

## 5 Considerações finais

Neste trabalho foram realizados **4984** experimentos<sup>20</sup>, divididos em dois estudos de caso – derivados do petróleo e competição NN3. Os resultados obtidos, como discutidos nas seções 4.4.5.4 e 4.5.5.4, dão suporte às seguintes conclusões:

1. Há vantagem prática em combinar previsores;
2. O sistema NEW funciona como método de combinação;
3. Há vantagens no uso do NEW.

A primeira conclusão reforça uma afirmativa recorrente na literatura: há vantagem prática em combinar previsores (seção 1.3). A segunda e a terceira vêm ao encontro do objetivo principal estipulado anteriormente: considerando a combinação linear de previsores, desenvolver uma metodologia para geração dinâmica de pesos que possa agregar valor aos procedimentos tradicionais, principalmente nas previsões múltiplos passos a frente (seção 1.5).

O sistema NEW funciona como método de combinação no sentido de que, na grande maioria dos casos, suplanta, com a previsão combinada, os desempenhos de cada um dos previsores componentes (*experts* ou previsores individuais). Com relação a se há vantagem ou não desta metodologia sobre outros tipos de combinação, os resultados dos estudos realizados com as duas séries de vendas de derivados do petróleo (DIESEL e GLP) indicam que **sim**. Neste caso, o NEW foi superior tanto no desempenho médio acumulado no horizonte de previsão – o sistema apresentou os menores SMAPEs totais

---

<sup>20</sup> Considerando execução sequencial, o tempo total de processamento para estes experimentos ultrapassaria 59 dias (seções 4.4.5.3 e 4.5.5.3).

(tomados com 12 meses) – quanto na comparação estatística realizada período a período. Considerando o estudo com as 11 séries da competição NN3, embora não haja evidência de superioridade no critério de comparação período a período, há outros **bons** indicativos da validade da metodologia, principalmente múltiplos passos a frente: o sistema NEW apresentou, na média de todas as séries, o menor SMAPE total (tomado com 18 meses), atingindo a segunda colocação no *ranking* da competição; além disso, foi melhor em mais séries – 4 em 11<sup>21</sup> (seção 4.5.5.4). Ainda nos experimentos da competição NN3, deve-se levar em conta que o escopo de testes do sistema NEW esteve reduzido (e.g. menos previsores disponíveis, referência fixa).

Em que pese o fato do seu elevado tempo de treinamento (seções 4.4.5.3 e 4.5.5.3), pode-se apontar, além do desempenho múltiplos passos a frente, duas vantagens do sistema NEW em relação aos métodos tradicionais: (i) **flexibilidade**, conferida pela capacidade de mapeamento não linear das redes neurais em seu núcleo, e (ii) capacidade de **abstração** ou **encapsulamento** da complexidade envolvida no processo de ponderação. Com relação aos melhores hiperparâmetros para os modelos gerados pelo sistema, os experimentos indicam o uso de referência SALY2, desempenhos aproximados MSE, geração de pesos históricos MOR, janela expansiva e normalização padrão (seções 3.2, 3.3, 3.4 e 3.6.1). Esta configuração foi selecionada tanto para a série DIESEL, com previsores HW+ e HW- (seção 4.4.4.2), quanto para as 11 séries da competição NN3, com previsores HW+, HW-, REG+ e REG- (seção 4.5.4.2).

Há extensas possibilidades para estudos futuros; a grosso modo, elas podem ser organizadas em três vertentes:

1. Natureza das séries temporais aplicadas;
2. Hiperparâmetros do sistema NEW;
3. Métodos híbridos.

---

<sup>21</sup> Levando-se em consideração os dois estudos de casos – derivados do petróleo e competição NN3 – o sistema NEW teve o menor SMAPE total em 6 das 13 séries analisadas.

Neste trabalho foram realizados apenas experimentos com séries mensais, em sua maioria, com características sazonais. Uma extensão importante seria avaliar o funcionamento das técnicas aqui empregadas com séries de outra natureza (e.g semanais, diárias, ou mesmo horárias) ou mesmo aprofundar o estudo sobre o porquê de um dado método de ponderação funcionar melhor em um certo tipo de série (seção 4.5.5.4).

De maneira geral, o escopo dos experimentos NEW foi **menos abrangente** que o escopo dos experimentos tradicionais. Assim, uma evolução natural deste trabalho seria explorar mais a fundo os hiperparâmetros do sistema proposto. Pode-se testar, por exemplo, novas séries de referência, novos métodos para geração de pesos históricos e novas janelas de tempo. Com relação às séries de referência, pode-se aprofundar a pesquisa sobre como obter as melhores para um dado problema, ou mesmo investir nas técnicas para geração de referências via simulação de Monte Carlo (seção 3.3). Sobre métodos para geração de pesos históricos, um desdobramento direto é usar técnicas **não convexas**, aumentando o alcance do sistema e diminuindo o viés de comparação com os métodos tradicionais (irrestritos); logicamente, esta possibilidade torna mais difícil o aprendizado das funções de ponderação pelas redes neurais envolvidas (seção 3.8). No que diz respeito ao tamanho das janelas de tempo, seria interessante pesquisar qual a influência deste tamanho na estabilidade dos métodos NEW, de maneira similar ao realizado para os métodos tradicionais (seção 4.4.2.1); nos experimentos realizados até aqui, todos os métodos NEW se mostraram melhores com janelas expansivas.

Diversos outros estudos podem ser conduzidos no sentido da utilização de métodos **híbridos**. Nesta linha, uma possibilidade seria agregar outras técnicas de inteligência computacional ao núcleo do sistema NEW, ou mesmo substituir as redes neurais por outra tecnologia de regressão não linear. Outra possibilidade seria pensar em sistemas parte NEW, parte tradicional ou parte dinâmico, parte estático, chaveados pela natureza do problema em questão (características da série temporal) ou pelo horizonte de previsão desejado. Vale lembrar que neste trabalho, alguns dos melhores métodos selecionados apresentaram pesos estáticos (constantes ao longo de todo o horizonte de previsão).

Por fim, pode-se elencar como contribuição alternativa deste trabalho a introdução dos métodos de **combinação limiar**: métodos tradicionais de

ponderação, redesenhados especialmente para combinações convexas. Os métodos de combinação limiar serviram como base conceitual para experimentos NEW aqui realizados.