



**Sociedade Brasileira de
Inteligência Computacional**
Brazilian Computational Intelligence Society
<http://sbic.ct.ufrn.br/>

Learning & Nonlinear Models

ISSN 1676-2789

*Special Issue on Time Series Analysis
and Prediction (Part 2)*

Volume 10 - Number 3

2012

Editor-in-Chief

Guilherme de Alencar Barreto
Universidade Federal do Ceará, Brazil

Editorial Board

Alexandre Pinto Alves da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

André Fabio Kohn
Universidade de São Paulo (Brazil)

Antonio Marcus Nogueira Lima
Universidade Federal da Paraíba (Brazil)

Jurandir Nadal
Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brazil)

Luis Antônio Aguirre
Universidade Federal de Minas Gerais (Brazil)

Luiz Pereira Calôba
Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brazil)

Marcelo Cunha Medeiros
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brazil)

Mohamed Ali El-Sharkawi
University of Washington (USA)

Paul John Werbos
National science Foundation (USA)

Takashi Yoneyama
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (Brazil)

Yaser Abu-Mostafa
California Institute of technology (USA)



**Sociedade Brasileira de
Inteligência Computacional**
Brazilian Computational Intelligence Society
<http://sbic.ct.ufrn.br/>

2012

Volume 10

Number 3

TABLE OF CONTENTS

Editorial	145-147
Vitor Hugo Ferreira (Editor Convidado)	
Evolving Functional Fuzzy Model for Term Structure of Interest Rates Forecasting	148-156
Leandro Maciel, Fernando Gomide & Rosangela Ballini	
Inferência Bayesiana no Desenvolvimento de Previsores Neurais de Vazão Diária Utilizando Informações de Precipitação	157-165
Caio Monteiro Leocádio & Vitor Hugo Ferreira	
Modelos de Inteligência Computacional para Geração de Séries Sintéticas de Vazões Médias Mensais	166-174
Ricardo Menezes Salgado, Ivette Luna, Rosangela Ballini, Secundino Soares & Donato da Silva Filho	
Análise do Desempenho de Redes Neurais Artificiais no Preenchimento de Falhas em Séries de Precipitação Diária	175-180
Maristela de Salles S. Almeida & Ricardo Carvalho de Almeida	
Echo State Networks in Seasonal Streamflow Series Prediction	181-191
Hugo Valadares Siqueira, Levy Bocato, Romis Attux & Christiano Lyra Filho	
A Quantum-Inspired Evolutionary Learning Process to Design Dilation-Erosion Perceptrons for Financial Forecasting	192-201
Ricardo de A. Araújo, Adriano L. I. Oliveira, Sérgio Soares & Silvio Meira	

Editorial da Edição Especial sobre Análise e Predição de Séries Temporais com Artigos Seleccionados do X Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC'11) – Parte 2

A Revista **Learning and Nonlinear Models (L&NLM)** chega aos seus dez anos com uma história recheada de desafios e de conquistas permanentes. Sua gênese está intimamente ligada à **Sociedade Brasileira de Inteligência Computacional – SBIC (antiga Sociedade Brasileira de Redes Neurais - SBRN)** e desde sua criação em 2003 tem conseguido manter regularidade em suas publicações, contemplando dois números anuais no período de 2003 a 2009 e passando a contar com quatro números anuais a partir de 2010. Tal periodicidade mostra que o foco das áreas temáticas de sua linha editorial está em consonância com os interesses de uma ampla comunidade de pesquisadores brasileiros.

A **L&NLM** foi uma das primeiras revistas brasileiras a circular exclusivamente em mídia digital. Nesse sentido, seus mentores se posicionaram na vanguarda da editoração de revistas científicas eletrônicas, que hoje se mostra, em nível global, em diferentes áreas do conhecimento humano, uma alternativa viável e vencedora, num mundo editorial ditado por regras de mercado, muitas vezes com custos proibitivos. Exemplos de sucesso desse modelo não faltam.

O **Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC)** é um evento científico bianual organizado e patrocinado pela **SBIC**. Anteriormente reconhecido pela sigla **CBRN (Congresso Brasileiro de Redes Neurais)**, o primeiro evento foi realizado no ano de 1994 na cidade de Itajubá, MG, passando em seguida pelas cidades de Curitiba, PR (1995), Florianópolis, SC (1997), São José dos Campos, SP (1999), Rio de Janeiro, RJ (2001), São Paulo, SP (2003), Natal, RN (2005), Florianópolis, SC (2007) e Ouro Preto, MG (2009), com sua décima edição sendo realizada em Fortaleza, CE, em 2011 onde oficialmente passou a ser denominado **CBIC**.

A série de conferências **CBRN/CBIC** tornou-se o principal fórum nacional para cientistas, engenheiros, educadores e estudantes compartilharem ideias a respeito de novas teorias, técnicas, métodos e aplicações de sistemas artificiais bioinspirados (Redes Neurais, Lógica Fuzzy e Computação Evolucionária), assim como de áreas de pesquisa emergentes relacionadas às áreas anteriormente mencionadas, tais como Sistemas Híbridos, Computação Orgânica, Sistemas Complexos, Computação Quântica e outros.

O **CBIC** tem por objetivo criar um ambiente amigável que possa levar ao estabelecimento ou fortalecimento de cooperações científicas entre seus participantes. A área de inteligência computacional é estratégica, de elevado valor agregado, abrangendo uma diversidade de áreas como Engenharias (Elétrica, Computação, Biomédica, dentre outras) e Ciências Exatas (Computação e Sistemas de Informação, Estatística, Matemática Computacional, Estatística, dentre outras), além de áreas como Biologia, Neurociências e Psicologia. As aplicações são inúmeras, em produtos e serviços na indústria, serviços e comércio, além do setor público.

Em síntese, o **CBIC** constitui um importante espaço de integração para a troca de experiências acadêmico-científicas, sendo reconhecido como um dos encontros mais representativos na área de Inteligência Computacional no Brasil. O **CBIC** vem se consolidando como um evento de referência em âmbito nacional, capacitando e alavancando o desenvolvimento da tecnologia e da ciência nacional, preocupação que também está presente na filosofia que norteia a linha editorial da Revista **L&NLM**.

O aumento da representatividade do **CBIC** trouxe consigo um incremento natural na qualidade dos trabalhos publicados nesta conferência. Neste sentido, a **L&NLM** apresenta duas edições especiais com a seleção de 12 artigos apresentados no **CBIC'11**. Os critérios que nortearam a escolha dos 12 trabalhos estão em absoluta consonância com o *ranking* estabelecido pelo sistema **JEMS** da Sociedade Brasileira de Computação (**SBC**), contando com pareceres emitidos na modalidade *blind-review* pelos membros do Comitê Científico que integraram o referido evento. Vale salientar que cada artigo passou pelo crivo de, pelo menos, três pareceristas. Na 10ª edição do **CBIC**, realizada no período de 08 a 11 de Novembro de

2011 no Hotel Praia Centro em Fortaleza, CE, foram submetidos mais de 360 artigos submetidos, com o evento contando com mais de 300 participantes.

Diante da miríade de aplicações existentes na área de Inteligência Computacional, estas duas edições especiais da **L&NLM** trazem artigos sobre Análise e Previsão de Séries Temporais. Esta área de pesquisa originária da Estatística apresenta uma gama ampla de aplicações, que vão desde Meteorologia, Recursos Hídricos e Energia Elétrica até Finanças, Economia e Medicina. Diante do leque de aplicações, técnicas de Inteligência Computacional vêm sendo aplicadas com sucesso ao longo dos últimos anos para Análise e Previsão de Séries Temporais. Algumas destas técnicas são apresentadas nos artigos integrantes destas duas edições especiais.

O primeiro artigo desta edição especial apresenta a aplicação da modelagem funcional nebulosa evolutiva para estimação dos parâmetros de um modelo econométrico (Nelson-Siegel) de previsão da curva de juros. Tal previsão é essencial para administração de portfólios baseados em títulos públicos, como também para precificação de títulos e derivativos. O modelo evolutivo proposto foi avaliado utilizando uma série histórica de periodicidade diária com informações sobre as Letras do Tesouro Nacional, sendo comparado com um modelo autoregressivo e de passeio aleatório. Os resultados indicam o potencial do modelo proposto, visto que este apresentou estimativas mais acuradas para os parâmetros do modelo Nelson-Siegel em comparação com as abordagens tradicionais.

O segundo artigo trata da aplicação de modelos neurais autônomos para previsão de vazão diária utilizando informações de precipitação. O elevado número de aproveitamentos hidrelétricos existentes no Brasil exige a previsão simultânea de diversas séries de vazão, trazendo consigo a necessidade de modelos automáticos de previsão. Modelos neurais autônomos são metodologias baseadas em redes neurais que apresentam na sua formulação procedimentos automáticos para seleção de entradas, especificação de estrutura e controle de complexidade. Utilizando inferência bayesiana aplicada aos perceptrons de múltiplas camadas (BMLP), este trabalho avalia a aplicabilidade de informações de precipitação nos modelos de previsão de vazão diária. A metodologia proposta é avaliada utilizando séries históricas de periodicidade diária de vazão média e precipitação acumulada apresentando resultados promissores.

O terceiro artigo propõe uma metodologia baseada em técnicas de Inteligência Computacional para geração de séries sintéticas de vazões médias mensais. Tais séries são essenciais para simulação de bacias hidrográficas em estudos de planejamento energético e gestão de recursos hídricos. A metodologia proposta é baseada na modelagem das séries históricas de vazão média para cada mês. A etapa de modelagem é realizada por dois modelos, um baseado em um sistema de inferência fuzzy (SIF) e outro em perceptrons de múltiplas camadas. Uma vez modeladas as séries mensais, para geração da série sintética é aplicada a técnica de *bootstrapping* aos respectivos resíduos. A metodologia foi avaliada utilizando dados mensais de vazões em dois postos na bacia do Rio Grande evidenciando a potencialidade da metodologia proposta.

O quarto artigo traz a análise comparativa do desempenho de modelos neurais para preenchimento de dados faltantes em históricos de precipitação diária. Uma série de dados de precipitação sem falhas é de grande valia para o desenvolvimento de estudos e modelos em hidrologia. Foram utilizados registros hidrológicos em base diária de estações pluviométricas situadas no Paraná e no Ceará. O modelo neural desenvolvido foi comparado contra dois métodos encontrados na literatura (método da distância inversa e regressão linear múltipla), com os modelos neurais apresentando resultados superiores.

O quinto artigo trata da aplicação de redes neurais com estado de eco (*echo state networks*) para previsão de séries de vazão mensal. Estes modelos são interessantes por estabelecer um compromisso entre flexibilidade na aproximação funcional e simplicidade do processo de treinamento. Utilizando uma série histórica de vazão mensal para a bacia de Furnas, são comparadas diversas metodologias para especificação e treinamento dos modelos com estado de eco, sendo obtidos resultados promissores.

O sexto e último artigo apresenta uma proposta baseada em perceptrons de dilatação-erosão (*dilation-*

erosion perceptrons) utilizando programação evolucionária com inspiração quântica na etapa de aprendizado (quantum-inspired evolutionary learning process) para previsão de séries financeiras. O foco do trabalho reside na proposição de uma ferramenta para superação do dilema do passeio aleatório, fenômeno comum em previsão de séries financeiras onde as previsões apresentam atraso de um instante de tempo em relação aos valores verificados. A metodologia proposta foi validada utilizando uma série temporal com periodicidade diária de um índice financeiro, apresentando resultados consistentes e encorajadores.

Os seis artigos desta Edição são um extrato das diversas contribuições apresentadas no **CBIC'11** na área de Inteligência Computacional Aplicada à Análise e Previsão de Séries Temporais. A décima primeira edição do **CBIC** será realizada em 2013 na cidade de Recife, PE, e desta forma, aproveitamos a oportunidade para convidar os leitores da **L&NLM** para submeterem seus trabalhos e participar do evento. Da mesma forma, convidamos também todos os leitores a participar do amadurecimento e consolidação da **SBIC**, seja através da sua filiação à sociedade, participação nos eventos promovidos, e/ou submissão de artigos, divulgação e citação de trabalhos publicados na **L&NLM**. Somente com o apoio dos leitores da **L&NLM** e dos membros da **SBIC** conseguiremos alavancar a representatividade da **L&NLM** e da **SBIC** junto à comunidade científica e à sociedade civil.

Gostaríamos ainda de aproveitar a oportunidade e agradecer ao atual Presidente da **SBIC**, Prof. Dr. José Alfredo F. da Costa, ao atual Vice-Presidente da **SBIC**, Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis, e especialmente ao atual Secretário da **SBIC** e Editor Chefe da **L&NLM**, Prof. Dr. Guilherme de Alencar Barreto, pelo convite para atuar como Editor Convidado desta ilustre revista e pela oportunidade em publicar esse volume especial em uma área de aplicação tão vasta e importante dentro da nossa linha de pesquisa em Inteligência Computacional.

Por fim, nossos agradecimentos aos autores e a todos os intervenientes que têm contribuído para a construção coletiva da Revista **L&NLM** e do **CBIC**.

Vitor Hugo Ferreira
Editor Convidado