os recursos da aplicação no dispositivo
- Renderizar o contorno do volume
- Implementar o algoritmo ray casting
- Implementar o algoritmo marching cubes
- Renderizar elementos diferentes do corpo
- Realizar o fatiamento em mais de três direções
- Testar o limite dos dispositivos móveis com a execução destes algoritmos

Demonstração

Fim

- Obrigado!