

## 7 Conclusões e Trabalhos Futuros

### 7.1. Conclusões

O objetivo principal deste trabalho foi modelar e desenvolver um sistema híbrido neuro-fuzzy-genético, capaz de realizar tarefas de previsão de séries temporais e classificação de padrões de forma automática e com resultados satisfatórios.

Inicialmente foi realizado um estudo detalhado com o objetivo de identificar qualidades e defeitos dos sistemas de mineração de dados mais conhecidos na literatura. Após esse estudo foi escolhido o sistema Neuro-Fuzzy hierárquico BSP (NFHB) [SOUZ99] como base para a construção do sistema automático de mineração de dados. As principais características desse sistema que levaram a essa decisão foram a capacidade de criar a sua própria estrutura automaticamente e a possibilidade de usar uma quantidade maior de variáveis de entrada, além de possuir bons resultados.

O sistema NFHB possui um número grande de parâmetros de configuração e, para criar um sistema completamente automático, foi modelado um sistema complementar de otimização. Como foi descrito ao longo do capítulo 3, o sistema NFHB possui onze parâmetros, o que torna a tarefa de otimização dos mesmos um problema complexo.

Sendo assim, foi criada uma arquitetura coevolutiva hierárquica para realizar com grande eficácia a otimização dos parâmetros do sistema NFHB, automatizando esta parte do processo. Foram definidos quatro algoritmos genéticos, de forma que pudessem evoluir em conjunto, trocando informações e cooperando entre si. Cada algoritmo genético otimizou uma parte dos parâmetros do sistema NFHB. Um algoritmo genético otimizou parâmetros gerais do sistema representando o componente principal; os outros algoritmos genéticos foram responsáveis por otimizar parâmetros relativos aos antecedentes, aos conseqüentes e a parâmetros específicos do problema. Cada um dos algoritmos genéticos componentes foram devidamente configurados bem como os operadores genéticos utilizados. Também foi definida a figura de

um gerenciador central, responsável por sincronizar os algoritmos genéticos e coordenar a troca de informações entre os mesmos.

Foi realizado um estudo de casos englobando problemas de previsão de séries temporais e classificação de padrões. Para previsão foram utilizadas seis séries de carga elétrica de companhias elétricas brasileiras e para aplicações de classificação de padrões foram utilizadas quatro bases de dados conhecidas, *Wine Data*, *Glass Data*, *Bupa Liver Disorders* e *Pima Indian Diabetes*.

Os resultados obtidos para os problemas de previsão foram comparados com outros modelos configurados por especialistas, entre eles: métodos estatísticos, *BackPropagation*, Redes Neurais Bayesianas e com o próprio sistema NFHB original. Os resultados obtidos pelo sistema neuro-fuzzy-genético foram, de uma forma geral, melhores quando comparados com outros métodos e quando não foram melhores, ficaram próximos.

Os resultados de classificação de padrões foram comparados com o sistema NFHB configurado por especialistas e com diversos modelos conhecidos. De uma forma geral o sistema criado foi muito bem, obtendo o melhor e o segundo melhor resultado para as bases *Pima Indian Diabetes* e *Bupa Liver Disorders*, respectivamente. Para as outras bases testadas, os resultados não foram os melhores, porém estiveram bem próximos dos encontrados por outros métodos, o que já é satisfatório pois representa um sistema completamente automático e está sendo comparado a modelos especialistas na tarefa de classificação de padrões.

Notou-se que os parâmetros não possuem grande variação de um problema para outro, onde um ajuste fino dos valores realizado pelo sistema coevolutivo pode definir melhores resultados. A grande vantagem do sistema criado é o fato de ser altamente automático, facilitando a sua disseminação, o seu uso e até mesmo aumentando a viabilidade de seu uso comercial.

A seção a seguir apresenta sugestões de trabalhos futuros com o objetivo de encorajar a continuidade do trabalho desenvolvido.

## **7.2. Trabalhos Futuros**

A seguir serão apresentadas possíveis extensões ao trabalho realizado.

- **Tentativa de outras configurações de algoritmos genéticos**

Neste trabalho foi criada uma arquitetura coevolutiva hierárquica para otimização dos parâmetros do sistema NFHB. Outras possíveis configurações podem ser testadas com o objetivo de melhorar a modelagem conceitual da hierarquia entre os algoritmos genéticos componentes.

- **Adequação do modelo coevolutivo para outras extensões do sistema NFHB**

Outros modelos foram criados a partir do sistema NFHB, geralmente para melhorar os resultados em tarefas específicas, como os modelos NFHB-Invertido e NFHB-Class criados para problemas de classificação de padrões. Esses modelos apresentam melhores resultados para as tarefas a que se propõem.

Pode-se estender o sistema coevolutivo criado para otimizar também esses modelos para aumentar a gama de possibilidades, até mesmo porque os parâmetros são semelhantes.

- **Implementação de novos métodos de seleção de variáveis**

Atualmente são utilizados três métodos de seleção de variáveis, o método Adaptado Anfis, o método SIE e o LSE. Como foi visto nos resultados, principalmente de previsão, dependendo dos dados um método pode ser ou não o mais adequado.

Uma sugestão é realizar a implementação de outros métodos de seleção de variáveis para aumentar as possibilidades de melhora desta parte fundamental do sistema.