

SISTEMA INTELIGENTE DE APOIO À DECISÃO

Prof. Pedro Paulo Hugo Wilhelm

Prof. Maurício Capobianco Lopes

Anatoli Dorow

Universidade Regional de Blumenau - FURB

UB-00034469-4

1. INTRODUÇÃO

A gestão de uma empresa pode ser considerada equivalente à administração de uma missão para um determinado período de tempo. Objetivos devem ser alcançados, para os quais sempre é possível estabelecer referências quantitativas. O problema é que os objetivos são, normalmente, múltiplos e condicionados, enquanto que a missão, à medida que o tempo passa, exige alterações nas variáveis de decisão em função de eventuais variações indesejadas no valor das variáveis que controlam o estado da missão.

Estes fatores tornam o processo de tomada de decisão, em uma empresa, invariavelmente complexo, pois requer o controle e a ação sobre um número muito grande de fatores. Sendo assim, é cada vez maior o número de sistemas computacionais como os Sistemas de Informação Gerencial, Sistemas de Apoio à Decisão, Sistemas de Informação Para Executivos, entre outros, que se apresentam para tornar o processo decisório, além de rápido, também seguro.

Dado o grande número de fatores intervenientes e seu elevado grau de inter-relacionamentos, os Sistemas de Apoio à Decisão carecem ainda de recursos inteligentes, capazes de auxiliar na tarefa de indicar mudanças, nas variáveis de decisão, no sentido de recolocar o estado da empresa, na direção dos objetivos fixados. A complexidade da questão ainda é maior se considerarmos que este é um processo dinâmico, pois os fatos registrados em cada período (ou etapa da missão), estabelecem novas informações que devem ser incorporadas e consideradas na reavaliação do rumo do processo decisório.

As Redes Neurais podem, potencialmente prestar um valioso auxílio, contribuindo no monitoramento do estado atual das variáveis de controle e apontar alterações, nas variáveis de decisão, capazes de reverter ou corrigir desvios de "rota".

Deste modo, o presente projeto visa avaliar a capacidade de contribuição da atual tecnologia de Redes Neurais, em servir, operacionalmente, como recurso no desenvolvimento de um Sistema Inteligente de Apoio à Decisão. Para uma avaliação experimental, será utilizado um sistema de simulação de empresas. Através deste instrumento, é possível configurar um ambiente empresarial no qual diversos aspectos relevantes na gestão de uma empresa estão presentes, incluindo os fatores conjunturais, de incerteza e risco.

2. REDES NEURAIAS

As redes neurais são uma tecnologia computacional ligada à Inteligência Artificial que procuram imitar as habilidades do sistema nervoso biológico, simulando o funcionamento dos neurônios. Segundo Loesch [LOE95b], as redes neurais constituem uma tecnologia computacional emergente, que tem uma diversidade de aplicações comerciais e militares, atingindo, principalmente, as áreas de reconhecimento de padrões, otimização e sequenciamento. Na área de administração de empresas, pode-se citar os trabalhos de Barr e Mani [BAR94] e Almeida [ALM95]

De acordo com Carvalho [CAR91], as redes neurais apresentam-se como uma solução conexionista, em que o desafio seria desenvolver e implementar, num computador modelos cognitivos que reproduzam as capacidades naturais do cérebro humano. A aplicação das redes neurais se jus-

tífica, especialmente, nas situações, em que não existe uma solução algorítmica (estruturada), isto é, não existe uma seqüência lógica de passos para solucionar os problemas, ou ainda, quando sabemos os fatores causais e os respectivos resultados, porém, temos vagos conhecimentos e vago domínio sobre as leis e regras que regem a relação causa/efeito.

Uma rede neural artificial envolve a seguinte estrutura de agrupamento de neurônios:

- * número de camadas de neurônios
- * número de neurônios por camada
- * tipo de conexões
- * grau de conectividade

Para a construção de um modelo baseado em redes neurais, devem ser definidos os elementos de processamento que alimentarão a rede (camada de entrada) e os elementos de processamento que fornecerão os resultados (camada de saída). Estes elementos de processamento devem estar conectados, podendo existir camadas intermediárias entre as entradas e as saídas (camadas ocultas). Devem ser associados pesos às conexões entre os elementos das diversas camadas (ver figura 1)

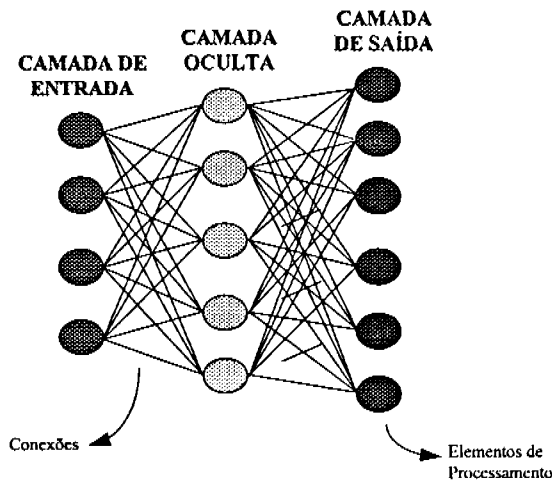


Figura 1 - Modelo de uma Rede Neural.

Existem diversos tipos de topologia de redes neurais que podem ser adequadas a cada tipo de situação. Neste trabalho, foi utilizado a rede *Perceptron* (Feedforward), de múltiplas camadas, com aprendizado tipo *Backpropagation* (regra delta generalizada).

Assim, para se resolver problemas, utilizando este tipo de rede neural, deve-se estabelecer um conjunto de pares de entrada/saída (padrões) para o qual a rede converge e se estabiliza. Esta etapa é denominada treinamento ou aprendizagem da rede. Este modelo de rede tem aprendizado supervisionado, isto é, a cada conjunto de padrões de entrada no treinamento está associada uma saída desejada. O treinamento da rede é realizado através de diversas iterações onde, a cada conjunto de dados apresentados, a rede ajusta os pesos de suas conexões. Posteriormente, quando se apresenta à rede um novo padrão, ela computa o vetor de entrada, gerando uma saída (resultado esperado). Esta etapa é chamada de revocação.

Segundo Loesch [LOE95a], as principais vantagens das redes tipo *feedforward* é sua rápida operacionalização, apresentando grande capacidade de generalização, robustez e abstração. Por ser bem compreendida, já foram desenvolvidas muitas aplicações de sucesso neste tipo de rede. Sua principal desvantagem está no fato de requerer um longo tempo de treinamento, em função da necessidade de estabilização e convergência da rede.

3. O PROBLEMA

A gestão de uma empresa, para ser objetiva, exige a definição de um conjunto de metas a serem alcançadas, num determinado prazo, através da alocação de recursos produtivos e financeiros, programando as atividades e controlando sua evolução e rumo. A questão, neste nível envolve aspectos estratégicos e táticos. O foco predominante será o controle da eficácia da missão. A eficiência alcançada, isto é, o grau de otimização constitui-se num elemento secundário que, no momento, não será considerado.

Como metas, uma empresa pode estabelecer, pelo menos, dois objetivos que devem ser atendidos, simultaneamente, os quais de uma forma ampla, englobam duas importantes faces de um empreendimento empresarial :

- a) um nível mínimo de produção e vendas.
- b) um nível mínimo de rentabilidade patrimonial.

Os dois objetivos são, antes de tudo conflitantes, pois, em circunstâncias produtivas e conjunturais normais, um aumento, no índice de rentabilidade, implica, geralmente, um volume mais baixo de vendas, dado um determinado processo produtivo e respectivo nível de custos.

Atingir um determinado volume de vendas envolve a atividade fim da empresa, pois existe toda uma estrutura de alocação de recursos produtivos e financeiros investidos, que determinam sua capacidade de transformação e geração de bens ou serviços. O segundo objetivo, o da rentabilidade, envolve a essência do processo capitalista, isto é, atingir um nível de remuneração do capital investido no empreendimento, que seja superior a taxa mínima de atratividade.

Portanto, dados os recursos produtivos e financeiros disponíveis, é possível estabelecer a capacidade produtiva da empresa. Dada a dimensão potencial do mercado, é possível estabelecer uma meta para o volume de vendas, num determinado exercício, e coerente com a capacidade produtiva. Por fim, dado o volume do capital social investido, pode ser fixado um nível de retorno, sobre o patrimônio da empresa, de forma a garantir uma remuneração do capital, suficientemente, atrativa.

Neste sentido, podemos definir como uma missão da gestão empresarial, garantir um nível mínimo de rentabilidade sobre o patrimônio, após um período de atividades equivalente ao exercício de um ano fiscal. Este resultado deve ser alcançado, garantindo, também, um volume mínimo de vendas, em função do mercado e das necessidades do consumidor.

Estabelecido o horizonte temporal, a missão pode, ainda, ser subdividida em etapas, necessárias para completar um ciclo produtivo, isto é, mensal, bimensal, trimestral e etc. Para o presente estudo, vamos utilizar como referência uma atividade industrial com um ciclo produtivo inferior a trinta dias, o que determina uma missão que abrange doze etapas (meses).

Isto implica a administração de doze etapas de produção e vendas, que vão determinar, no final do ano, um nível de produção, vendas e rentabilidade alcançadas. Este processo decisório será realizado através do Simulador de Empresas Virtual.

4. O SIMULADOR DE EMPRESAS VIRTUAL

O Simulador de Empresas Virtual [VIR94] simula uma situação que permita um grupo de pessoas, assumir um empreendimento empresarial no qual o processo decisório é a principal atividade. Cada equipe forma uma empresa que compõe um mercado competitivo e cada membro da equipe ocupa uma função de gestão de um setor da empresa. O principal desafio é decidir sobre a utilização dos recursos de capital, financeiros e humanos da empresa, no sentido de atingir as metas estabelecidas.

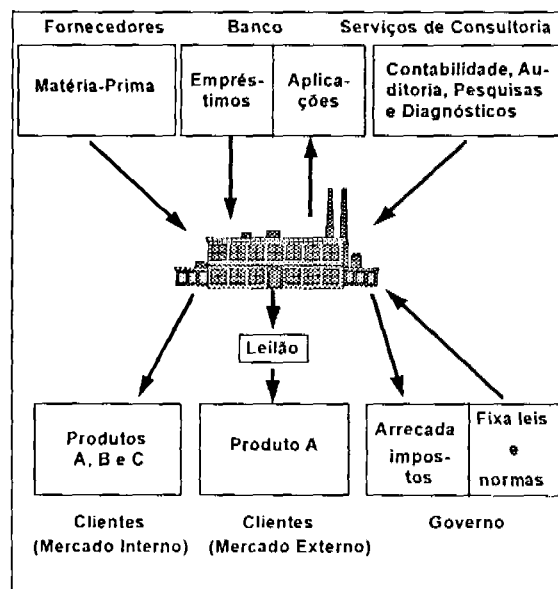


Figura 2- Caracterização do Simulador Virtual

O cenário da simulação é uma empresa que está operando em condições normais, podendo produzir três tipos de produtos (A, B e C) a partir de dois tipos de matéria-prima (I e II). Internamente, as principais atividades e controles envolvem o fluxo de produção, estoques e fluxo de caixa. Externamente existem relações com fornecedores, bancos, governo e consultores (ver figura 2). A conjuntura inflacionária pode ser estável (baixa inflação) ou instável (alta inflação); neste último

caso existem intervenções governamentais através de planos de estabilização econômica.

O processo decisório é desenvolvido em etapas, representando, cada uma, um período mensal de atividades produtiva e de vendas. As principais variáveis de decisão controladas pelos participantes são:

- Compras e Consumo de Matéria-Prima (1 e 2);
- Preço, Desconto, Taxa de Juros e Prazo de Venda (A, B e C);
- Despesas com Propaganda;
- Contratação e Demissão de Pessoal;
- Horas de Produção;
- Desconto de Duplicatas;
- Aplicações em Fundo de Ações e Renda Fixa;
- Pagamento de Dividendos sobre o Lucro;
- Investimentos em Imobilizado;
- Solicitação de Serviços Contábeis e Relatórios de Desempenho;
- Solicitação de Consultorias.

5. O MODELO

O objetivo deste trabalho é realizar um processo decisório no simulador de empresas, de forma que, no final de um exercício (12 meses), o volume de vendas acumuladas e o nível de rentabilidade desejados, sejam alcançados. Assim, o papel da Rede Neural será, em cada etapa, o de encontrar uma solução e sugerir índices de correção, no estado das variáveis de decisão, capazes de manter o rumo em direção às metas desejadas.

Na caracterização do problema, definiu-se, como metas a serem atingidas, a rentabilidade patrimonial, do ponto de vista operacional, e o volume de vendas. Desta forma, em cada etapa, o estado atual destas variáveis de controle é comparado com o desejado, determinando o grau de desvio em relação às metas. Estes desvios de meta é que definirão as atitudes que a rede deverá to-

mar para determinar o fator de correção das variáveis consideradas no processo decisório.

As variáveis de controle definidas são:

- nível % de vendas alcançado em relação ao desejado, no período t (atual), t-1 e t-2;
- nível % de rentabilidade patrimonial alcançada em relação ao desejado, no período t (atual), t-1 e t-2;
- nível % de produção alcançado em relação ao desejado, no período t (atual), t-1 e t-2;
- nível de uso da capacidade instalada alcançada em relação ao desejado, no período t (atual), t-1 e t-2;

Para o cálculo da meta mensal alcançada no período t, é considerada a seguinte equação:

$$\text{Meta}(t) = \frac{\text{Meta anual} - \sum_{j=1}^t R_j}{12 - t}$$

Onde:

- Meta Anual => meta a ser alcançada ao final de doze meses.
- R_j => resultado alcançado pela empresa no período j.
- t => período simulado atual.

O índice mensal de acerto em relação à meta dá-se pelo resultado efetivamente alcançado pela empresa, no período, e sua meta para aquele período. Idealmente, este índice deve ser igual ou superior a 100%, que implica no atingimento da meta.

A importância de utilizar, como informação, os valores atuais e os de dois períodos anteriores, é estabelecer um mecanismo de correlação temporal e seqüencial, no processo decisório, ou seja, considerar que existe, também uma relação de dependência do atual estado da variáveis de controle em relação aos fatos ocorridos em períodos passados recentes.

O índice de aproveitamento da capacidade instalada é importante, em situações críticas de

produção, como falta de matéria-prima, ou mão de obra, já que estes fatores têm influência decisiva, na viabilidade do alcance das metas, uma vez que, sem a manutenção da capacidade de produção, as metas de vendas ficam comprometidas.

Neste modelo inicial, limitou-se o contexto das variáveis de decisão, em relação a sua atividade de fim, isto é, seu resultado operacional. As decisões que implicam ganhos/perdas financeiras não foram envolvidas, até porque, isto não afeta o resultado operacional e sim, o lucro líquido apurado, após o resultado financeiro e o cumprimento das exigências legais com o fisco e acionistas.

Desta forma, a rede objetiva auxiliar na determinação das seguintes variáveis de decisão, que deverão sofrer mudanças e uma estimativa para o grau do fator (multiplicador) de correção:

- Preço, Taxa de Juros e Prazo de Venda do Produto A
- Preço, Taxa de Juros e Prazo de Venda do Produto B
- Preço, Taxa de Juros e Prazo de Venda do Produto C
- Despesas com Propaganda;
- Horas de Produção.

Uma representação deste modelo de rede neural artificial encontra-se na figura 3. A topologia escolhida para o treinamento da rede foi a do tipo *Backpropagation*, com aprendizado através da regra delta generalizada descrita no item 2.

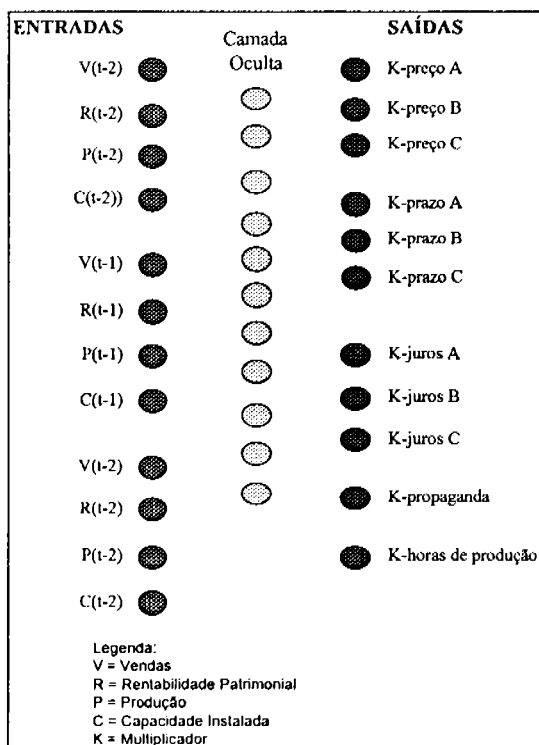


Figura 3 - Modelo proposto da Rede Neural

Para um treinamento piloto da rede, foram utilizados apenas 28 (vinte e oito) conjuntos de treinamento, pois nesta fase o objetivo principal era testar a adequação da modelagem e os critérios de valoração das variáveis sob estudo.

Estes conjuntos de treinamento foram gerados através do simulador virtual, iniciando o processo de ajustes a partir do mês de abril. Nos meses de janeiro, fevereiro e março, propositadamente, o processo decisório não estava sob controle e os resultados alcançados foram sempre aquém do desejado. Cinco contextos distintos foram criados, permitindo conjuntos de treinamento que envolvem as seguintes situações de mercado:

1. mercados consumidor e fornecedor normais;
2. mercado consumidor normal e falta de matéria-prima no período 5 da simulação;
3. mercado consumidor normal e falta de matéria-prima no período 8 da simulação;
4. mercado consumidor normal e falta de matéria-prima no período 11 da simulação;

5. mercado fornecedor normal e recessão no mercado consumidor nos períodos 8 e 9.

Cabe observar que este número de conjuntos de treinamento utilizados, está bem abaixo do considerado ideal para este tamanho de rede, que exige em torno de 300 conjuntos. A sessão de treinamento envolveu 100.000 iterações, estabilizando-se num nível de erro médio na faixa de 0,02. A modelagem e o treinamento foram realizados com o software Neural Works [NEU91].

6. RESULTADOS OBTIDOS

O treinamento da rede neural artificial envolveu tanto conjunturas normais como também perturbadas. A importância dessas perturbações, foi testar a capacidade do modelo de aprender a realizar correções no rumo das metas, mesmo que no mês antecedente o quadro era de normalidade e as metas estavam sob controle.

O teste das cinco situações descritas anteriormente foi realizado mantendo-se as metas anuais de produção e vendas, compatíveis com a capacidade da empresa e o potencial de demanda do mercado.

A figura 4 apresenta os resultados de um processo decisório, conduzido pela equipe de pesquisadores, para os diversos períodos de atividade econômica simulados. O processo decisório, sob

análise, ocorreu do mês de abril, até dezembro, sob condições conjunturais normais (sem perturbações). Como houve êxito nos objetivos pretendidos, estes resultados foram utilizados para fins de treinamento da rede.

Pelo gráfico da figura 4, verifica-se que ao final dos doze meses, as metas foram alcançadas atingindo um nível de 125% em relação às vendas e 133 % em relação à rentabilidade, ou seja, os resultados superaram as metas fixadas. É importante frisar que não houve a preocupação de otimizar valores dos resultados a serem alcançados (meta no sentido de que, quando os resultados atingia ou ultrapassavam as metas fixadas, os multiplicadores respectivos, no período seguinte, eram mantidos no valor de um (manter a política).

A partir do treinamento realizado, colocou-se, então, a rede para assumir o processo decisório (ver figura 5). Da mesma forma como foi realizado pelos pesquisadores, a rede começou a decidir a partir do mês de abril, indicando as variáveis que deveriam sofrer mudanças e o respectivo fator de correção (multiplicador), até o mês de dezembro. A cada mês, estes valores eram apresentados no simulador Virtual, que fornecia a nova situação da empresa. Ao final dos doze meses, a rede atingiu meta de rentabilidade na ordem de 181% e as vendas em 124%.

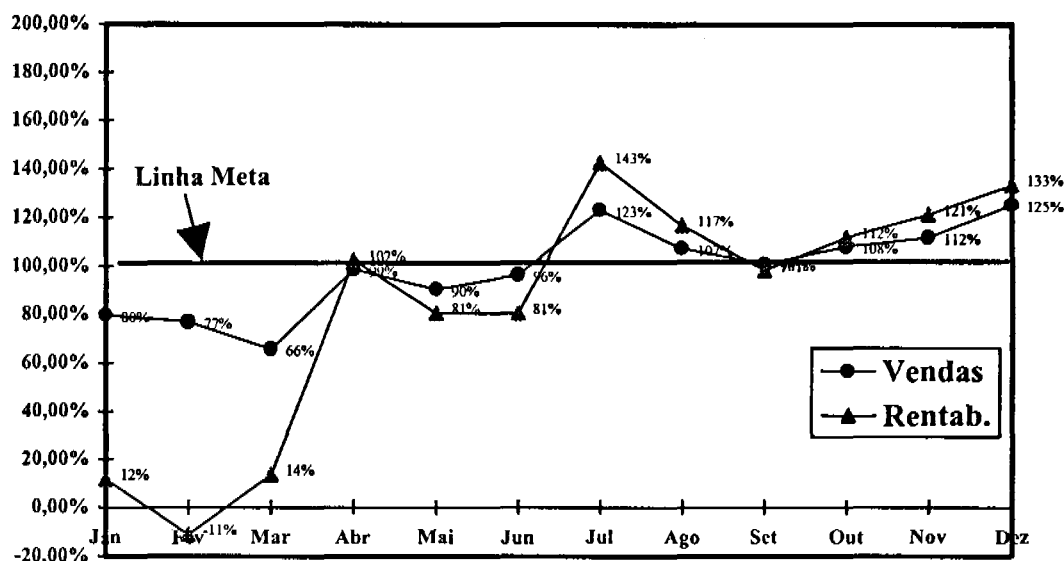


Figura 4 - Resultado do processo decisório, em relação às metas, obtidos pelos pesquisadores (conjuntura normal)

A comparação entre as figuras 4 e 5 mostra que a rede alcançou resultados surpreendentes, pois atingiu um nível de vendas idêntico ao atingido pelos pesquisadores, mas com uma rentabilidade, consideravelmente, melhor. Este resultado comprova que o modelo é adequado e tem um grande potencial de uso, em vista do reduzido conjunto de treinamento utilizado.

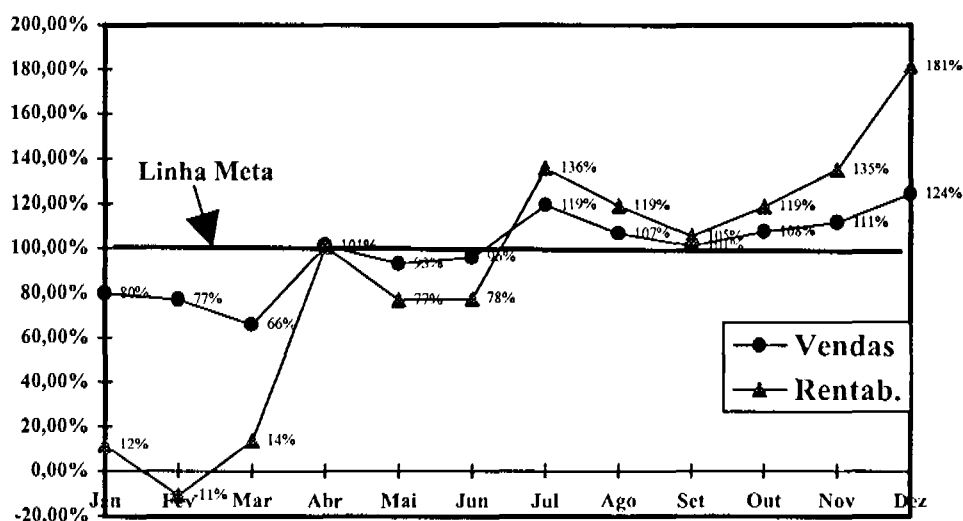


Figura 5 - Resultado do processo decisório, em relação às metas, obtido pela Rede Neural Artificial (conjuntura normal)

Com efeito, o otimismo se justifica, considerando os seguintes resultados alcançados pela rede, em situações que envolveram perturbações no mercado. No segundo teste realizado, foram mantidas as metas anuais de vendas e rentabilidade, mas criou-se uma perturbação no fornecimento de matéria-prima para a empresa no mês de maio, fazendo com que a produção fosse reduzida e, por conseqüência, se diminuísse a disponibilidade de produtos para vendas nesse mês.

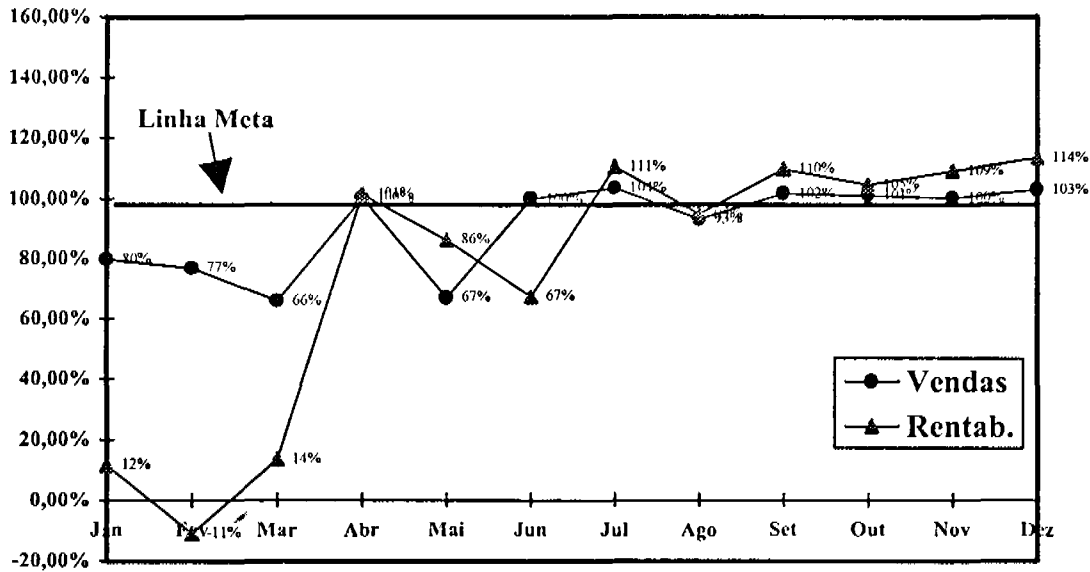


Figura 6 - Resultado do processo decisório, em relação às metas, obtido pelos pesquisadores (falta de matéria-prima no mês de maio)

No processo decisório realizado pelos pesquisadores, chegou-se, no final do período, a um resultado de 114% para a meta de rentabilidade e 103% para a meta de vendas, conforme a figura 6. Porém, a rede neural alcançou novamente, resultados melhores, conseguindo elevar estes índices para 144% e 109% respectivamente.

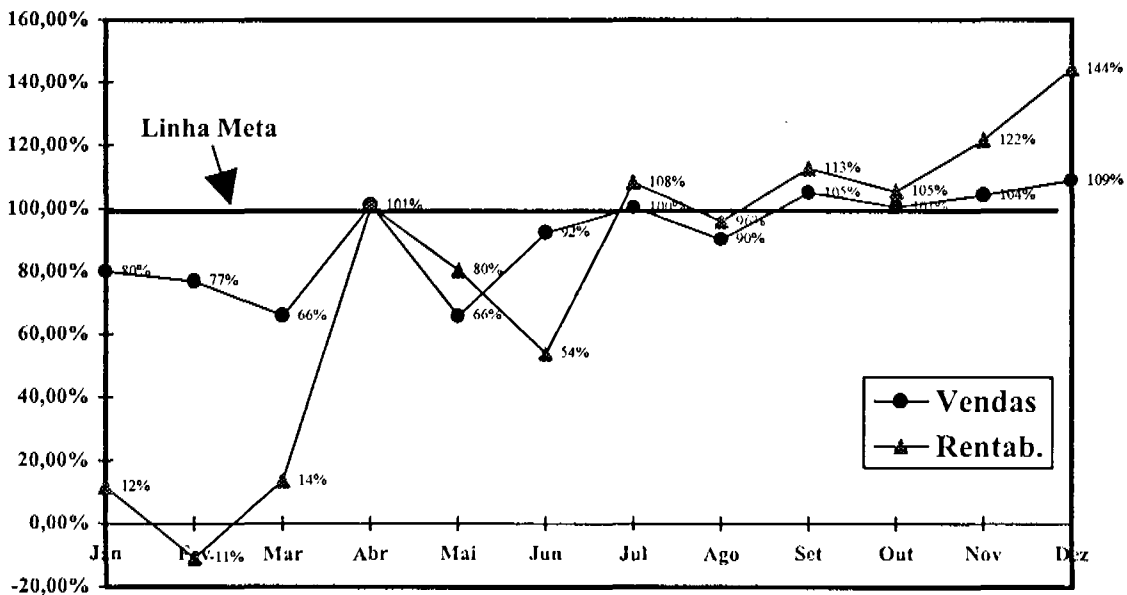


Figura 7 - Resultado do processo decisório, em relação às metas, obtido pela Rede Neural Artificial (falta de matéria-prima no mês de maio)

Estes resultados também se repetiram nas outras três situações testadas, isto é, os resultados das decisões da rede foram melhores, ou muito próximos dos valores alcançados pelos pesquisadores.

7. CONCLUSÃO

O propósito deste trabalho foi verificar a capacidade de uma rede neural assumir ou auxiliar no processo decisório empresarial. Durante o seu desenvolvimento, não houve preocupações com otimização ou eficiência do modelo, mas principalmente, com a sua eficácia.

O modelo aqui apresentado demonstrou surpreendente performance e, mesmo com algumas limitações de treinamento, a rede, efetivamente, assumiu o processo decisório e conseguiu alcançar resultados que nenhuma outra equipe participante em situação de treinamento gerencial, com base no mesmo simulador e situações, conseguiu alcançar.

Desta forma, por se tratar de um projeto piloto, acredita-se que existe um vasto campo de pesquisa e desenvolvimento, já que o modelo proposto apresenta limitações no conjunto de variáveis de decisão e amplas possibilidades de aperfeiçoamento.

Como os simuladores de empresa têm atingido um grau de complexidade e realismo muito próximos à realidade, acredita-se que a tecnologia de redes neurais possa também ser aplicada no processo decisório empresarial. Não se pretende, no entanto, que elas assumam o papel de decisores, mas que possam operar como "consultores inteligentes", indicando e sugerindo mudanças que podem aumentar as chances de êxito nas metas desejadas. Neste sentido, este tipo de rede pode ser incorporado num sistema de apoio à decisão ou aliada a ferramentas de manipulação de conhecimentos, como os Sistemas Especialistas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ALM95] ALMEIDA, Fernando C. Desvendando o uso de redes neurais em problemas de administração de empresas. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, Vol. 35, nº 01, p.46-55, Janeiro/Fevereiro de 1995.
- [BAR94] BARR, Dean e MANI, Ganesh. Using neural nets to manage investments. *Journal AI Expert*. Vol. 9, nº 02, p.16-21, Dezembro de 1994.
- [CAR91] CARVALHO, Luis A. V. et ali. Redes neuronais artificiais: a volta do cérebro eletrônico? *Revista Ciência Hoje*. São Paulo, Vol. 12, nº 70, p.12-21, Janeiro/Fevereiro de 1991.
- [LOE95a] LOESCH, Cláudio e SARI, Solange. *Redes Neurais Artificiais: fundamentos e modelos*. Blumenau: IPS/FURB, 1995.
- [LOE95b] LOESCH, Cláudio. O que são redes neurais artificiais. *Boletim Informativo de Redes Neurais*. Blumenau, Vol. 1, nº 02, p.32-33, Maio de 1995.
- [NEU91] NEURAL WORKS PROFESSIONAL. *Guia do usuário*. 1991.
- [VIR94] VIRTUAL. *Manual do jogador*. Blumenau: IPS/FURB, 1994.