

6 Conclusão

Nesta dissertação foi considerada uma nova formulação de modelo não-linear multivariado, o qual combina o modelo não-linear STVAR (*Smooth Transition Vector Autoregressive*) com a metodologia CART (*Classification and Regression Tree*). O modelo resultante é denominado STVAR-Tree e tem como base o conceito de múltiplos regimes, definidos por uma árvore binária

A especificação do modelo é feita através de testes de hipóteses LM (*Lagrange Multiplier*). Desta forma, o crescimento da árvore é condicionado à existência de não-linearidade nas séries modeladas.

Para cada divisão, são estimados os parâmetros lineares, por Mínimos Quadrados Multivariados, e os parâmetros não-lineares, por Mínimos Quadrados Não-Lineares. No momento em que o teste LM rejeita a hipótese de não-linearidade (e divisão de todos os nós) na profundidade em que a árvore se encontra, o procedimento de crescimento da árvore é finalizado e o modelo estimado é o modelo final.

Como forma de avaliação do modelo STVAR-Tree proposto nesta dissertação, foram realizados diversos experimentos de Monte Carlo com o objetivo de constatar a funcionalidade tanto do teste LM quanto da estimação do modelo STVAR-Tree.

Quanto à avaliação do teste LM conclui-se que o teste acusa problemas na identificação de não-linearidade para amostras de tamanho pequeno, o que indica uma tendência para a aceitação da linearidade. Por isso, quanto maior o tamanho da amostra, maior o poder do teste LM, independente do nível de significância e de valores dos parâmetros não-lineares.

Em relação à funcionalidade do modelo STVAR-Tree conclui-se que, para amostras pequenas, a tendência é subestimar os parâmetros lineares, independente do nível de significância do teste LM. Para amostras médias e grandes, o modelo STVAR-Tree estima corretamente os parâmetros. Mas apesar de amostras pequenas subestimarem os parâmetros, como resultado final da estimação, os

modelos conseguem capturar toda a estrutura e ajustar valores próximos aos valores observados.

Na estimação dos parâmetros não-lineares constatou-se que, para valores de γ_{nominal} muito baixos, o modelo STVAR-Tree superestima este parâmetro, independente do tamanho da amostra e do nível de significância. Conforme aumentamos o valor de γ_{nominal} , o modelo melhora as estimativas de $\hat{\gamma}$, com destaque para amostras grandes. O modelo STVAR-Tree não apresenta problemas para estimar o parâmetro de locação c .

Após a realização dos experimentos de Monte Carlo, o modelo STVAR-Tree foi aplicado às séries brasileiras de Vazão de Rios e às séries de Preço Spot de energia elétrica do mercado brasileiro. Com a finalidade de evitar a estimação de árvores complexas e também de reduzir o tempo computacional, limitou-se árvores com no máximo 8 folhas (nós terminais).

No primeiro estudo, constatou-se, estatisticamente, que o modelo STVAR-Tree comparado ao modelo PAR(p) através das medidas de MAPE no período out-of-sample, teve um ajuste muito superior. Duas das três estratégias de previsão do STVAR-Tree, RC e ARC, apresentaram MAPE muito melhores.

No segundo estudo, conclui-se que, em geral, a modelagem STVAR-Tree não teve um ajuste superior ao ajuste da modelagem Neuro-Fuzzy. Entretanto, duas das três estratégias de previsão do STVAR-Tree, RC e ARC, apresentaram MAPE melhores para o sub-mercado Nordeste.

Estes resultados das duas aplicações mostram que o modelo não-linear multivariado denominado STVAR-Tree é capaz de ser aplicado a problemas reais e que pode competir com modelos já existentes, lineares ou não-lineares. No primeiro caso, o modelo STVAR-Tree ganhou do modelo PAR(p) com uma vantagem bastante expressiva. E no segundo, o modelo STVAR-Tree ganhou da modelagem Neuro-Fuzzy em uma das quatro séries.

Como trabalho futuro fica a recomendação da extensão dos modelos não-lineares multivariados. E isto pode ser feito a partir da detecção da presença de um vetor de co-integração num sistema. Então, ao invés de estimar o modelo STVAR-Tree, deve-se desenvolver e estimar um modelo, o qual pode ser denominado STVEC-Tree.