

---

## PREVISÃO DE PREÇOS DO AÇÚCAR UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

PENEDO, Antonio Sérgio Torres<sup>1</sup>  
PACAGNELLA JÚNIOR, Antônio Carlos<sup>2</sup>  
OLIVEIRA, Marcio Mattos Borges de<sup>3</sup>

---

**RESUMO:** Para os países latino-americanos, a produção e exportação de produtos agrícolas são de grande importância no equilíbrio de suas contas comerciais. Assim, conhecer o comportamento comercial mundial desses produtos é necessário para o desenvolvimento de projetos de comercialização. Como a participação do Brasil no mercado internacional de açúcar é elevada, aproximadamente 40% das exportações mundiais são nacionais, é esperado a relação do mercado doméstico brasileiro desta commodity com os preços internacionais. Assim, este trabalho irá analisar o impacto dos preços do contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot, taxa de câmbio comercial, barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu) nos preços do açúcar cristal acondicionado em sacas de 50 kg. Nesta análise, serão utilizadas redes neurais artificiais (RNA's) para explorar a influência dos parâmetros: número de camadas e números de neurônios intermediários sobre o desempenho das RNA's.

**Palavras-chave:** Preço – Previsão. Redes neurais. Açúcar. Álcool.

### FORECAST OF PRICES OF THE SUGAR USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

**SUMMARY:** For the countries Latin American the production and export of agricultural products are of great importance in the balance of their commercial bills. Like this, to know the world commercial behavior of those products is necessary for the development of commercialization projects. As the participation of Brazil in the international market of sugar is elevated, approximately 40% of the exports world championships are national, the relationship of the brazilian domestic market of this commodity is expected with the international prices. Like this, this work will analyze the impact of the prices of the future contract of sugar rude nº11 of Csce/Nybot, commercial exchange rate, barrel of petroleum WTI Spot (North American market) and Europe Brent Spot (European market) in the prices of the granulated sugar conditioned in bags of 50 kg. In this analysis it will be used artificial neural networks (NN's) to explore the influence of the parameters: number of layers and numbers of intermediate neurons, on the acting of NN's.

**Keywords:** Price-Forecast. Neural networks. Sugar. Alcohol.

---

---

1 Professor Mestre da Fundação Educacional de Ituverava. Rua Cel. Flauzino Barbosa Sandoval, 1259 CEP: 14500-000 Ituverava SP.

Fone/Fax: (0 \* \* 16) 3729 3199. penedo@usp.br

2 Professor Mestre da Fundação Educacional de Ituverava. Rua Cel. Flauzino Barbosa Sandoval, 1259 CEP: 14500-000 Ituverava SP.

Fone/Fax: (0 \* \* 16) 3729 3199. acpjr@usp.br

3 Professor Doutor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Avenida dos Bandeirantes, 3900 - Monte Alegre. CEP 14040-900 - Ribeirão Preto / SP. Telefone: (16) 3602-4746 Fax: (16) 3602-3884. mmattos@usp.br

---

## INTRODUÇÃO

As exigências de maior capacidade de trabalho e a crescente competição nos diferentes setores da economia mundial demandam um grande profissionalismo. A busca por uma posição no mercado competitivo do mundo atual envolve mudanças nas cadeias produtivas do *agribusiness* mundial, assim como no segmento de agronegócios. Para os países latino-americanos, a produção e exportação de produtos agrícolas são de grande importância no equilíbrio de suas contas comerciais. Assim, conhecer o comportamento comercial mundial desses produtos é necessário para o desenvolvimento de projetos de comercialização.

O desenvolvimento de projetos de comercialização desses produtos demanda conhecimentos precisos das suas principais características, especialmente, do seu comportamento comercial mundial visando resultados mais realistas, capazes de uma avaliação mais segura do seu funcionamento. Vários trabalhos sobre redes neurais têm sido publicados e inúmeras aplicações têm sido discutidas nas soluções de uma grande variedade de tarefas. De acordo com Almeida (1995), redes neurais podem ser utilizadas em diversas áreas de administração, como finanças, marketing, vendas ou compras e até mesmo em recursos humanos. Na área financeira, pode-se utilizar para avaliações de crédito, de riscos de inadimplência de empresas, de riscos de seguros, riscos de hipotecas, ou mesmo avaliação de riscos de papéis financeiros. Na área de marketing, utiliza-se para simular o comportamento do consumidor face a novos produtos, simular as vendas para um próximo período em função do resultado obtido em período anterior ou ainda sugerir produtos mais adaptados ao perfil de cada cliente. Na área de recursos humanos, pode-se utilizar RNA para verificar se o perfil de um candidato é condizente com determinada vaga de emprego.

A escolha de RNA, como técnica nesse estudo, decorreu do fato de sua aplicação nas mais diversas áreas da administração, incluindo trabalhos de previsão e análise. Abelém (1994) modela RNAs para fazer previsões da série do preço do ouro no mercado internacional, utilizando os mecanismos de escolha da função de ativação dos neurônios, função erro, parâmetros de controle do gradiente descendente e do tempo de treinamento. Trabalhos mais recentes como o de Coelho e Canciglieri Junior (2000), Curry (2004), Zhang (2003), Hamid e Iqbal (2004), Ghiassi, Saidane e Zimbra (2005) também utilizam RNAs para análise de séries temporais.

Como a participação do Brasil no mercado internacional de açúcar é elevada, aproximadamente 40% das exportações mundiais são nacionais, Silveira (2004) analisou alguns aspectos da relação do mercado doméstico brasileiro desta *commodity* com os preços internacionais. Neste trabalho, foi analisado o impacto da produção brasileira de açúcar (potencial de exportação dessa *commodity*) sobre a formação do preço no mercado internacional. O autor utilizou as cotações da Csc/Nybot na análise da influência da produção brasileira sobre os preços internacionais, considerando-se que esta bolsa é a maior referência para o mercado de açúcar e a que tem maior liquidez.

Como o álcool anidro e a gasolina são utilizados em nosso país como combustível

---

e, sendo uma parcela de álcool adicionada à gasolina, é esperado que os seus valores sejam relacionados entre si. Assim, como o álcool é obtido através da cana-de-açúcar e a gasolina do petróleo, este trabalho utilizou-se das variáveis preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu) na previsão dos preços do açúcar advindos no Brasil, em sua maior parte, da mesma matéria-prima: a cana-de-açúcar.

Baseado no trabalho de Silveira (2004), devido ao fato de o Brasil ser responsável por cerca de 40% das exportações mundiais de açúcar e o álcool anidro e a gasolina serem utilizados em nosso país como combustível, foram escolhidas as variáveis: preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial para análise de impacto nos preços do açúcar cristal acondicionado em sacas de 50 kg negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo destinado ao mercado interno.

A série de preços do Açúcar Cristal utilizada no estudo é a aferida pelo CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. Justifica-se a utilização desses dados para o mercado doméstico pelo fato de o Estado de São Paulo ser o responsável por aproximadamente 60% da produção de açúcar e álcool nacional.

Dessa maneira, o presente trabalho visa a contribuir, utilizando redes neurais artificiais, na análise dos impactos dos preços do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial prevendo os preços do açúcar no estado de São Paulo.

## **1 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO BRASIL**

A cana-de-açúcar, matéria-prima básica para a produção do açúcar e álcool, tem ocupado importante posição na agricultura brasileira ao longo das duas últimas décadas. Essa posição é expressa, de acordo com a UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, pelo volume de 359,3 milhões de toneladas de cana, 14,8 milhões de metros cúbicos de álcool e 24,9 milhões de toneladas de açúcar. O volume de cana-de-açúcar, álcool e açúcar, produzido pelo país, pode ser visto na tabela 01.

**Tabela 01.** Volume de cana-de-açúcar, álcool e açúcar produzido pelo país

Safra	Cana-de-açúcar (toneladas)	Álcool (metros cúbicos)	Açúcar (toneladas)
1990/1991	222.429.160	11.515.151	7.365.344
1991/1992	229.222.243	12.716.180	8.604.321
1992/1993	223.382.793	11.694.758	9.318.490
1993/1994	218.336.005	11.284.726	9.332.896
1994/1995	240.712.907	12.685.111	11.703.315
1995/1996	251.827.212	12.589.765	12.653.029
1996/1997	287.809.852	14.372.351	13.659.380
1997/1998	303.057.415	15.399.449	14.880.691
1998/1999	314.922.522	13.868.578	17.942.109
1999/2000	306.965.623	13.021.804	19.387.515
2000/2001	257.622.017	10.593.035	16.248.705
2001/2002	293.050.543	11.536.034	19.218.011
2002/2003	320.650.076	12.623.225	22.567.260
2003/2004	359.315.559	14.808.705	24.925.793

Fonte: UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (2005)

Nota-se que de 1990 a 2003, a produção de cana-de-açúcar passou de 222,4 milhões de toneladas na safra 1990/1991 para 359,3 milhões de toneladas na safra 2003/2004. No que se refere à produção de álcool, o Brasil passou de 11,5 milhões de metros cúbicos na safra 1990/1991 a 14,8 milhões de metros cúbicos na safra 2003/2004. A produção de açúcar passou de 7,3 milhões de toneladas na safra 1990/1991 para 24,9 milhões de toneladas na safra 2003/2004.

As principais regiões produtoras de açúcar e álcool do país são a região Centro-Sul com safra de maio a dezembro e a região Norte-Nordeste com safra de setembro a março. A região Centro-Sul é composta pelos estados: Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. A região Norte-Nordeste é composta pelos estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Tocantins.

A existência de duas regiões produtoras de cana-de-açúcar, álcool e açúcar, permite que no Brasil o abastecimento de açúcar e álcool ocorra durante o ano todo, já que os períodos de safra entre as regiões são diferentes.

A produção regional de cana-de-açúcar, açúcar e álcool pode ser vista na tabela 02.

**Tabela 02.** Produção regional de cana-de-açúcar, açúcar e álcool

Safr	Norte-Nordeste			Centro-Sul		
	Cana-de-açúcar (toneladas)	Açúcar (toneladas)	Álcool (m3)	Cana-de-açúcar (toneladas)	Açúcar (toneladas)	Álcool (m3)
1990/1991	52.234.501	2.856.517	1.807.301	170.194.659	4.508.828	9.707.850
1991/1992	50.191.326	2.769.632	1.748.879	179.030.917	5.834.689	10.967.301
1992/1993	47.164.430	3.130.068	1.630.565	176.218.363	6.188.421	10.064.193
1993/1994	34.421.824	2.265.206	912.914	183.914.181	7.067.690	10.371.812
1994/1995	44.629.258	3.211.477	1.549.613	196.083.649	8.491.838	11.135.498
1995/1996	47.413.177	3.337.574	1.734.219	204.414.035	9.315.455	10.855.546
1996/1997	56.205.772	3.184.842	2.266.093	231.604.080	10.474.538	12.106.258
1997/1998	54.281.977	3.526.216	2.144.936	248.775.438	11.354.475	13.254.513
1998/1999	45.141.192	2.781.830	1.631.216	269.781.330	15.160.279	12.237.362
1999/2000	43.016.724	2.487.333	1.368.092	263.948.899	16.900.182	11.653.712
2000/2001	50.522.960	3.612.764	1.528.671	207.099.057	12.635.941	9.064.364
2001/2002	48.832.459	3.245.849	1.359.744	244.218.084	15.972.162	10.176.290
2002/2003	50.243.383	3.789.205	1.471.141	270.406.693	18.778.055	11.152.084
2003/2004	60.194.968	4.505.316	1.740.068	299.120.591	20.420.477	13.068.637

**Fonte:** UNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (2005)

De acordo com a tabela de produção regional, observa-se que, na safra 2003/2004, a produção de cana-de-açúcar da região Centro-Sul representou cerca de 83% do total produzido no País, sendo o estado de São Paulo o responsável por 57% da produção nacional. Esse estado é também o principal responsável pelas produções de açúcar e álcool com 60% e 59%, respectivamente, da produção nacional.

Nota-se que existe uma tendência de concentração da produção canavieira na região Centro-Sul. A região, na safra 1990/1991, foi responsável por 76% da cana-de-açúcar, 61% do açúcar e 84% do álcool produzidos no Brasil. Na safra 2003/2004, passou a ser responsável por 83% da cana-de-açúcar, 81% do açúcar e 88% do álcool produzidos no Brasil.

Devido à importância da região Centro-Sul, mais especificamente o Estado de São Paulo, em termos de participação na produção total do setor sucroalcooleiro, esta é a região considerada a área de estudo dessa pesquisa.

## 2 REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

As redes neurais artificiais (RNAs) tem inspiração na biologia mais precisamente no neurônio biológico. Elas são compostas de elementos que visam realizar analogamente grande parte das funções elementares do neurônio (WASSERMAN, 1989).

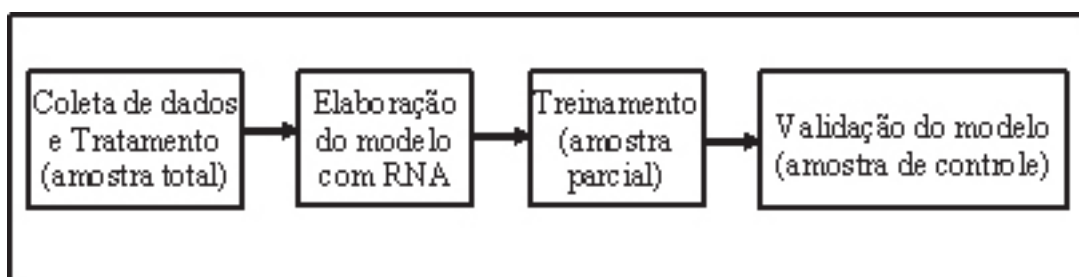
De acordo com Lucifredi e Hou (1994), as RNAs supervisionadas do tipo *backpropagation*, são compostas por uma camada de entrada, camadas intermediárias (uma ou mais) e uma camada de saída. O número de camadas de entrada e saída são estabelecidos em função dos dados de treinamento, enquanto que o número de camadas intermediárias e neurônios não possui um limite teórico.

Em cada camada existem elementos, chamados neurônios que se comunicam entre si através de ligações ponderadas com os valores passando de um neurônio para o outro. Estes elementos possuem características muito próximas às características cerebrais (HAYKIN, 1994).

Na elaboração do projeto da rede neural, cada projetista de rede tem suas próprias idéias levando em consideração vários fatores para obter um desempenho em um nível aceitável. As arquiteturas desejadas são aquelas que possuem o mínimo de erro e tempo de processamento com um pequeno número de neurônios. Assim, o presente trabalho parte de um plano experimental, baseado no trabalho de Almeida e Dumontier (1996), para a escolha da configuração da rede.

Dentre as etapas para a aplicação de RNAs, a mais importante é a escolha do padrão de entradas para o treinamento. Durante a execução do treinamento são necessários dados que representem o modelo em questão. Após a coleta e tratamento dos dados a serem utilizados, tem-se o estágio de elaboração da RNA e posteriormente a etapa de treinamento com o ajuste dos pesos de ponderação definidas para cada saída desejada. Os valores obtidos pela RNA são comparados repetidamente com as saídas desejadas e a cada iteração os pesos da conexão entre os neurônios são ajustados. A validação ocorre quando a rede neural consegue obter, para determinado problema, uma solução generalizada. Esse aprendizado, oriundo de experiências, promove o reconhecimento de características novas e abstratas em função de entradas com dados até então desconhecidos (HAYKIN, 1994).

De acordo com Oliveira Neto, Trompiere e Kitamura (2003), os estágios de uma rede neural podem ser observados na figura 01.



**Figura 01:** Estágios de uma RNA (OLIVEIRA NETO; TROMPIERE e KITAMURA 2003)

---

Redes Neurais Artificiais com diferentes arquiteturas e parâmetros podem ser utilizadas com uma grande capacidade de generalização, desde que treinada corretamente. Mas, o conceito de tentativas e erros ainda é muito utilizado na escolha da configuração da RNA embora vários trabalhos tenham tratado do assunto (SHARPE; CHOW, 1994).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

O presente trabalho visa a analisar como os preços do açúcar cristal, acondicionado em sacas de 50 kg, negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo, destinado ao mercado interno se comporta frente ao preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial e como é feita a previsão desses produtos por meio de redes neurais artificiais.

A escolha de RNA, como técnica nesse estudo, decorreu do fato de sua aplicação nas mais diversas áreas da administração, incluindo trabalhos de previsão e análise. Uma abordagem estruturada de concepção de redes neurais mostra-se necessária devido aos parâmetros que podem ser alterados na configuração de uma rede neural (número de camadas e números de neurônios intermediários) e também ao tempo necessário para explorar a influência desses parâmetros.

Este trabalho propõe a concepção e execução de um plano experimental (tabela 03), baseado no trabalho de Almeida e Dumontier (1996), para explorar a influência dos parâmetros: número de camadas e números de neurônios intermediários sobre o desempenho das redes. A avaliação do plano é feita através da análise do erro percentual médio obtido pela rede na fase de validação do modelo e, posteriormente, através de uma análise gráfica. Um grupo (portfólio) de redes são elaborados a partir do plano experimental, que reúne um determinado número de redes ótimas, incorporando conhecimentos sobre a previsão de preços da indústria canavieira. Ele pode servir como uma base de conhecimento a ser introduzido em um sistema de apoio à decisão, atenuando o erro produzido pelo uso de apenas uma rede.

No meio acadêmico é comum classificar as pesquisas em qualitativas ou quantitativas dependendo do tipo de dados utilizados e na sua forma de seu tratamento. Além disto, de acordo com Gil (2004) é possível classificar as pesquisas científicas em exploratórias, explicativas e descritivas baseando-se nos seus objetivos gerais. Dentro deste contexto, o presente trabalho pode ser classificado como quantitativo e descritivo por tentar descrever sistematicamente uma área de interesse ou um fenômeno, sendo esta descrição sempre detalhada e objetiva.

### 3.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Como a participação do Brasil no mercado internacional de açúcar é elevada, aproximadamente 40% das exportações mundiais são nacionais, Silveira (2004) analisou alguns aspectos da relação do mercado doméstico brasileiro desta commodity com os preços internacionais. Neste trabalho, foi analisado o impacto da produção brasileira de açúcar (potencial de exportação dessa commodity) sobre a formação do preço no mercado internacional. O mesmo utilizou as cotações do contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot na análise da influência da produção brasileira sobre os preços internacionais, considerando-se que esta bolsa é a maior referência para o mercado de açúcar e a que tem maior liquidez.

Desta maneira, baseado no trabalho de Silveira (2004) e devido de o fato do Brasil ser responsável por cerca de 40% das exportações mundiais de açúcar, foram escolhidas as variáveis: preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial para análise de impacto nos preços do açúcar cristal, acondicionado em sacas de 50 kg, negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo, destinado ao mercado interno e do Álcool Anidro Combustível no Estado de São Paulo, seguindo as especificações da Agência Nacional de Petróleo – ANP.

A série de preços do Açúcar Cristal representadas por SSP, utilizadas no estudo é a aferida pelo CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. Justifica-se a utilização desses dados para o mercado doméstico pelo fato de o Estado de São Paulo ser o responsável por aproximadamente 60% da produção de açúcar e álcool nacional.

A série de preços da bolsa de futuro New York Board of Trade (Nybot) representada por SNY foi utilizada como referência sobre os preços internacionais. A série da taxa de câmbio comercial, representada por TCC, foi obtida junto ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). As séries do barril de petróleo WTI Spot, representadas por PNA, e Europe Brent Spot, representada por PEB, foram obtidas junto ao United States Department of Agriculture (USDA).

A periodicidade escolhida, para o estudo da identificação dos fatores de impacto nos preços do açúcar e álcool no Estado de São Paulo, foi a semanal. A utilização de dados semanais justifica-se por permitir a rápida transmissão entre os valores envolvidos no trabalho, o que poderia não ocorrer se os valores fossem mensais. Os dados do presente trabalho correspondem ao período entre 04/07/2000 e 30/12/2004 e totalizam 235 semanas.

### 3.3 ETAPAS DA EXECUÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

A abordagem proposta, para a execução desse projeto de pesquisa, segue os seguintes passos:



- definição de um plano experimental;
- levantamento das variáveis de estudo;
- construção das redes neurais a partir do plano experimental;
- análise gráfica dos resultados.

### 3.4 DEFINIÇÃO DE UM PLANO EXPERIMENTAL

Os seguintes elementos serão explorados através do plano experimental:

- número de camadas intermediárias: os números de camadas intermediárias foram explorados utilizando-se uma, duas, três e quatro camadas intermediárias;
- número de neurônios intermediários: em cada camada o número de neurônios foi limitado a: 10, 20 e 30 neurônios.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Visando a analisar como os preços do açúcar cristal, acondicionado em sacas de 50 kg, negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo, destinado ao mercado interno se comportam frente ao preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial. Foi utilizado o aplicativo computacional Neuralyst®, de acordo com Shih (1994), como emulador de Redes Neurais.

Inicialmente, foram coletados os dados para a pesquisa via internet com periodicidade semanal. A utilização de dados semanais justifica-se por permitir a rápida transmissão entre os valores envolvidos no trabalho, o que poderia não ocorrer se os valores fossem mensais. Os dados do presente trabalho correspondem ao período entre 04/07/2000 e 30/12/2004, totalizam 235 semanas. As fontes de coleta de dados juntamente com a sigla utilizada neste trabalho podem ser vistas na tabela 03.

**Tabela 03:** Fonte da coleta de dados

Variável	Sigla	Tipo	Fonte de coleta
Açúcar cristal acondicionado em sacas de 50 kg, negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo, destinado ao mercado interno	SSP	Dependente	www.cepea.esalq.usp.br
Álcool Anidro Combustível no Estado de São Paulo	ASP	Dependente	www.cepea.esalq.usp.br
Barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano)	PNA	Independente	www.usda.gov
Barril de petróleo Europe Brent Spot (mercado europeu)	PEB	Independente	www.usda.gov
Contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot	SNY	Independente	www.nybot.com
Taxa de câmbio comercial	TCC	Independente	www.ipeadata.gov.br

Os dados obtidos foram divididos em subconjuntos distintos: subconjunto de treinamento (90% dos dados) e subconjunto de validação (10% dos dados). Os dados foram divididos aleatoriamente entre os conjuntos através do software Neuralyst®. Foi utilizada uma rede de múltiplas camadas (MLP), feedforward, algoritmo back-propagation, com função de ativação sigmoïdal e supervisionada.

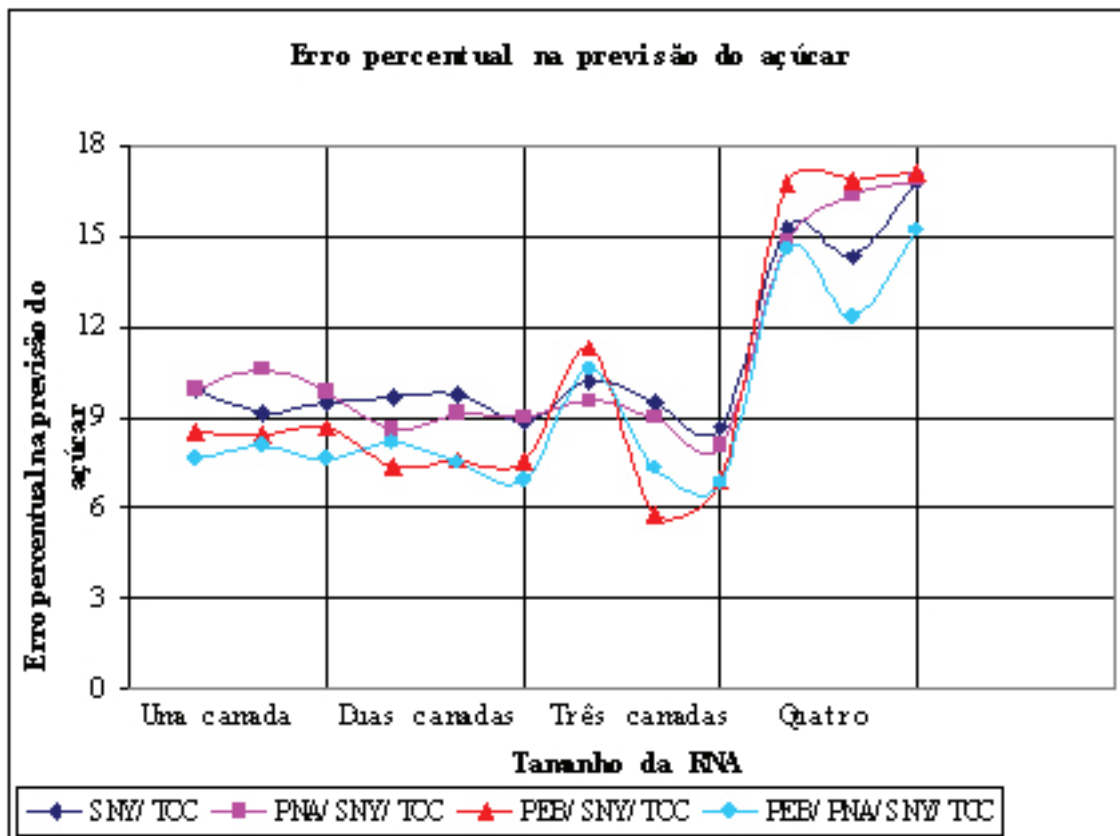
Os parâmetros de aprendizado utilizados foram: taxa de aprendizado = 1 e momentum = 0,9. O fator limitante de parada na fase de treinamento foi o número de épocas de treinamento, fixado em 1000 épocas de treinamento.

Inicialmente, na previsão dos preços do açúcar, foram utilizadas as variáveis contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot (SNY) e a taxa de câmbio comercial (TCC). Em seguida, foram acrescentados os dados dos preços do barril de petróleo WTI Spot (PNA) e Europe Brent Spot (PEB) com o objetivo de analisar se estas entradas influenciam os preços do açúcar e álcool no mercado interno, devido ao fato de o álcool anidro e a gasolina serem utilizados em nosso país como combustível e sendo uma parcela de álcool adicionada à gasolina. As tabelas e gráficos com os erros percentuais na previsão do açúcar e do álcool podem ser vistos a seguir:

Tabela 04: Erro médio percentual para previsão do açúcar

n° camadas intermed.	N° de neurônios nas camadas intermed.	SNY/TCC	PNA/SNY/TCC	PEB/SNY/TCC	PEB/PNA/SNY/TCC
Uma Camada	10	9,93	9,92	8,5	7,61
	20	9,18	10,59	8,45	8,06
	30	9,53	9,83	8,68	7,6
Duas Camadas	10 10	9,68	8,62	7,38	8,18
	20 20	9,78	9,12	7,59	7,51
	30 30	8,82	9,02	7,54	6,93
Três Camadas	10 10 10	10,23	9,56	11,3	10,57
	20 20 20	9,5	8,99	5,8	7,31
	30 30 30	8,66	8,09	6,92	6,84
Quatro Camadas	10 10 10 10	15,26	14,77	16,74	14,59
	20 20 20 20	14,34	16,36	16,87	12,32
	30 30 30 30	16,85	16,86	17,09	15,18
	Média do Erro Percentual	10,98	10,98	10,24	9,39

De posse dos valores da tabela 04, obteve-se o gráfico a seguir:



**Figura 02:** Gráfico do erro médio percentual na previsão dos preços do açúcar

Na análise das previsões obtidas, observa-se que a média do erro percentual declina de 10,98% para 9,39% com o acréscimo de variáveis independentes. Nota-se que o acréscimo da variável petróleo negociado na Europa (PEB) causou um erro percentual (10,24%) menor que o erro percentual (10,98%) com acréscimo isolado da variável petróleo negociado no mercado norte americano (PNA).

Deve-se notar que o acréscimo de camadas intermediárias continuamente não irá provocar uma diminuição contínua do erro percentual. O erro percentual médio obtido para a configuração de rede de quatro camadas intermediárias provocou uma ascensão no erro conforme se na figura 02. Observa-se que, conforme acrescentam-se as variáveis, a média do erro percentual diminui confirmando o impacto das variáveis independentes nos preços do açúcar. O menor erro percentual obtido foi com uma rede 3 camadas intermediárias, com 20 neurônios em cada camada.

## CONCLUSÃO

No presente estudo, foi analisada a influência das variáveis preços do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Csce/Nybot e a taxa de câmbio comercial na previsão dos preços do

açúcar cristal, acondicionado em sacas de 50 kg, negociado no mercado à vista do Estado de São Paulo, destinado ao mercado interno, utilizando redes neurais artificiais.

Na caracterização do setor agro-industrial açucareiro, realizada no início desse artigo e de acordo Silveira (2004), o Brasil apresenta uma participação elevada no mercado internacional de açúcar, aproximadamente 40% das exportações mundiais são nacionais, o que justifica a realização de estudos dessa natureza. A escolha das variáveis preço do barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu), deve-se ao fato de o álcool anidro e a gasolina serem utilizados em nosso país como combustível e sendo uma parcela de álcool adicionada à gasolina. Assim, espera-se que os seus valores sejam relacionados entre si.

Como o álcool e o açúcar são obtidos no Brasil da mesma matéria-prima, a cana-de-açúcar, utilizou-se as mesmas variáveis na previsão dos preços do açúcar, e posteriormente, no cálculo do erro médio percentual.

A escolha de RNA, como técnica nesse estudo, decorreu do fato de sua aplicação nas mais diversas áreas da administração, incluindo trabalhos de previsão e análise. A rede neural permite o auxílio à organizações na tomada de decisões, transformando dados em informações úteis.

A capacidade de estabelecer relações entre diversas variáveis, é uma característica de grande destaque das RNAs que, uma vez construídas, não dependem mais da base de dados de origem, pois o conhecimento está nas conexões entre os neurônios.

A escolha dos parâmetros de treinamento do algoritmo *backpropagation* é um processo pouco conhecido, onde pequenas diferenças podem levar a grandes divergências no tempo de treinamento.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a rede utilizada para resolver o problema de previsão de preços do açúcar é uma ferramenta útil para uma tomada de decisão. Sua importância deve-se ao fato de que a exportação de açúcar pelo Brasil é de grande impacto no equilíbrio de suas contas comerciais.

## REFERÊNCIAS

ABELÉM, A. J. G. **Redes neurais artificiais na previsão de séries temporais**. 1994. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

ALMEIDA, F. C. Desvendando o uso de redes neurais em problemas de administração de empresas. **Revista de Administração de Empresas RAE**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 46-55, 1995.

\_\_\_\_\_; DUMONTIER, P. O uso de redes neurais em avaliação de riscos de inadimplência. **Revista de Administração RAUSP**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 52-63, jan-mar, 1996.

---

CEPEA/USP - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Indicador dos preços de açúcar e álcool**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 10 jan. 2005.

COELHO, L. S., CANGIHLIERI JÚNIOR, O. Rede neural de base radial aplicada em previsão de séries temporais: algoritmo e aplicação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., **Anais...**, São Paulo, 2000.

CURRY, B. “Simple” neural networks for forecasting. **The International Journal of Management Science**, v.32, n.2, p. 97-100, abr, 2004.

GHIASSI, M.; SAIDANE, H.; ZIMBRA, D. K. A dynamic artificial neural network model for forecasting time series events. **International Journal of Forecasting**, vol. 21, n. 2, p. 341-362, april-june, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

HAMID, S. A., IQBAL, Z. Using neural networks for forecasting volatility of S&P 500 Index futures prices. **Journal of Business Research**, vol. 57, n. 10, p. 1116-1125, October, 2004.

HAYKIN, S. **Neural Networks – A Comprehensive Foundation**. New York, Macmillan College Publishing Company, 1994.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Taxa de câmbio comercial**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2005.

LUCIFREDI, A.; HOU, Z. The Construction of Neural Networks for Bilinear Systems Identification a Possible use to Crack Detection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NOISE & VIBRATION ENGINEERING, 19, **Anais...**, Leuven, 1994.

NYBOT - NEW YORK BOARD OF TRADE. **Indicador de preços do açúcar no mercado internacional**. Disponível em: <<http://www.nybot.com>>. Acesso em: 15 fev. 2005.

OLIVEIRA NETO, J.D.; TROMPIERE G.; KITAMURA, L. M. Neural network application in credit evaluation. In: The Business Association of Latin American Studies - BALAS, 2003, **Anais...**, São Paulo, 2003.

SHARPE, R. P.; CHOW, M. A. Methodology using Fuzzy Logic to Optimize Feedforward Artificial Neural Network Configurations. **IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics**, v.24, n.3, p.760-768, 1994.

SHIH, Y. **Neuralyst user’s guide**, Shal, Faeley Editor, 1994.

SILVEIRA, A. M. **A relação entre os preços de açúcar nos mercados doméstico e internacional**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura

“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

UNICA - UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. **Produção nacional de cana-de-açúcar, álcool e açúcar**. Disponível em: <<http://www.única.com.br>>. Acesso em: 10 abril 2005.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Cotações do barril de petróleo**. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 23 março 2005.

WASSERMAN, P. D. **Neural Computing; Theory and Practice**. New York, Van-Nostrand Reinhold, 1989.

ZHANG, G. P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. **Neurocomputing**, v.50, n.1, p. 159-175, janeiro de 2003.