

## **Análise Técnica de Títulos Financeiros Através de Redes Neurais Artificiais**

Antônio Airton C. de Freitas<sup>1</sup>, Ivan Nunes da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEFET-PR/UNED-CP, CP 999, CEP 86300-000, Cornélio Procópio-Pr

<sup>2</sup>UNESP/FE/DEE, CP 473, CEP 17033-360, Bauru-SP

E-mails: carneiro@sercomtel.com.br, ivan@bauru.unesp.br

### **Abstract**

*The motivation behind the use of an artificial neural network is to speed up the analysis or design process substantially. The main advantage of a neural network is in its ability to approximate functional relationships, particularly when the relationship is nonlinear and/or not well defined, and thus difficult to model by conventional means. In this paper, a neural network LVQ is used to aid in technical analysis of financial markets. The network is able to identify and/or locate shapes and figures that describe the behavior of financial markets.*

### **1. Introdução**

A capacidade de Redes Neurais Artificiais em mapear sistemas complexos, sem se ter a necessidade de conhecer eventuais modelos matemáticos que descrevem o seu comportamento, têm se tornado uma ferramenta atrativa que pode ser aplicada em vários processos relacionados ao comportamento de mercados financeiros.

A análise de investimentos em títulos financeiros é de suma importância para as instituições e segmentos que atuam num mercado financeiro globalizado. Em um mercado eficiente, os preços de um ativo financeiro refletem instantaneamente todas as informações relevantes do mercado, e que implicam em decisões por parte dos agentes econômicos no que diz respeito à compra ou venda de títulos [1,2].

Deve-se ressaltar que em mercados financeiros rápidos, tais como mercado de opções e futuros, a rapidez da tomada de decisão é um fator decisivo para se obter competitividade no mercado. Portanto, redes neurais artificiais oferecem uma abordagem atrativa que pode ser utilizada eficientemente na tomada de decisões relativas ao comportamento dinâmico destes mercados.

Neste artigo, uma rede neural artificial é utilizada para auxiliar na tomada rápida de decisões a partir da análise técnica de títulos financeiros. Mais especificamente, utiliza-se uma rede LVQ (Learning Vector Quantization) que é capaz de reconhecer e detectar os movimentos e oscilações do mercado financeiro. Estes movimentos são identificados por curvas e figuras típicas que descrevem o possível comportamento futuro do mercado analisado. Os dados

utilizados para o treinamento da rede são reais e levam em consideração expectativas sobre fatores de ordem econômica. As informações relativas às cotações dos ativos financeiros, que são necessárias para a tomada de decisões, foram atualizadas em intervalos de tempos regulares.

Portanto, a abordagem neural apresentada neste artigo oferece uma ferramenta para auxiliar na detecção de curvas e/ou figuras que indiquem possibilidades (oportunidades) de bons negócios no mercado financeiro, bem como detectar possibilidades de perdas.

Este artigo está organizado como segue. A Seção 2 aborda os aspectos característicos dos mercados financeiros. A Seção 3 descreve o mapeamento do problema da análise técnica de títulos através de redes neurais artificiais. Resultados de simulações e avaliações dos resultados são fornecidos na Seção 4. Finalmente, as conclusões e os pontos-chaves deste artigo são apresentados na Seção 5.

### **2. Análise de investimentos no mercado financeiro**

A análise de investimentos em títulos financeiros segue basicamente duas abordagens de pensamento distintas, que são denominadas por abordagem fundamentalista [3,4] e abordagem técnica [1,2]. A primeira dessas abordagens ocupa-se da determinação do valor da firma, o qual pode ser definido como função das políticas de distribuição (retenção) de lucros, de investimentos e das formas utilizadas para o seu financiamento. Formalmente, tem-se a seguinte equação:

$$V = f(L, I, F) \quad (1)$$

onde:  $V$  é o valor ou preço da firma;

$L$  é o lucro esperado em exercícios futuros;

$I$  são os investimentos realizados e a realizar;

$F$  são as fontes de financiamento utilizadas pela firma.

A abordagem fundamentalista pressupõe que o mercado de capitais não é informacionalmente eficiente ao admitir que os preços correntes das ações não refletem instantaneamente todas as informações relevantes sobre as empresas emissoras. Desta forma, a determinação do valor da empresa ( $V$ ), também

designado de valor intrínseco da firma, funciona como principal variável de decisão. Nesta abordagem de análise de investimentos, o processo decisório de comprar e/ou vender envolve, portanto, o valor teórico da firma ( $V$ ), que corresponde ao seu “justo preço”, e também o preço concorrente de mercado ( $P_m$ ) de suas ações. Desta forma, tem-se duas situações:

I-) Se  $V > P_m$ , implica que a ação encontra-se subavaliada, logo, é uma indicação de compra;

II-) Se  $P_m > V$ , indica que a ação encontra-se sobreavaliada, por conseguinte, na expectativa de que seu preço venha a cair em período futuro infere-se que esta é uma oportunidade de venda ou de não-compra.

A abordagem técnica, por sua vez, apresenta duas vertentes em oposição teórica, ensejando a demarcação de duas linhas de análise de investimento em títulos. Uma delas suportada pela hipótese de eficiência dos mercados de títulos, e a outra, pela ineficiência desses mercados. Como a hipótese de ineficiência implica na aleatoriedade de séries de preços ou retornos de títulos, esta vertente da abordagem técnica passou a ser designada por essa característica estocástica. Com o desenvolvimento da geometria fractal, foi criada uma forma de simulação mais realista da flutuação de preços em momentos de grande turbulência. A outra vertente manteve o designativo abordagem técnica, significando o conjunto de técnicas e instrumentais analíticos para a realização de projeções de preços futuros de títulos com base nas tendências de suas séries de preços.

Pela abordagem técnica, o preço  $P$  de uma ação estimado no momento  $t$  para um período à frente ‘ $t+1$ ’ é fornecida em função de seus valores passados, ou seja:

$$P_{t+1} = f(P_t, P_{t-1}, P_{t-2}, \dots, P_{t-N}) \quad (2)$$

Na visão de um analista financeiro adepto da abordagem técnica, os preços de um ativo refletem todas as informações que são relevantes para a tomada de decisões e que levam à compra ou venda de títulos.

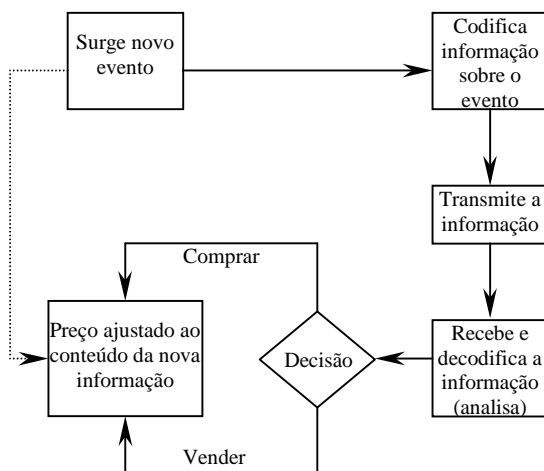


Figura 1. O Processo de Ajuste de Preços

Partindo desses pressupostos, o ajustamento dos preços ao conteúdo dessas informações se dariam rapidamente sem custos adicionais. A disseminação das informações e o processo de ajuste de preços é esquematizado conforme a Figura 1.

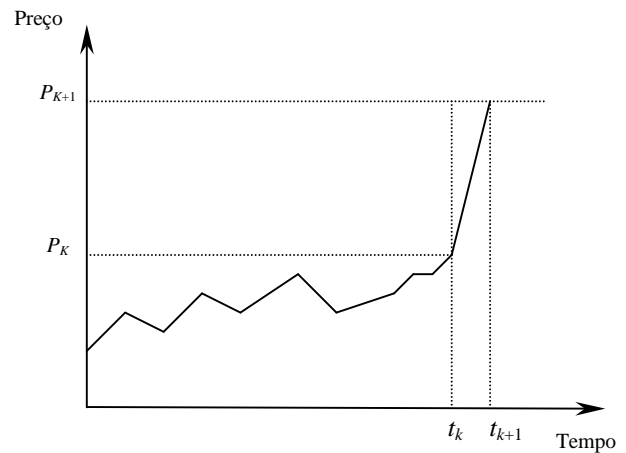


Figura 2. O Ajuste Brusco de Preços

Um fato fundamental é quando surge uma nova informação (Ex: pacotes econômicos, liberação de câmbio muito apreciado, etc.) que causa um ajuste brusco nos preços dos ativos (Figura 2). Quando ocorre um fato fundamental, existe a grande possibilidade de mudar as expectativas do mercado, logo se faz necessário um período de acomodação de preços e formação de uma possível nova base de dados.

Os analistas financeiros em geral, assim como os economistas para as tendências macroeconômicas, distinguem dois conceitos: ciclo e tendência [1,2]. Estes conceitos são utilizados, por exemplo, na elaboração de gráficos a partir de séries históricas. No ciclo, a alternância dos pontos de alta e baixa da série se sucedem numa ordem determinada. Somente quando se observa a mesma série com base em médias ao longo do tempo é que pode surgir a tendência, representada por uma trajetória que dá sentido aos números analisados.

Pela teoria de Dow [1], os movimentos dos mercados seguem tendências, ora de baixa, ora de alta e, em determinadas situações há a formação de ciclos. Já na teoria de Elliot [2], essas tendências que mostram as fases do mercado obedecem à formação de “vagas” de acordo com a série de Fibonacci, implicando na formação de figuras típicas de alta, baixa e acumulação de preços. Um exemplo típico desta figura é ilustrado na Figura 3.

A partir da análise da Figura 3 é possível determinar o comportamento do mercado através de suas fases. Para a situação de mercado em alta, as fases que descrevem o seu comportamento são:

- Fase 1 – Tendência de Acumulação;
- Fase 2 – Tendência de Alta Sensível;
- Fase 3 – Tendência de Euforia.

Para o mercado em baixa, as seguintes fases são observadas:

- Fase 1 – Tendência de Baixa Sensível;
- Fase 2 – Tendência de Pânico;
- Fase 3 – Tendência de Baixa Lenta.

Através da identificação destas tendências, caracterizadas pelas fases e pelos triângulos de reversão, determina-se o grau de expectativa do mercado em relação aos preços futuros das ações. Como exemplo, se num exato momento for identificada uma fase de alta sensível, torna-se bastante provável que uma fase de euforia acontecerá nos próximos intervalos de tempo.

Normalmente, o processo de identificação destas fases é feito manualmente, visto que não há disponível métodos que as detectem automaticamente. Como conseqüência, a tomada de decisão é afetada, pois o tempo gasto para a análise e detecção das tendências torna-se um fator limitante. Na próxima seção, apresenta-se uma rede neural do tipo LVQ que identifica estas fases automaticamente.

### 3. Identificação de tendências através de uma rede LVQ

Neste trabalho, a identificação das várias tendências de mercado foi feita utilizando uma rede do tipo LVQ-1. A LVQ-1 é um algoritmo supervisionado que a partir das informações sobre as várias classes que definem o processo analisado, move os vetores quantizadores do sistema com o objetivo de melhorar as regiões de decisões do sistema.

Um vetor de entrada  $x_i$ , cujas componentes possuem valores aleatórios obtidos a partir do espaço de entrada, é comparado com os vetores  $w_j$  que representam as  $j$ -ésimas classes (neurônios) associadas

ao processo analisado. Se o vetor de entrada  $x_i$  possui o maior nível de proximidade em relação ao vetor  $w_j$ , então o vetor  $w_j$  é atraído em direção ao vetor  $x_i$ ; caso contrário, o vetor  $w_j$  é repellido em relação à direção do vetor  $x_i$ . Dado que  $C_{w_j}$  representa a classe associada ao vetor  $w_j$  e  $C_{x_i}$  denota a classe associada ao vetor de entrada  $x_i$ , então o algoritmo de aprendizado da rede LVQ-1 (aplicado apenas ao neurônio vencedor) pode ser sintetizado da seguinte forma:

$$\text{Se } C_{w_j} = C_{x_i}$$

$$\text{Então } w_j(t+1) = w_j(t) + \eta[x_i - w_j(t)] \quad (3)$$

$$\text{Senão } w_j(t+1) = w_j(t) - \eta[x_i - w_j(t)] \quad (4)$$

onde  $\eta$  é a taxa de aprendizagem. A convergência dos vetores  $w_j$  ocorre após a aplicação sucessiva de todos vetores de entrada  $x_i$  pertencentes ao respectivo conjunto de entrada. Um estudo detalhado do algoritmo LVQ-1 pode ser encontrado em [5-7].

A rede LVQ-1 foi treinada para duas situações: i-) identificar as fases que representam os ciclos e tendências; ii-) localizar os triângulos de reversão de alta e baixa.

Para a primeira situação, seis neurônios (vetores quantizadores) são utilizados para representar cada uma das seis classes que representam as tendências (fases) do sistema. Para o treinamento, utilizou-se 12 figuras completas que descrevem as fases de diferentes comportamentos de mercados. Após a convergência dos vetores quantizadores, a rede é capaz de identificar a possível tendência de mercado quando um novo conjunto de vetores que descrevem o comportamento atual do mercado é apresentado.

Para a segunda situação, dois neurônios são

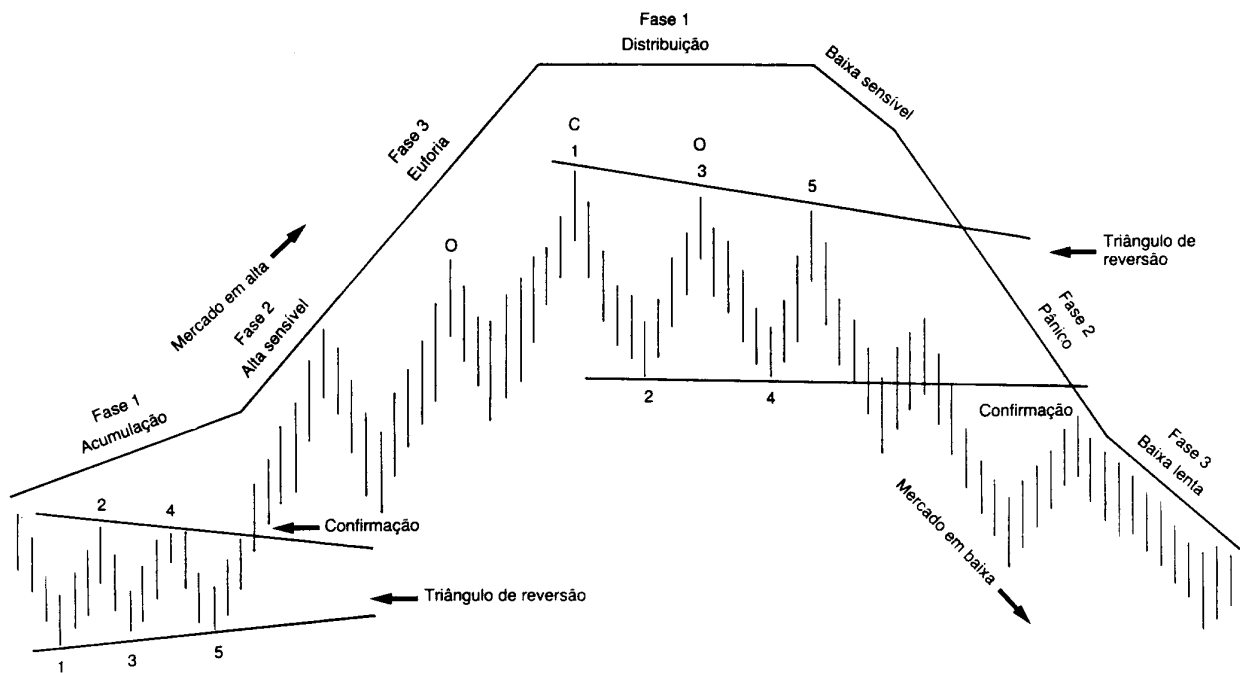


Figura 3. As Fases do Mercado

utilizados para representar as duas classes que caracterizam se um triângulo é de alta ou de baixa. Para o treinamento foram utilizados inicialmente seis triângulos de baixa e seis triângulos de alta que foram retirados a partir das figuras típicas reais de mercado. Quando um novo conjunto de pontos é apresentado, a rede é capaz de localizar todas as regiões que representam triângulos de baixa ou de alta.

Na próxima seção, exemplos de simulação são apresentados para validar a abordagem proposta.

#### 4. Resultados de simulação

A abordagem apresentada nas seções anteriores é utilizada em um caso prático de análise de títulos financeiros. A saída do algoritmo neural é informar qual o tipo de curva ou figura detectada e sugerir possibilidades de compra, venda ou então manter o título em carteira.

A rede LVQ-1 foi treinada a partir de dados coletados junto à Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA). O treinamento foi efetuado objetivando, posteriormente, o reconhecimento dos 8 tipos de padrões associados com esta aplicação, ou seja:

*Fase de Alta:* acumulação, alta sensível e euforia.

*Fase de Baixa:* baixa sensível, pânico e baixa lenta.

*Tipos de Triângulo:* de baixa e de alta.

A rede treinada foi então utilizada no reconhecimento destas tendências em dez tipos de ações do mercado à vista. Um exemplo desta identificação de tendências é apresentado na Figura 4. As fases identificadas pela rede estão indicadas na seguinte seqüência:

#### Mercado em Alta:

- Fase 1 (Acumulação): do 1º ao 15º dia.
- Fase 2 (Alta Sensível): do 16º ao 30º dia.
- Fase 3 (Euforia): do 31º ao 38º dia.

#### Mercado em Baixa:

- Fase 1 (Baixa Sensível): do 53º ao 59º dia.
- Fase 2 (Pânico): do 60º ao 70º dia.
- Fase 3 (Baixa Lenta): do 71º ao 83º dia.

O número de triângulos que foram localizados foi da ordem de doze: seis de alta e seis de baixa.

Em suma, a simplicidade e rapidez demonstradas durante as simulações contribuem de forma efetiva para a diminuição do custo de análise de carteiras de investimentos, notadamente de carteiras com grande quantidade de títulos.

No caso dos triângulos de baixa e de alta, o algoritmo funciona apenas como um localizador destas figuras. Deve-se notar que este algoritmo só deverá ser usado como uma ferramenta de auxílio ao analista financeiro.

O algoritmo, durante as simulações, mostrou-se eficiente no que tange a identificação/localização das funções/figuras típicas da análise técnica do mercado financeiro, oferecendo maior rapidez e um menor custo quando comparado aos métodos convencionais de reconhecimento de tendências. Ao identificar os padrões, a rede estará sinalizando se o tipo esperado de oportunidade é de ganho ou de perda.

A abordagem desenvolvida deve ser utilizada como uma ferramenta de auxílio à análise de títulos e não como instrumento de decisão. Os dados das cotações

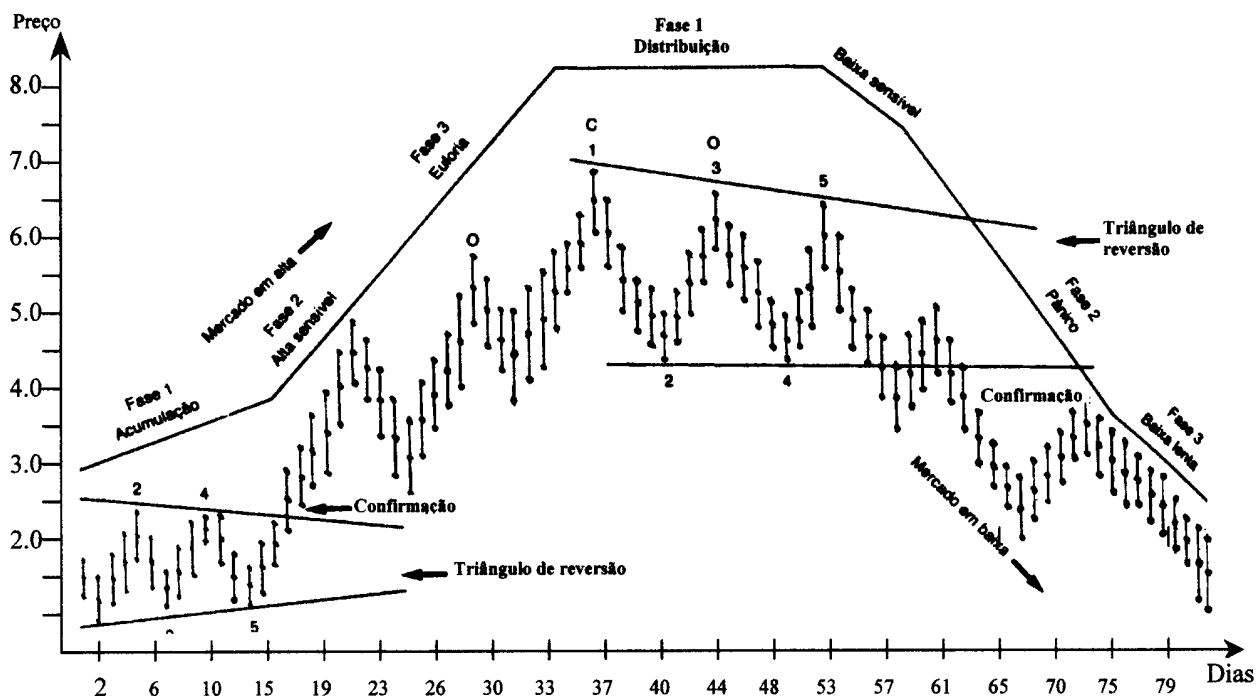


Figura 4. Identificação das Fases Pela LVQ

diária dos ativos financeiros, que serão utilizados pela rede para a identificação das fases que descrevem o comportamento do mercado, podem ser acessados em tempo real, via internet ou por outros meios disponíveis no mercado.

## 5. Conclusões

Neste artigo, a análise técnica de títulos financeiros é executada com o auxílio de uma rede neural do tipo LVQ. Os resultados de simulação confirmam que a rede pode ser usada eficientemente nestes tipos de problemas.

As principais vantagens em utilizar a abordagem desenvolvida são: i-) Rapidez: otimização na busca de oportunidades de negócios e detecção de possibilidades de perdas; ii-) Simplicidade: diminuição dos custos operacionais, tais como redução de pessoal e equipamentos; iii-) Confiabilidade: possíveis distorções na confecção do gráfico são evitadas; iv-) Competitividade: os dados utilizados pela rede são acessados on-line diretamente na fonte e processado com rapidez.

Em suma, a rede do tipo LVQ-1 mostrou-se adequada para a aplicação de análise de títulos financeiros. A rapidez e simplicidade do seu treinamento também contribuíram na classificação

eficiente dos tipos de figuras e curvas envolvidas com este tipo de aplicação.

## Agradecimentos

Os autores expressam agradecimentos à FAPESP pelo suporte financeiro (Processo No. 98/08480-0).

## Referências

- [1] M. D. F. Tavares and M. D. Fonseca. Análise Técnica – Avaliação de Investimentos, IBMEC, Rio de Janeiro, 1987.
- [2] J. R. Hill. Stock & Commodity Market Trend Trading by Advanced Technical Analysis, Commodity Research Institute Ltd., Hendersonville, N. C., 1977.
- [3] J. C. Van Horne and C. James. Política e Administração Financeira. Coleção Universitária de Administração, USP, Livros Técnicos Ed., SP, 1974.
- [4] E. F. Fama. Foundation of Finance, Basic Books, Inc., Publishers, New York, 1982.
- [5] S. I. Gallant. Neural Network Learning and Expert Systems, Bradford Book, London, 1993.
- [6] K. Swingler. Applying Neural Networks – A Practical Guide, Academic press, London, 1996.
- [7] S. Haykin. Neural Networks – A Comprehensive Foundation, Macmillan, New York, 1994.