

## 7 Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões deste estudo com a avaliação dos métodos de otimização implementados, além de uma discussão sobre possíveis trabalhos futuros nesta mesma linha de pesquisa.

### 7.1. Discussão

Neste trabalho foram avaliados diferentes métodos de otimização pelos critérios da acurácia do resultado e da carga computacional. O problema de otimização que foi a base para o estudo, consistiu em determinar os valores ótimos dos parâmetros que modelam a estrutura tridimensional dos vasos sanguíneos em imagens de tomografia computadorizada.

Foram implementados e testados os métodos: Evolução Diferencial (*DE*), Busca Generalizada de Padrões (*GPS*), Busca Generalizada de Padrões com Evolução Diferencial (*GPS+DE*), Busca Generalizada de Padrões com algoritmo de Distribuição Uniforme (*GPS+UD*), Busca Direta de Malha Adaptativa (*MADS*), Busca Direta de Malha Adaptativa com algoritmo de Distribuição Uniforme (*MADS+UD*) e o Algoritmo de Nelder-Mead (*NM*). A avaliação envolveu testes de hipótese formulados com base nos resultados da aplicação destes métodos em 50 pontos aleatoriamente escolhidos de um Banco de Imagens de tomografia computadorizada.

Os resultados da avaliação apontaram o método *NM* como aquele que produziu o melhor conjunto de valores para os parâmetros do algoritmo de extração de árvores vasculares, enquanto que o método *DE* foi o que apresentou o pior desempenho. Além disso, os resultados indicaram ainda os métodos *GPS+UD* e *GPS+DE* como alternativas similares ao *NM*, apesar de terem maior custo computacional associado. E por último, os métodos *MADS* e *MADS+UD* apresentaram também os piores resultados.

Do ponto de vista da carga computacional, o método *NM* obteve também um bom desempenho, não foi o menor, mas conseguiu ser mais eficiente do que a maioria dos métodos estudados, superado apenas pelos métodos *MADS* e *MADS+UD*.

Muito embora todo o estudo tenha se baseado no problema de segmentação de árvores vasculares em imagens de tomografia computadorizada, é razoável supor que o algoritmo Nelder-Mead seja igualmente adequado para ajuste de parâmetros de algoritmos de segmentação de imagens bi e tridimensionais. De qualquer forma, uma conclusão definitiva requererá um estudo mais abrangente, envolvendo diversos algoritmos de segmentação e imagens de diferentes características.

## **7.2. Trabalhos Futuros**

Como possíveis desenvolvimentos futuros nesta mesma linha de pesquisa, podemos citar a avaliação de mais métodos já estabelecidos na literatura, em especial aqueles que têm a capacidade de realizar uma otimização mista de maneira global e local, isto é, métodos capazes de realizar uma busca sobre todo o espaço de parâmetros a fim de evitar possíveis mínimos locais, e depois realizar uma busca local de maneira de obter uma convergência adequada. Considerando que a maioria dos métodos implementados neste trabalho são orientados a uma busca local, seria interessante testar algoritmos de busca global como o *Particle Swarm Algorithm*, *Simulated Annealing* ou *Response Surface Methods*.

Outra possibilidade é a implementação paralela dos métodos utilizando-se diferentes processos ou mesmo GPU para acelerar o processo de otimização, visto que um aspecto crítico da metodologia proposta por Oliveira (Oliveira, 2013), como de resto na maioria dos problemas de segmentação de imagens, está justamente centrado nesta etapa de otimização dos parâmetros.

## **7.3. Considerações Finais**

Considerando que as doenças cardiovasculares são a maior causa de falecimentos no mundo, muitos esforços têm sido feitos visando ao diagnóstico automático destas enfermidades em um tempo aceitável para realizar o tratamento mais adequado para os pacientes.

Esta pesquisa foi desenvolvida a fim de conseguir melhorar o desempenho da metodologia de segmentação da árvore vascular usada neste trabalho, através da avaliação de diferentes métodos de otimização, de maneira que os resultados do processamento possam ser usados no diagnóstico clínico e no planejamento cirúrgico das diferentes doenças cardiovasculares.

A avaliação da coerência dos resultados obtidos com a aplicação dos métodos sobre um exame inteiro não foi o escopo do trabalho, mas de maneira complementar foram realizados testes com resultados visuais que, embora não apresentados para todos os métodos ou exames, demonstraram que o desempenho do método de otimização utilizado na etapa de definição dos parâmetros que modelam a estrutura dos vasos sanguíneos influi diretamente no desempenho global da metodologia da segmentação da árvore vascular.

Finalmente, a implementação dos métodos de otimização como ferramentas computacionais de código livre é um dos maiores êxitos alcançado nesta pesquisa, fornecendo a oportunidade de utilizar estas ferramentas a quem estiver interessado no desenvolvimento destes métodos.