

1

Introdução

O homem se preocupa, desde sempre, com a questão da saúde. Estudos comprovam que uma das principais causas de morte no mundo é o câncer (WunschFilho02) e por isso existe uma grande mobilização no sentido de buscar soluções para um tratamento eficaz desta doença.

Este trabalho utiliza como objeto de estudo o fígado. O câncer de fígado pode ser dividido basicamente em duas categorias: o primário e o secundário, ou metastático (originado em outro órgão e que atinge também o fígado).

O CHC (carcinoma hepatocelular - tumor maligno primário mais freqüente que ocorre em mais de 80% dos casos) não está entre os dez mais incidentes no Brasil, segundo dados obtidos dos Registros de Base Populacional existentes. Sua taxa de incidência padronizada por 100 mil habitantes variava de 1,07 em Belém, em 1988, a 9,34, em Porto Alegre, em 1991 para pacientes do sexo masculino. Para mulheres a taxa variou de 0,28, em Belém, em 1988, a 7,04 em Goiânia em 1990.

Apesar disso, de acordo com os dados consolidados sobre mortalidade por câncer no Brasil em 1999, o câncer de fígado e vias biliares ocupava a sétima posição, sendo responsável por 4.682 óbitos. Isto ocorre porque este tipo de câncer requer alta complexidade no seu diagnóstico e proficiência no tratamento (Hepaticas08), e a taxa de mortalidade é virtual, igual à taxa de incidência.

No diagnóstico do câncer do fígado observa-se um tempo muito pequeno de evolução, onde o paciente apresenta uma doença geralmente muito avançada quando é diagnosticado com um tempo de evolução da sintomatologia muito curto. O tempo que o tumor leva para duplicar o volume de massa tumoral é muito curto em comparação com outros tumores, sendo em média de 4 meses no CHC (Hepaticas08).

O diagnóstico precoce é de fundamental importância para o sucesso do tratamento contra o câncer. Para isso, vêm sendo desenvolvidos exames capazes de permitir a realização de diagnóstico em tempo hábil para que os tumores possam ser controlados ou até mesmo eliminados. Neste sentido, os exames com geração de imagens não invasivos correspondem às mais modernas ferramentas

para o diagnóstico precoce do câncer. Como exemplos, podem ser mencionados a ressonância magnética e a tomografia computadorizada (TC).

A tomografia computadorizada, quando realizada com contraste endovenoso dinâmico, isto é, com cortes sem contraste, com contraste no tempo arterial, portal e supra-hepático, consegue identificar lesões neoplásicas do fígado com exatidão de 75% a 90%. Porém, lesões menores do que 3 cm têm a sua detecção prejudicada devido à isodensidade do parênquima hepático normal (Hepaticas08).

O tratamento cirúrgico é o mais indicado nos tumores hepáticos primários, na ausência de metástases à distância e nos tumores hepáticos metastáticos em que a lesão primária foi ressecada ou é passível de ser ressecada de maneira curativa. Para eficácia e segurança na ressecção hepática é necessário grande conhecimento da anatomia e compreensão da fisiologia do fígado, além de informações detalhadas do fígado do paciente em questão para um estudo pré-operatório de planejamento cirúrgico.

Apesar da tecnologia desenvolvida, mesmo nos centros médicos mais desenvolvidos, a análise de tais exames é, ainda hoje, na grande maioria dos casos, visual e as medidas realizadas são, em geral, pouco precisas (Kakinuma99, Li02). Além disto, apesar da existência de exames em 3D, como é caso da tomografia computadorizada helicoidal, a análise das imagens resultantes ainda é feita, predominantemente, em 2D. Portanto, são necessárias ferramentas de auxílio ao diagnóstico que permitam a visualização e modelagem 3D dos objetos de interesse, bem como, a automatização e o aumento da precisão das medidas (Lang05, Lamade00).

Este trabalho se insere neste escopo, procurando fornecer métodos e uma ferramenta, predominantemente automáticos, que permitam ao médico obter informações precisas sobre o fígado, seus vasos e nódulos de um dado paciente, de forma a colaborar para o seu planejamento cirúrgico. Com isso, ele pode estabelecer uma melhor forma de lidar com a patologia, sem precisar se submeter a um estudo exaustivo de muitas imagens.

1.1 Motivação

Imagens de TC têm sido utilizadas largamente em diagnóstico de doenças e medidas de volume para planejamento cirúrgico e transplantes. A segmentação automática das estruturas relevantes bem como a medida automática de volume baseada na segmentação são um passo crítico para o diagnóstico assistido por computador e para o planejamento cirúrgico (Lim04, Pohle03). Em particular, a análise de imagens do fígado obtidas por TC apresenta al-

guns desafios. Este órgão apresenta uma anatomia topográfica diferente da sua anatomia funcional. Esta foi descrita por Claude Couinaud (Couinaud57), a partir dos estudos anatômicos que detalharam as 8 unidades funcionais do fígado, denominadas de segmentos hepáticos.

Atualmente as condições de análise de tomografias computadorizadas são basicamente visuais (Kakinuma99, Li02). Segundo Li (Li02), esta acaba sendo uma fonte de erros, já que o especialista é submetido a uma exaustiva rotina de análise a partir de um número absurdamente grande de imagens, e o cansaço evidencia a ocorrência de erros por falha humana.

Para analisar as características de uma estrutura anatômica e classificá-la, geralmente necessita-se que o especialista realize uma segmentação semi-automática das imagens em todos os cortes tomográficos (fatias) onde ela está presente. Este procedimento é custoso tanto em relação ao tempo despendido pelos especialistas, quanto pela precisão motora e atenção do operador.

Um grande problema na segmentação semi-automática é a subjetividade envolvida no julgamento do especialista no momento de decidir quais são os pixels que devem ser considerados como parte integrante da estrutura anatômica e quais devem ser desconsiderados. Por ser estritamente subjetivo, este julgamento é sujeito a variações, não somente entre análises realizadas por especialistas distintos, mas também, entre análises realizadas pelo mesmo especialista.

O erro provocado por esta subjetividade, intrínseca ao processo de segmentação semi-automática, pode ser desprezado dependendo da experiência e preparo do especialista. Esta, porém, acaba por se tornar uma variável de erro sobre a qual não se tem muito controle, e portanto deve ser minimizada sempre que possível. A segmentação é a primeira e mais difícil fase no processo de análise de uma imagem e, no caso de imagens abdominais, ela se torna particularmente árdua devido à semelhança de intensidade de pixels pertencentes a estruturas anatômicas diferentes e vizinhas, que podem acabar sendo facilmente confundidos.

Este trabalho pretende desenvolver e avaliar uma metodologia de segmentação semi-automática do fígado, seus vasos e sub-regiões a partir de imagens de TC, tendo como motivação a identificação destas estruturas para o planejamento cirúrgico de pacientes com câncer hepático.

1.2 Objetivos

Este projeto tem por objetivo desenvolver uma metodologia e uma ferramenta semi-automática para a segmentação do fígado, suas veias e sub-regiões

de Couinaud utilizando imagens de tomografia computadorizada. Deste modo este trabalho pretende prover uma ferramenta auxiliar para planejamento cirúrgico para operações do fígado. Como objetivos devem ser mencionados:

Geral: Desenvolver uma metodologia para segmentação automática das estruturas do fígado.

Específicos:

1. Desenvolver e avaliar um método para segmentação do fígado a partir de imagens de Tomografia Computadorizada (TC).
2. Desenvolver e avaliar um método para segmentação dos vasos de irrigação do fígado.
3. Desenvolver e avaliar um método para segmentação das sub regiões de Couinaud do fígado.
4. Desenvolver ferramentas de visualização 2D e 3D de todas as estruturas segmentadas.
5. Desenvolver uma ferramenta de segmentação manual e edição dos resultados de segmentação.
6. Construção de uma biblioteca de funções em C++ que permita a rápida prototipação de novas ferramentas semelhantes à desenvolvida neste trabalho.
7. Construção de um protótipo em C++ que implemente as técnicas desenvolvidas neste trabalho.

Para que os objetivos propostos pudessem ser atingidos, foi estabelecida uma série de etapas cumpridas no decorrer do projeto, enunciadas a seguir:

1. Construção do banco de exames.
2. Desenvolvimento e avaliação de um método baseado em modelos deformáveis para segmentação do fígado.
3. Desenvolvimento e avaliação de um método para segmentação de vasos de irrigação do fígado.
4. Desenvolvimento e avaliação de um método para segmentação das sub-regiões de Couinaud do fígado.
5. Desenvolvimento de ferramentas de visualização dos resultados obtidos.

6. Desenvolvimento de ferramentas de edição e segmentação manual das diversas estruturas anatômicas envolvidas.
7. Implementação dos métodos em biblioteca C++.
8. Desenvolvimento do protótipo em software C++ e Qt.
9. Avaliação de Resultados.
10. Publicações
11. Monografia
12. Defesa

1.3

Estrutura da Dissertação

A presente monografia encontra-se dividida em mais 6 capítulos além deste, organizados como descrito a seguir:

- Capítulo 2 - Este capítulo introduz conceitos referentes ao ambiente de aplicação deste projeto na área médica, para familiarizar o leitor à anatomia hepática e à estrutura de imagens médicas.
- Capítulo 3 - O Capítulo 3 apresenta os fundamentos teóricos de computação necessários para o entedimento desta dissertação. São apresentados conceitos fundamentais sobre Processamento de Imagens, *Level Sets* e Algoritmos genéticos. Em processamento de imagens são apresentadas técnicas básicas de análise e diferentes tipos de segmentação. No tópico sobre *level sets*, apresenta-se esta técnica e alguns de seus fundamentos matemáticos. Também são apresentados os algoritmos genéticos: um método de otimização e busca utilizado neste projeto.
- Capítulo 4 - A metodologia desenvolvida neste projeto para segmentação e otimização dos parâmetros de segmentação é apresentada em detalhes no capítulo 4. Nele são abordados os métodos de segmentação do fígado, seus vasos e nódulos; o método de identificação de veias, e a segmentação em regiões de Couinaud.
- Capítulo 5 - Aqui são apresentados os resultados obtidos na aplicação do método proposto através da implementação de um protótipo. Os resultados ilustrados neste capítulo são avaliados quantitativamente, através da comparação com um banco de dados de referência, e também visualmente através dos modelos 3D e das diferentes vistas 2D gerados.

- Capítulo 6 - No capítulo 6 são apresentadas as conclusões deste trabalho, sendo feita uma análise sobre os resultados obtidos neste projeto e seu potencial de contribuição para aplicações futuras.