

TRATAMENTO DA INCERTEZA NA ANÁLISE CUSTO-VOLUME-LUCRO POR MEIO DE REDES NEUROFUZZYEmerson Muniz de Freitas* E-mail: emersonmfreitas@gmail.comAdemir Clemente* E-mail: ademir@ufpr.brSimone Bernardes Voese* E-mail: simone.voese@ufpr.br

* Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Resumo: A Análise Custo-Volume-Lucro (CVL) tradicionalmente adota como uma de suas hipóteses simplificadoras a ausência de incerteza associada às variáveis envolvidas. Buscando superar esta restrição, o presente artigo tem como objetivo verificar a viabilidade e as vantagens da utilização de Redes Neurofuzzy na Análise CVL para minimizar a incerteza nas tomadas de decisões. A principal característica das Redes Neurofuzzy é a sua capacidade de aprendizado, por meio da aplicação de dados de entrada e saída, facilitada por meio da análise dos relacionamentos entre as variáveis. Assim, essa pesquisa se classifica predominantemente como quantitativa e experimental. Foram construídos três cenários distintos, com dados obtidos de forma aleatória, utilizando-se a Distribuição Beta. Os cenários englobavam um período de 720 dias cada, sendo adotado como percentuais de variabilidade: 10%, 20% e 30%. Com a análise dos resultados, realizada com o emprego da *toolbox* ANFIS do Matlab 6.5®, constata-se a adequação das Redes Neurofuzzy à análise CVL. O algoritmo de treinamento sugeriu estruturas diferentes para os três cenários analisados. As taxas de erro encontradas são aceitáveis e estão de acordo com a variabilidade das informações. Conclui-se a existência de viabilidade das Redes Neurofuzzy aplicadas à Análise CVL mesmo em situações que apresentem alta variabilidade nas variáveis econômicas.

Palavras-Chave: Análise Custo-Volume-Lucro. Incerteza. Redes Neurofuzzy.

1 INTRODUÇÃO

A relativa inexatidão das informações prestadas por seres humanos pode dificultar a classificação de fatos, fenômenos e objetos. Observa-se que na Teoria Clássica dos Conjuntos cada elemento somente pode pertencer ou não a certo grupo (GOMIDE; GUDWIN, 1994). Contudo, ao se analisar essa perspectiva na Teoria dos Conjuntos Nebulosos os elementos podem pertencer parcialmente a determinado grupo e possuírem certo grau de pertinência (SANDRI; CORREA, 1999).

Dessa forma, no contexto da Lógica Nebulosa ou *Fuzzy*, sustentada pela Teoria dos Conjuntos Nebulosos, a inexatidão das informações pode ser tratada, reduzindo-se a incerteza associada à falta de precisão, prejudicial a diversas análises no campo empresarial. A minimização dessa incerteza é amparada com o desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem a redução da complexidade

de problemas de controle intratáveis por meio de técnicas clássicas (GOMIDE; GUDWIN, 1994).

Com um sistema baseado na Lógica Nebulosa, é possível utilizar classificações, ou atributos, do tipo mais/menos importante, muito/pouco, alto/baixo, para categorizar elementos. Esses representam o grau de pertinência dos elementos às categorias e permitem maior amplitude à análise. Dessa forma, para a definição do algoritmo de Lógica Nebulosa, o pesquisador necessita da opinião de especialistas, para determinar quantas e quais variáveis lingüísticas devem ser utilizadas, assim como as regras que nortearam o seu funcionamento.

Borba; Dill (2005) apresentam áreas de Contabilidade e Finanças em que estudos estão sendo desenvolvidos com utilização da Lógica Nebulosa. Dentre elas, destacam: 1) julgamento da materialidade nos processos de auditoria; 2) avaliação do preço de ações e pagamento de dividendos; 3) planejamento de auditoria; 4) identificação de riscos potenciais no sistema de informações contábeis; 5) identificação de fraudes financeiras; 6) mensuração de risco e incerteza; e, 7) avaliação de crédito.

Para eliminar, ou minimizar a necessidade de consulta a especialistas, podem ser adicionados elementos de aprendizado oriundos das Redes Neurais Artificiais (RNA), o que resulta na origem às Redes Neurofuzzy.

Segundo Fullér (1995), as Redes Neurofuzzy combinam a Lógica *Fuzzy* com o aprendizado e capacidade adaptativa das Redes Neurais Artificiais, por isso se caracterizam como uma ferramenta de tecnologia de inteligência artificial que gera regras diretamente a partir de dados numéricos e associa probabilidades a estas regras.

Os sistemas baseados em Redes Neurofuzzy demandam um conjunto de dados em substituição às opiniões de especialistas. Estes dados são utilizados para definição da estrutura do sistema que apresente menor erro, por meio de *softwares* específicos. Este procedimento, portanto, além de reduzir a incerteza presente nas classificações lingüísticas inexatas, também elimina possíveis interpretações equivocadas advindas da intervenção humana na configuração do sistema.

A incerteza, minimizada pela utilização de Redes Neurofuzzy, está em consonância a uma das suposições simplificadoras da Análise Custo-Volume-Lucro (CVL). Esta análise, amplamente utilizada no meio empresarial em virtude de sua

simplicidade e praticidade, investiga o relacionamento entre as seguintes variáveis econômicas: Custo Fixo, Custo Variável, Volume de Vendas e Lucro (MAHER, 2001).

Muitos pesquisadores procuram metodologias de análise para contornar a suposição simplificadora de ausência de incerteza na Análise CVL (JAEDICKE e ROBICHEK, 1964; MALOO, 1991; YUAN, 2009). YUAN (2009) desenvolveu um sistema baseado na Lógica Nebulosa para análise de dados hipotéticos, por meio da coleta de opiniões de especialistas para a definição das variáveis linguísticas e formulação das regras empregadas.

Nesse cenário, define-se a seguinte questão de pesquisa: ***O sistema de Redes Neurofuzzy pode ser utilizado na Análise Custo-Volume-Lucro para minimizar a incerteza nas tomadas de decisão?***

Este artigo objetiva mostrar a viabilidade e as vantagens da utilização de Redes Neurofuzzy na Análise CVL, possibilitando minimizar a necessidade de intervenção de especialistas e reduzindo a incerteza nas tomadas de decisão.

Essa pesquisa se justifica ao aplicar uma ferramenta de inteligência artificial no contexto empresarial como forma de facilitar o processo de gestão e torná-lo mais seguro. Também se considera que contribui para o meio acadêmico ao discutir os elementos da inteligência artificial na área contábil, ampliando os elementos de análise e favorecendo o desenvolvimento da capacidade reflexiva na gestão de custos. Por fim, também contribui a sociedade ao possibilitar que as decisões tomadas no meio empresarial possam apresentar menor subjetividade e dependência de especialistas.

O presente trabalho contém outras cinco seções. Na segunda e terceira seções são apresentados os fundamentos da Análise CVL e das Redes Neurofuzzy, respectivamente. Os procedimentos metodológicos utilizados são elencados na quarta seção, que é sucedida pela análise de resultados e pelas considerações finais.

2 A ANÁLISE CVL E SUAS HIPÓTESES SIMPLIFICADORAS

A Análise CVL constitui uma das ferramentas mais consagradas da Contabilidade Gerencial (GUIDRY *et al*, 1998). Para Maher (2001), a explicação

para o grande uso da Análise CVL encontra-se na simplicidade com que oferece informações sobre a relação entre o custo, o volume e o lucro (LEONE e LEONE, 2002). Contudo, ainda segundo Maher (2001), é exatamente essa simplicidade, no conjunto de pressuposições, que diminui o seu realismo.

De acordo com Yunker (2006), a facilidade da utilização da Análise CVL tradicional é superior as suas limitações. Diversos autores listaram o que caracteriza os pressupostos básicos da metodologia clássica da análise de CVL (ATKINSON *et al*, 2000; HORNGREN *et al*, 2000; HANSEN e MOWEN, 2000; MAHER, 2001). LEONE; LEONE (2008) analisaram os fatores limitantes encontrados na literatura e os consolidaram no que chamaram de hipóteses simplificadoras da Análise CVL:

Os custos e as receitas variam de acordo com um único direcionador; O direcionador depende de um único produto; O preço de venda unitário, o custo variável unitário e os custos fixos são constantes [...]; As unidades produzidas são iguais às vendidas [...]. Ou, de uma forma mais abrangente, os custos e receitas têm um mesmo direcionador; Havendo mais de um produto, o *mix* de venda se mantém constante; Não há consideração do valor do dinheiro no tempo, ou a análise é feita para um período simples; e, Não há probabilidade (risco) envolvida.

Leone; Leone (2008) concluem que um modelo de análise que buscasse minimizar todas as hipóteses simplificadoras simultaneamente apresentaria uma série de desvantagens: 1) maior dedicação de tempo e dinheiro; 2) maior sujeição a erros na obtenção e digitação das informações de entrada; 3) impossibilidade de visualização gráfica do ponto de equilíbrio; e, 4) maior dificuldade de análise e interpretação dos resultados e, conseqüentemente, na tomada de decisão. Dalmonech *et al* (2003) acrescentam que as informações acrescidas por análise mais robusta poderiam não ser tão satisfatórias para justificar a perda de simplicidade.

Vários autores concentram-se em propor metodologias de análise voltadas a reduzir o efeito das hipóteses simplificadoras. Destacam-se trabalhos como os de Jaedicke e Robichek (1964); Maloo (1991); e Yuan (2009). Entre essas metodologias encontram-se aquelas para minimizar as condições de riscos e incertezas (JAEDICKE; ROBICHEK, 1964; MALOO, 1991; YUAN, 2009).

As variáveis de entrada da Análise CVL são conhecidas, ou seja, trata-se de um modelo determinístico (CORRAR, 1993). Contudo, quando são consideradas as probabilidades de ocorrência dos valores, ou seja, quando se admite o risco

relacionado ao ambiente econômico, o modelo é denominado probabilístico ou estocástico (ACKOFF *apud* CORRAR, 1993).

Jaedicke; Robichek (1964) apresentaram uma metodologia diferenciada de Análise CVL conhecida como modelo J–R. Leone; Leone (2002) avaliam que esses autores foram os primeiros a considerarem a probabilidade para representar a incerteza associada às variáveis envolvidas. Essa metodologia assume a distribuição normal para o preço e volume de vendas, bem como para os custos fixos e variáveis (JAEDICKE; ROBICHEK, 1964).

Maloo (1991) critica o modelo J–R no que diz respeito à normalidade das distribuições e à suposição de variáveis independentes por não considerar o *mix* de vendas. Adicionalmente, o autor propõe um modelo que busca minimizar as diferenças entre o que é planejado e os resultados reais obtidos. Para isso, o modelo é desenvolvido com base em uma Distribuição *Beta*, com estimativas realizadas para diferentes cenários: otimista, mais provável, pessimista e da moda padronizada.

Yuan (2009) propõe a aplicação da Lógica Fuzzy para a Análise CVL, desenvolvendo um modelo que utiliza o conhecimento de *experts* para lidar com a imprecisão e contribuir para que os gestores avaliem a relação CVL e tomem decisões acertadas. Como alternativa para tornar desnecessária a contribuição de *experts* na formulação das regras para modelar o sistema baseado na Lógica Fuzzy, busca-se a aplicação de Redes Neurofuzzy.

3 TEORIA DOS CONJUNTOS NEBULOSOS E SISTEMAS NEUROFUZZY

A teoria da probabilidade, embora útil para tratar de problemas relacionados à incerteza, muitas vezes apresenta dificuldade em atender aos aspectos inerentes às informações prestadas por seres humanos (SANDRI; CORREA, 1999).

Na teoria clássica dos conjuntos, um elemento pertence ou não a um conjunto (GOMIDE; GUDWIN, 1994). Desta forma, segundo os mencionados autores, dado um universo U e um elemento x pertencente a U , o grau de pertinência $\mu_A(x)$ com respeito a um conjunto $A \subset U$ é dado por $\mu_A(x) = U \rightarrow \{0,1\}$, onde:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

Diferentemente, na teoria dos conjuntos difusos, SANDRI; CORREA (1999) destacam a possibilidade de o resultado estar compreendido no intervalo $\{0,1\}$, resultando em:

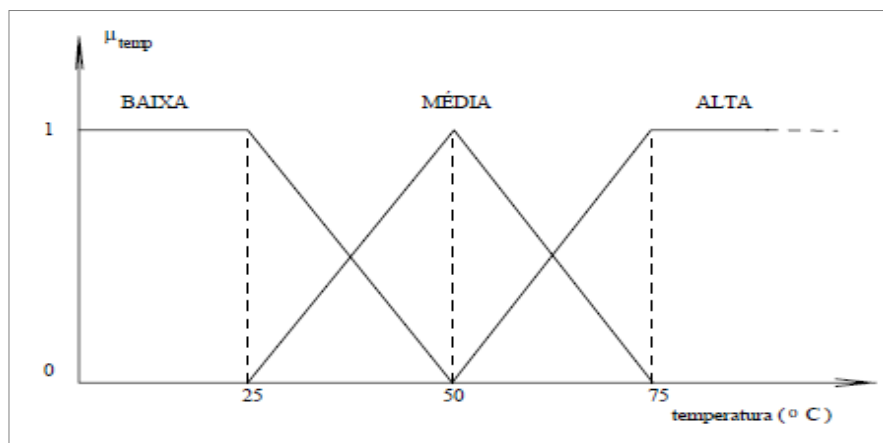
- $\mu_A(x) = 1$ quando x é completamente compatível com A ;
- $\mu_A(x) = 0$ quando x é completamente incompatível com A ;

e,

- $0 < \mu_A(x) < 1$ quando x é parcialmente compatível com A .

Deste modo, a teoria dos conjuntos nebulosos permite definir linguisticamente o “valor-verdade” de uma dada proposição por meio de predicados simples, como alto ou baixo, e também possibilita utilizar modificadores, como muito, mais, pouco e altamente (GOMIDE; GUDWIN, 1994). Esses autores mostram a representação gráfica dos termos que podem ser utilizados para avaliar a temperatura: baixa, média e alta, conforme a Figura 1.

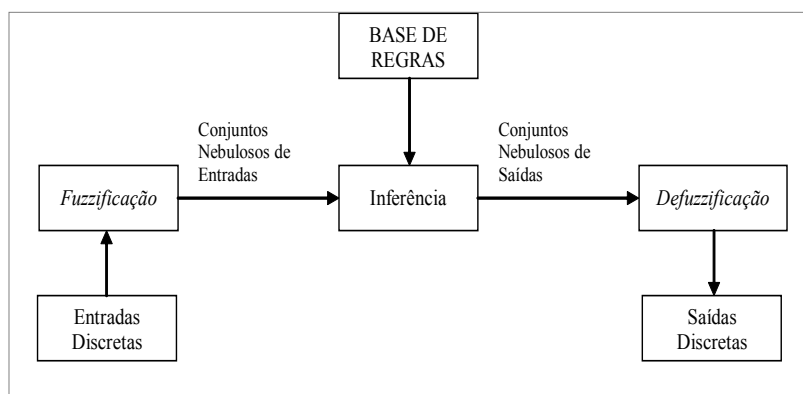
Figura 1 – Variável Linguística Temperatura



Fonte: Gomide e Gudwin (1994, p. 99).

A teoria dos conjuntos nebulosos, quando inserida em contexto lógico, para aplicação prática é conhecida como Lógica Nebulosa, Difusa ou *Fuzzy* (SANDRI; CORREA, 1999). Regras de produção do tipo - se <premissa> então <conclusão> - são desenvolvidas para operacionalização dos sistemas baseados na Lógica Nebulosa. Corrar; Paulo; Dias Filho (2007) apresentam o esquema básico de funcionamento desse sistema, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Estrutura de um sistema baseado em Lógica Nebulosa



Fonte: Corrar, Paulo e Dias Filho (2007, p. 468).

A interface de inferência, ou camada de fuzzificação, recebe os valores referentes às variáveis de entrada e os transforma em termos linguísticos. O produto dessa transformação é submetido às regras *fuzzy* previamente estabelecidas. Por fim, na interface de defuzzificação, os termos linguísticos de saída são expressos na forma quantitativa.

Destaca-se que os sistemas neurofuzzy permitem eliminar ou minimizar a utilização de especialistas na definição das regras a que os dados de entrada são submetidos (SANDRI; CORREA, 1999). De acordo com esses autores, nos sistemas neurofuzzy, os termos e as regras são aprendidos mediante um conjunto de exemplos de *inputs* e respectivos *outputs* desejados.

Nos sistemas neurofuzzy, são desenvolvidas RNA's que apresentam comportamento numérico baseado na teoria dos conjuntos difusos (OLIVEIRA Jr. *et al*, 2007). Haykin (2001, p. 28) conceitua RNA como “um processador maciço paralelamente distribuído, constituído de uma unidade de processamento simples, que tem a propensão natural para armazenar o conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso.”

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa quantitativa. Para Marconi; Lakatos (2007), a abordagem quantitativa utiliza técnicas estatísticas para análise dos dados. Contudo, as autoras também destacam que este tipo de pesquisa se

diferencia quanto à forma de coleta de dados, sendo observadas amostras com grande número de elementos e informações numéricas a serem analisadas.

Esta pesquisa também se classifica como experimental, uma vez que as variáveis independentes são manipuladas e a influência de outras variáveis relevantes, não pertinentes ao problema de pesquisa, é reduzida ao mínimo (BEUREN *et al.*, 2008).

Para desenvolver a proposta de utilização de Redes Neurofuzzy na Análise CVL, é considerada uma empresa hipotética, reunindo informações acerca do custo variável, volume e preço de venda do produto, e consequente resultado obtido das operações. Os dados são obtidos de forma aleatória, com o auxílio do *software* Matlab 6.5[®]. Para a geração destes números aleatórios, optou-se pelo uso da Distribuição Beta, que se destaca por se basear em três parâmetros locais (SOUZA; CLEMENTE, 2008, p.147), sendo “um valor mínimo a , um valor mais provável m e um valor máximo b .”

A análise é realizada segundo três cenários distintos, englobando um período de 720 dias cada, os quais foram subdivididos em dois grupos. O primeiro, composto por 540 dias, foi utilizado para o treinamento da Rede Neurofuzzy. O segundo grupo, formado pelos restantes 180 dias, foi utilizado para a fase de teste da estrutura encontrada. Optou-se por realizar a investigação considerando dias para mostrar a possibilidade de utilização da ferramenta em situações em que o processo de tomada de decisão deva ser executado no curtíssimo prazo.

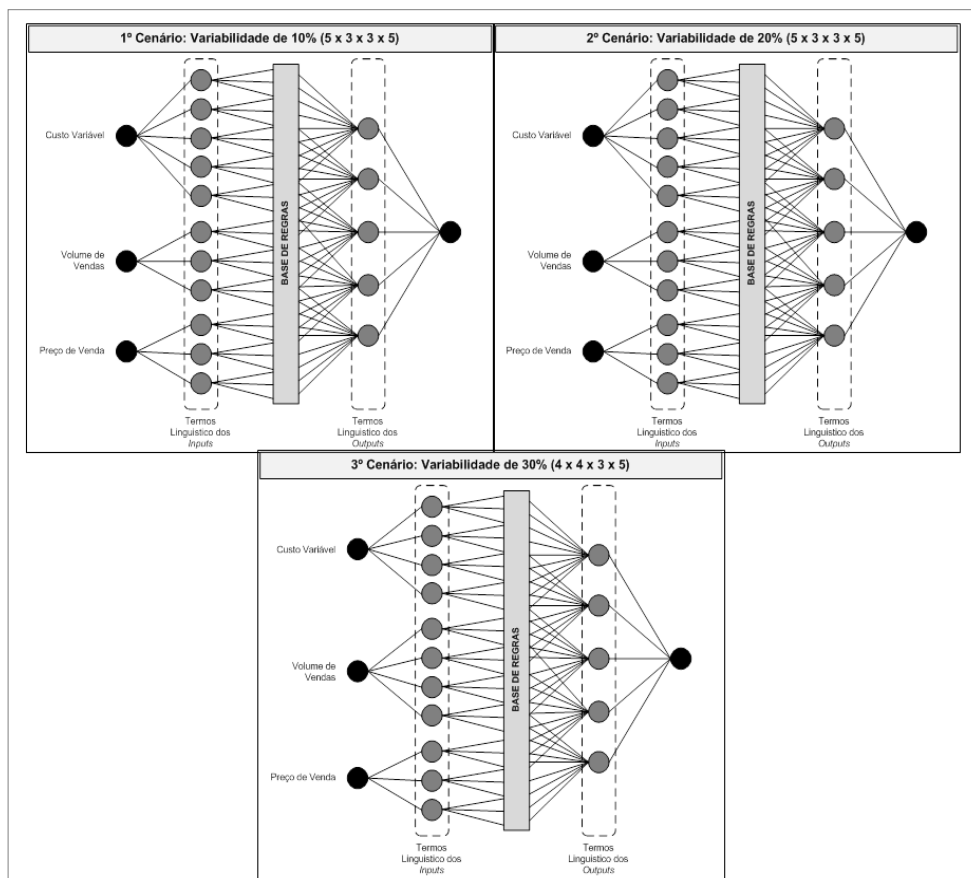
5 SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O conjunto de dados, referente aos 540 primeiros dias, foi empregado para treinamento e definição do número de termos linguísticos utilizados para cada uma das variáveis. Para isso, utilizou-se a *toolbox* ANFIS do Matlab 6.5[®]. As informações de Custos Variáveis, Volume e Preço de Venda, e Lucro possibilitaram o algoritmo elaborar a estrutura de rede que apresentasse o menor erro.

Foram geradas redes para três conjuntos distintos de dados: 1) variação de 10%; 2) variação de 20%; e 3) variação de 30% nos valores das variáveis em estudo. Dessa forma, buscou-se verificar a aplicabilidade das Redes Neurofuzzy

para situações que apresentem pequena, média ou grande variabilidade entre os períodos de análise. A Figura 3 mostra as Redes Neurofuzzy para a Análise CVL.

Figura 3 – Rede Neurofuzzy para Análise CVL



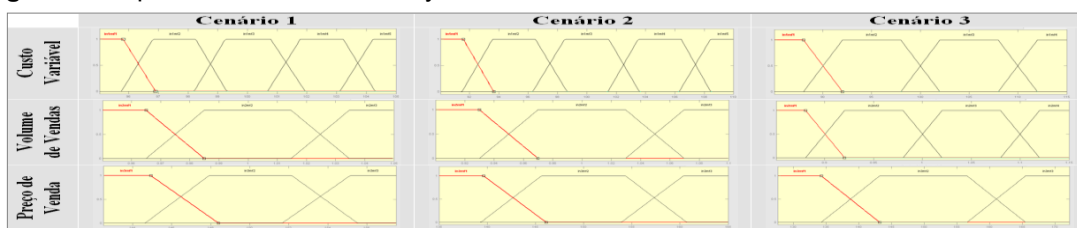
Fonte: Dados da Pesquisa

Nas estruturas das Redes Neurofuzzy apresentada na Figura 3, os círculos pretos representam as variáveis de entrada e saída consideradas na análise. Para cada *input* e também para o *output* a estrutura gerada sugeriu a utilização de um número específico de termos linguísticos, representados pelos círculos de coloração cinza. Por fim, o retângulo ilustra a base de regras originada. Estas regras constituem o relacionamento entre os diferentes termos de cada *input* para determinar como será apresentado o *output*. Assim, o número de regras será igual ao produto de todos os números de termos linguísticos dos *inputs*.

Para o primeiro cenário, o algoritmo sugeriu que fosse utilizada a estrutura 5x3x3x5. Portanto, chega-se a um menor percentual de erro com a Rede Neurofuzzy formada por 5 termos linguísticos para o *input* Custo Variável, também apresenta 3 termos para a variável Volume e Preço de Venda, e para a variável Lucro 5 termos.

A estrutura observada no 1º cenário foi sugerida também para o 2º cenário. Todavia, para o 3º cenário, o algoritmo sugeriu a utilização da estrutura 4x4x3x5. Alterou-se, portanto, o número de termos linguísticos dos dois primeiros *inputs*. Custo Variável e Volume de Vendas, para este cenário, tiveram 4 termos cada. A Figura 4 apresenta o comportamento destes termos linguísticos para cada *input* investigado.

Figura 4 – Inputs da Rede Neurofuzzy



Fonte: Dados da Pesquisa

Para cada *input*, o algoritmo sugeriu o número de termos linguísticos mais adequado para a estrutura da Rede Neurofuzzy. Para o Preço de Venda, por exemplo, em todos os três cenários foi sugerida a utilização de três termos. Este *input* pode ser classificado linguisticamente como: Baixo, Moderado ou Alto. De acordo com o gráfico obtido no Cenário 1, a primeira classificação compreende os dias em que a empresa pratica um Preço de Venda menor do que R\$145,00. A segunda classificação, moderado, inicia-se aproximadamente em R\$ 148,20. Contudo, os valores intermediários são analisados e a escolha do valor (linguístico) mais apropriado depende da proximidade em relação às duas mencionadas categorias.

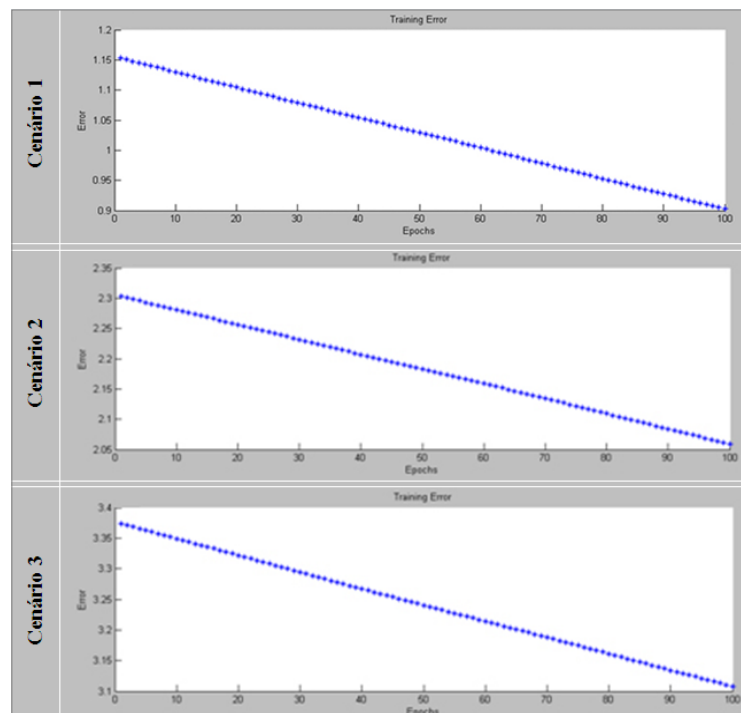
A realização de análise semelhante pode ser feita para todos os demais *inputs*. A representação utilizada facilita a análise, mesmo, que por ventura possa ocorrer certa imprecisão dos dados econômicos e financeiros das empresas, independente de serem dados observados ou previstos. A utilização das Redes Neurofuzzy, apresenta com grande vantagem a possibilidade de minimização da incerteza inerente à Análise CVL. Isso acontece devido as variáveis envolvidas na Análise CVL podem ser estimadas.

Contudo, é necessário no momento da interpretação dos dados torna-se importante avaliar a possível existência de diferença significativa com o que foi realizado. Além disso, como ocorrer a simulação de dados como *inputs*, pode existir

erro na mensuração ou determinação de seus valores. Desta forma, ao analisar de forma linguística, por intermédio de Redes Neurofuzzy, o gestor precisa observar o resultado e corrigir estas inconsistências e, ainda, verificar a estrutura que otimizará seu resultado, facilitando o processo de aprendizagem/treinamento.

Além da formação das variáveis linguísticas, é necessário observar a taxa de erro apresentada pela Rede Neurofuzzy desenvolvida. Esta taxa determina o nível de confiança que pode ser atribuído às predições obtidas. Na Figura 5, é mostrada a taxa de erro após 100 interações (*epochs*) para cada cenário. Vukadinovic *et al* (1999) conceitua *epoch* como o número de interações a que as variáveis são submetidas na busca da minimização da taxa de erro. Os citados autores destacam, ainda, que este número deve ser pré-estabelecido, não tendo um padrão de valor destacado na literatura.

Figura 5 – Minimização do Erro da Rede Neurofuzzy



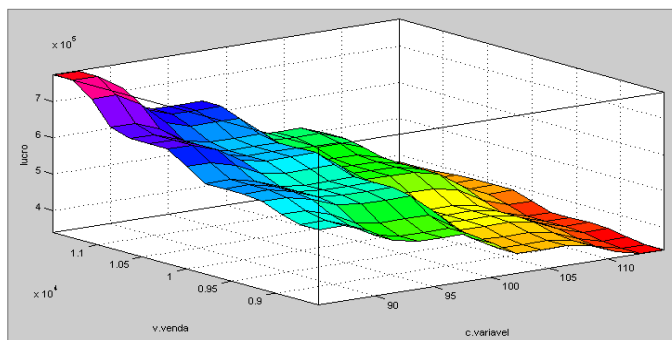
Fonte: Dados da Pesquisa

No cenário em que se considera a variabilidade de 10% nos dados, observa-se a menor taxa de erro. Assim, ao final de 100 interações (*epochs*), o erro se reduz a 0,9%. Em outro extremo, admitindo variabilidade de 30% nos dados, a taxa de erro ao final de 100 interações resultou bem superior (3,1%). Contudo, ainda se situa em

patamar aceitável, demonstrando que a Rede Neurofuzzy pode ser utilizada na Análise CVL mesmo quando existe maior dispersão nos dados disponíveis.

Com essa rede definida e testada, é possível, ainda, analisar o impacto das variáveis no lucro da empresa, considerando-as duas a duas. A Figura 6 apresenta o efeito combinado dos Custos Variáveis e do Volume de Vendas sobre o Lucro.

Figura 6 – Custo Variável x Volume de Venda x Lucro

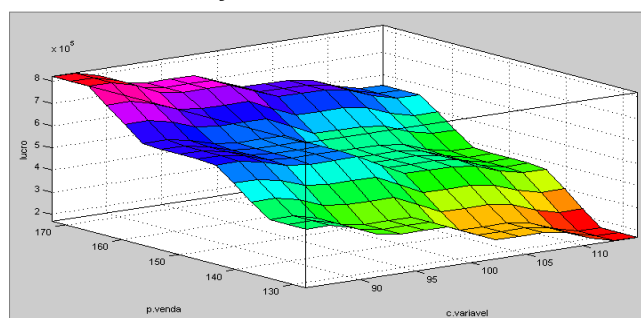


Fonte: Dados da Pesquisa

O gráfico, constante da figura 6 mostra que, ao fixar as demais variáveis, Custo Variável alto e Volume de Vendas baixo comprimem o lucro da empresa para seu menor patamar. Observa-se também que, vendas mínimas com custos variáveis otimizados, representam a situação preferível a grandes volumes de vendas associado com altos custos. É óbvio, porém, que melhores resultados são obtidos com aumento no volume de vendas aliado a redução dos custos variáveis.

A Figura 7, por sua vez, ilustra o relacionamento entre Custo Variável, Preço de Venda e Lucro e considerações semelhantes à anterior podem ser feitas. Cabe destacar, entretanto, que o preço de venda e o custo variável unitário apresentam-se como forças opostas, de intensidade aproximadamente igual.

Figura 7 – Custo Variável x Preço de Venda x Lucro

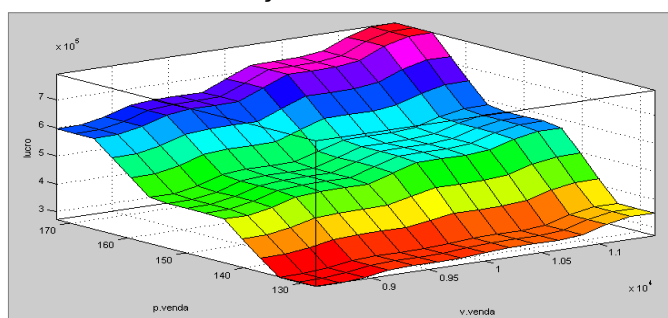


Fonte: Dados da Pesquisa

Observe-se que as restrições a que os usuários da Análise CVL geralmente estão sujeitos não estão sendo incluídas como *inputs*, entre as quais se destaca o preço máximo que o mercado admite pagar por determinado produto. Nas aplicações reais, os limites mínimos e máximos correspondentes às restrições devem ser observados na geração dos dados para cada variável.

Por fim, na Figura 8, é apresentado o efeito conjunto de variações em Preço e Volume de Vendas sobre o *output* de interesse.

Figura 8 – Volume de Vendas x Preço de Venda x Lucro



Fonte: Dados da Pesquisa

O impacto isolado de variações no Volume de Vendas mostra-se pequeno. Diferentemente, de variações independentes em Preço de Venda resultam em grandes impactos sobre Lucro.

A análise gráfica permite ao gestor visualizar a melhor estratégia para obter a maximização do resultado. Por exemplo, ao verificar que em dias específicos o volume de venda tende a ser menor, a análise CVL auxilia no processo de tomada de decisão quanto ao preço a ser praticado. Além disso, auxilia no tratamento de possíveis inconsistências observadas no processo de determinação dos valores das variáveis investigadas.

Os resultados obtidos permitem concluir que a utilização de Redes Neurofuzzy apresenta viabilidade para ser aplicada na Análise CVL por permitir minimizar imprecisão dos dados disponíveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise CVL, por sua simplicidade e praticidade, é utilizada no mundo dos negócios. A suposição de ausência de incerteza nas variáveis de interesse constitui

uma simplificação significativa. Contudo, as decisões tomadas decorrentes dessa análise apresentam certa dependência da habilidade do gestor em interpretar os resultados, em muitos casos sendo sustentados por sua experiência e na intuição. O presente artigo mostra como a utilização de um sistema baseado em Redes Neurofuzzy pode minimizar a incerteza associada aos valores das variáveis investigadas.

Empregou-se metodologia Quantitativa e Experimental, com a utilização de dados hipotéticos para controlar as variáveis. Utilizando a Distribuição *Beta*, foram gerados dados aleatórios para três cenários distintos, considerando a 10%, 20% e 30% de variabilidade nas variáveis de entrada. A partir destes dados, foram desenvolvidas estruturas de Redes Neurofuzzy para cada cenário, buscando-se a minimização da taxa de erro.

O algoritmo de treinamento da ferramenta computacional utilizada na simulação dos cenários sugeriu, para o primeiro e o segundo cenário a estrutura 5x3x3x5, ou seja, 5 termos linguísticos para o *input* Custos Variáveis, 3 termos para Volume e Preço de Vendas e 5 para Lucro. Entretanto, no terceiro cenário, a estrutura que apresentou menor taxa de erro foi a que continha os dois primeiros *inputs*, Custo Variável e Volume de Venda, com apenas 4 termos cada.

Verificou-se ainda que o cenário com menor variabilidade nos dados é o que obteve menor taxa de erro. Contudo, nos demais cenários, a taxa de erro situou-se em patamares perfeitamente aceitáveis. Portanto, mesmo em empresas que operam com grande variabilidade nas variáveis estudadas, é possível e viável utilizar as Redes Neurofuzzy para a Análise CVL.

Por meio de análise gráfica, foi possível verificar a aplicabilidade da Rede Neurofuzzy para Análise CVL, demonstrando-se os impactos que os *inputs* provocam no *output*. Acredita-se que esta forma de apresentação proporciona facilidade aos gestores no seu processo de tomada de decisão.

A análise desenvolvida mostra que um dos benefícios proporcionados pela utilização de Redes Neurofuzzy na Análise CVL consiste na possibilidade de empregar termos que exprimem a pertinência de classificação para cada variável, dispensando especialistas para definir os termos linguísticos. Além disso, contribui na gestão da empresa ao possibilitar identificar a definição de valores para as

variáveis, facilitando a formação de preço de venda, o limite máximo a ser estipulado para o custo variável e, conseqüentemente, o impacto proporcionado no lucro.

Os resultados indicam que as Redes Neurofuzzy aplicadas à Análise CVL podem auxiliar de forma significativa os gestores na medida em que, ao oferecerem resultado menos sujeito a incertezas. Em síntese, conclui-se que a aplicação das Redes Neurofuzzy à Análise CVL é útil e viável, mesmo em situações que apresentem alta variabilidade nas variáveis econômicas, seja como resultado das operações da firma seja pela dificuldade de obter mensurações exatas.

Cabe observar que os resultados obtidos dizem respeito a dados hipotéticos utilizados para a finalidade de ilustração. Recomendam-se aplicações reais para confirmar e consolidar as evidências encontradas.

REFERÊNCIAS

ATKINSON, A. *et al.*. **Contabilidade gerencial**. São Paulo: Atlas. 2000.

BEUREN, I. M. (Org.) *et al.* **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BORBA, J. A. e DILL, R. P. Um modelo de análise de rentabilidade de empresas usando a lógica nebulosa. In: CONGRESSO USP DE CONTABILIDADE E CONTROLADORIA, 5., 2005, São Paulo. **Anais**. São Paulo: FEA-USP. 2005.

BORGERT, A. *et al.* Integração das abordagens econômicas e contábil na análise custo/volume/lucro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: ABEPRO, 2006.

CORRAR, L. J.. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo. **Caderno de Estudos FIPECAFI**, n. 8, p. 1-11, abr., 1993.

CORRAR, L. J.; PAULO, E. e DIAS FILHO, J. M.. **Análise multivariada: Para os Cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

DALMONECH, L. F. *et al.* Limitações da análise tradicional de custo-volume-lucro: Repensando as Hipóteses Simplificadoras do Modelo. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, Guarapari. **Anais**. Guarapari: ABCUSTOS, 2003.

DIAS, I. P.. Algumas observações sobre margem de contribuição. **Revista de Administração de Empresas**, n. 32, p. 36-45, jul./ago. 1992.

FULLÉR, R.. **Neural fuzzy systems**. Abo Akademi University. 1995. Disponível em <<http://users.abo.fi/rfuller/ln1.pdf>> Acesso em 15 set. 2010.

GOMIDE, F. A. C. e GUDWIN, R. R.. Modelagem, controle, sistemas e lógica Fuzzy. **SBA Controle & Automação**, v. 4, n. 3, p. 97-115, set./out., 1994.

GUIDRY, F. *et al.*. CVP Analysis: a new Look. **Journal of Managerial Issues**, v. 10, n. 1, p. 74-85, 1998.

HANSEN, D. e MOWEN, M... **Gestão de custos**: contabilidade e controle. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2000.

HAYKIN, S.. **Redes neurais**: princípios e práticas. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HORNGREN, C. *et al.*. **Contabilidade de custos**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

JAEDICKE, R. K. e ROBICHEK, A. A.. Cost-Volume-Profit Analysis under conditions of uncertainty. **Accounting Review**, v. 39, n. 4, pp. 917-926, 1964.

LEONE, G. S. G. e LEONE, R. J. G.. A análise do ponto de equilíbrio: um instrumento contábil cheio de simplificações. **Revista de Contabilidade do CRC-RS**, v. 110, pp. 52-59, 2002.

LEONE, G. S. G. e LEONE, R. J. G. Um enfoque matemático e estatístico para análise custo-volume-lucro e suas hipóteses simplificadoras. **Revista Contabilidade Vista e Revista**, v. 19, n. 4, pp. 129-150, out./dez. 2008.

MAHER, M.. **Contabilidade de custos**: criando valor para administração. São Paulo: Atlas, 2001.

MALOO, M. C. A. Practical approach for incorporating uncertainty in the conventional cost-volume-profit model. **Akron Business and Economic Review**, v. 22, n. 4, p. 29-40, 1991.

MARCONI, M. de A. e LAKATOS, E. M.. **Metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVEIRA Jr. H. A. *et al.*. **Inteligência computacional**: Aplicada à Administração, Economia e Engenharia em Matlab®. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

SANDRI, S. e CORREA, C.. **Lógica nebulosa**. Technical Report. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 1999.

SOUZA A. CLEMENTE A. **Gestão de custos**: aplicações operacionais e estratégicas. São Paulo: Atlas, 2007.

SOUZA A. CLEMENTE A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: Fundamentos, Técnicas e Aplicações. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VUKADINOVIC, K.; *et al.* An Application of neurofuzzy modeling: the vehicle assignment problem. **European Journal Of Operational Research**, v. 114, p. 474 – 488, 1999.

YUAN, F-C.. The Use of a Fuzzy Logic-Based System in Cost-Volume-Profit Analysis under uncertainty. **Expert Systems With Applications**, v. 36, p. 1155-1163, 2009.

YUNKER, J. A.. Incorporating Stochastic Demand into Breakeven Analysis: A Practical Guide. **The Engineering Economist**, v. 51, p. 161-193, 2006.

ZAGO, A. P. P. *et al.*. Cálculo do ponto de equilíbrio em condições de risco e incerteza. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 9., 2006, São Paulo. **Anais**. São Paulo: FEA-USP, 2006.



Artigo recebido em 15/07/2011 e aceito para publicação em 18/10/2011.