

Estudo da lógica fuzzy como ferramenta de apoio à decisão em jogos de empresas simuladas

Mariana Fernandes Peniche

(Graduada em Administração/UFF) E-mail: mariana_fbp@hotmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo verificar o auxílio de um sistema especialista no processo de tomada de decisão de uma equipe participante de um jogo de empresas, visando à melhoria dos resultados da mesma. Como as decisões dos gestores das equipes estão sujeitas a subjetividade, foi escolhida a lógica fuzzy como método de apoio a decisão, visto que a mesma transforma subjetividade em graus de pertinência, utilizando-se da experiência de especialistas em situações passadas para criar um modelo baseado em regras para a tomada de decisão. Assim, foram criadas regras pertinentes ao simulador organizacional adotado no jogo de empresas escolhido levando em consideração as variáveis associadas ao processo decisório. Para esta pesquisa, foi selecionado pelo especialista o caso de uma empresa que obteve o pior resultado da sua indústria no jogo, resultado este obtido sem o uso de qualquer ferramenta de apoio à decisão. A pesquisa ocorreu através de rodadas artificiais (teste de bancada) alterando as decisões da equipe escolhida pelas decisões produzidas pelo conjunto de heurísticas geradas pelo sistema especialista criado. Como conclusão pôde-se observar que a empresa utilizando o sistema especialista saiu da última colocação para a terceira. Sendo assim, à luz dessa observação conclui-se ser possível obter bons resultados com o uso de um sistema de inferência fuzzy como suporte à tomada de decisão no ambiente de jogos simulados.

Palavras-Chave: tomada de decisão; lógica fuzzy; jogos de empresas; simulador organizacional

1. INTRODUÇÃO

Nota-se que a tomada de decisão possui presença constante nas atividades diárias de todas as pessoas e organizações. Em qualquer situação, as pessoas tomam uma ou mais decisões sobre o que fazer, como fazer, o que não fazer (ODERANTI e DE WILDE, 2010). A tomada de decisão é uma função importante e complexa no papel do executivo e característico da administração (SIMON, 1970, apud AMARAL, 2006).

Para Sauaia (2008), os jogos de empresas são baseados em um modelo de simulação no qual as características das empresas e do ambiente em que ela está inserida são retratados de maneira aproximada das situações reais, de modo que as decisões possam ser colocadas em prática. Segundo Sauaia (1989, apud Sauaia; Zerrenner, 2009, p.195), “como um exercício de tomada de decisões, os jogos têm por objetivo reproduzir parcialmente e de forma simplificada uma situação que poderia ser real...”. Desta maneira, por meio dos jogos de empresas, pode-se observar como os indivíduos processam as informações recebidas e tomam decisões num ambiente similar ao de uma organização.

Para se tomar decisões mais assertivas, tanto no ambiente organizacional quanto no ambiente simulado, existem técnicas que auxiliam no processo decisório. Neste trabalho, optou-se pelo uso da lógica fuzzy como ferramenta de apoio à decisão.

O objetivo da pesquisa foi verificar se um sistema especialista pode auxiliar nas decisões empresariais de modo a melhorar os resultados da mesma num ambiente simulado.

A presente pesquisa se justifica, pois a consideração de incertezas epistêmicas e das subjetividades associadas ao processo decisório é fundamental, na atualidade, para os tomadores de decisão (CARAVANTES, PANNO E KLOECKNER, 2005). O estabelecimento de um sistema especialista, que acelere o processo de tomada de decisão, direcionando a alocação dos recursos no ambiente de jogos simulados pode ser um facilitador para o sucesso da equipe.

Este artigo está estruturado em seis partes, cuja primeira é esta introdução. A segunda é uma revisão bibliográfica que se ocupou da definição de tomada de decisão e lógica fuzzy. Na terceira parte é apresentado o simulador organizacional utilizado para o estudo de caso. Na quarta parte do trabalho apresenta-se a metodologia empregada. No estudo de caso, quinta etapa do trabalho, é apresentado o desenvolvido do trabalho por meio do estudo de caso com o auxílio do *software* Matlab, que foi utilizado para emular o sistema especialista fuzzy. Finalmente, na sexta etapa estão apresentadas as conclusões, limitações e proposições para novos trabalhos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tomada de decisão é o “curso de ações escolhidas e determinadas como mais eficientes à disposição para o alcance dos propósitos visados no momento” (SIMON, 1970, apud AMARAL, 2006, p.3), ou seja, é uma solução selecionada depois de analisar um conjunto de alternativas, escolhida porque o tomador de decisão cogita ser o caminho mais eficaz para atingir as metas programadas.

Segundo Gomes (2007), tomada de decisão é o processo que leva, direta ou indiretamente, à escolha de pelo menos uma dentre várias alternativas, todas elas visando resolver determinado problema.

Para Caravantes, Panno e Kloeckner (2005, p.446):

Tomar decisões é o processo de escolher uma dentre um conjunto de alternativas. Portanto, quando gerentes tomam decisões, eles identificam uma série de alternativas potencialmente viáveis e escolhem aquela que acreditam ser a melhor em particular para a situação.

Todas as decisões são tomadas sob uma de três condições: certeza, risco e incerteza. Na condição de certeza, o gerente sabe exatamente quais são as alternativas e que cada uma delas está garantida. Na prática, os gerentes se deparam com poucas situações dessa natureza. Sob uma condição de risco, o gerente tem um entendimento básico das alternativas disponíveis e estima com certo grau de confiança às probabilidades associadas a cada alternativa, assim há um risco associado a cada resultado. Para se tomar decisões eficazes sob essa condição deve-se estimar corretamente as probabilidades. A condição de tomada de decisão mais comum é a de sob incerteza, na qual tanto as probabilidades quanto a lista de alternativas disponíveis são difíceis de avaliar (CARAVANTES, PANNO E KLOECKNER, 2005).

A administração da incerteza busca estudar os fatores de risco que envolvem as decisões, procurando refletir sobre as incertezas e a relação entre ação e consequência na busca pelo melhor caminho. Assim, é essencial tentar buscar essas relações procurando fazer uso de análises probabilísticas e estudos qualitativos e quantitativos descritivos sobre o esclarecimento das consequências.

Existem diversas ferramentas que podem auxiliar no processo decisório, como a Árvore de Decisões, a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e a Matriz de Payoff, e neste trabalho foi utilizada a Lógica Fuzzy como ferramenta de apoio à decisão.

O conceito de lógica fuzzy, também conhecida como lógica nebulosa ou difusa, foi introduzido por Lotfi Zadeh em 1965 (ODERANTI e DE WILDE, 2010; 2011), e é um conjunto de métodos que “incorpora a forma humana de pensar em um sistema de controle” (SHAW e SIMÕES, 1999), captura a experiência do especialista, transformando subjetividade em graus de pertinência, raciocínio em base de regras e tomada de decisão em inferência/deffuzificação.

A lógica fuzzy é um modelo que generaliza a lógica clássica binária em situações com auto grau de incerteza (DEMASI, 2003 *apud* RIEDER e BRANCHER, 2004). Na lógica clássica (lógica convencional ou binária), uma proposição tem apenas dois extremos: 0 ou 1 (bivalência), ou seja, cada elemento pertence ou não pertence a um determinado grupo. Na lógica fuzzy, essa proposição pode variar em um grau de verdade de 0 a 1 (multivalência), ou seja, cada elemento pertence a um conjunto em uma escala que varia entre 0 e 1 (SHAW e SIMÕES, 1999; OLIVEIRA JÚNIOR, 1999). De acordo com WUERGES e BORBA (2010; p.5), a lógica fuzzy permite expressar incertezas de modo mais consistente, por meio dos conjuntos nebulosos, “ao invés de simplesmente pertencer ou não pertencer, um elemento poderá ter vários graus de pertinência a um conjunto”.

Os conjuntos difusos mapeiam o grau de pertinência de um elemento em relação ao conjunto, ou seja, os elementos estão contidos em um conjunto fuzzy de acordo com grau de pertinência, e esta pertinência ocorre gradativamente, expressa por meio da função de pertinência. O valor zero indica que o elemento não pertence ao conjunto, o valor um indica que o elemento tem grau de pertinência de cem por cento em relação ao conjunto, e valores entre zero e um indicam grau de pertinência intermediário (WUERGES e BORBA, 2010).

Uma função de pertinência é uma função numérica gráfica ou tabulada que atribui valores de pertinência fuzzy para valores discretos de uma variável, em seu universo de discurso. As funções de pertinência podem ser triangulares, trapezoidais, gaussianas e sigmoidais ou curvas “S” (SHAW e SIMÕES, 1999; OLIVEIRA JÚNIOR, 1999).

É possível realizar várias operações com os conjuntos difusos (SHAW e SIMÕES, 1999; OLIVEIRA JÚNIOR, 1999):

- **Interseção:** dados dois conjuntos fuzzy A e B definidos em um conjunto universo E, a interseção é a parte comum dos conjuntos A e B, e é sempre menor que qualquer um dos conjuntos individuais A e B.

$$A \cap B = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (1)$$

- **União:** dados dois conjuntos fuzzy A e B definidos em um conjunto universo E, a união é o contorno que inclui ambos os conjuntos fuzzy A e B.

$$A \cup B = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2)$$

- **Complemento:** dado um conjunto fuzzy A definido em um conjunto universo E, o complemento de A em relação à E, é denominado A', conjunto de todos os elementos $x \in E$ que não são membros de A.

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (3)$$

A estrutura de um controlador fuzzy representa a transformação dos números reais para o domínio fuzzy, que utiliza números fuzzy (SHAW e SIMÕES, 1999). Em geral, a configuração básica de um controlador fuzzy é a seguinte (ODERANTI e DE WILDE, 2010; 2011; SHAW e SIMÕES, 1999):

- Interface de fuzzificação: é o mapeamento do domínio dos números reais para o domínio fuzzy.
- Base de conhecimento: representa o modelo do sistema a ser controlado e consiste de uma base de dados (funções de pertinência linguísticas) e uma base de regras fuzzy linguísticas. O método heurístico consiste em se realizar uma tarefa de acordo com a experiência prévia, com regras praticas ou “dicas” já frequentemente utilizadas.
- SE <condição> ENTÃO <consequência>
- Lógica de tomada de decisão: usa implicações fuzzy para simular tomadas de decisão humanas. Gera ações de controle - consequentes inferidas a partir de um conjunto de condições de entrada – antecedentes.
- Interface de defuzzificação: consiste em obter-se um único valor discreto, utilizável em uma ação de controle concreta no mundo real, a partir de valores fuzzy de saída obtidos. Existem três métodos de defuzzificação que são muito utilizados: centro da área, centro do máximo e média do máximo. O método centro da área (ou centro de gravidade) calcula a média das áreas das figuras que representam os graus de pertinência de um subconjunto fuzzy. No método centro do máximo os picos das funções de pertinência são usados, ignorando as áreas das funções de pertinência. No método média do máximo soma-se todos os elementos de maior pertinência ao conjunto fuzzy e depois divide-se esse valor pelo número total de elementos.

Existem dois métodos de inferência fuzzy, o método KTS (Kang-Takagi-Sugeno) e o método Mamdani, utilizado no presente trabalho. O método Mamdani fornece uma saída para o sistema/controlador que é também um conjunto fuzzy e, para obter uma saída clássica, é utilizado um dos métodos de defuzzificação. É baseado na regra de composição máx-mín e uma regra típica do modelo é: se x é A e y é B (A e B são conjuntos Fuzzy), então z é C (C é um conjunto Fuzzy) (BARROS; BASSANEZI, 2006).

3. O SIMULADOR ORGANIZACIONAL

Para o entendimento deste trabalho, é importante conhecer o jogo de empresas utilizado para a aplicação da lógica fuzzy como ferramenta de apoio à decisão.

O simulador organizacional utilizado na disciplina Laboratório de Gestão Simulada (LGS), de acordo com Sauaia (2008), traz informações a respeito das regras do jogo, do cenário na qual as empresas simuladas estão inseridas e das variáveis de decisão envolvidas no jogo.

As empresas estão inseridas no Brazol, país que vem investindo em tecnologia, e o produto, resultado de investimentos em P&D, é o SET – Sistema de Execução de Tarefas, aparelho com múltiplas funções, o qual pode ser aplicado em residências ou escritórios.

As empresas devem ser identificadas por meio de um nome fantasia e a simulação acontece em um ano fiscal dividido em quatro trimestres, e são divididas em áreas funcionais, as quais: presidência, planejamento, marketing, finanças, recursos humanos e produção.

As variáveis de decisão são: preço do produto, investimentos em marketing, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, investimentos em equipamentos, manutenção da fábrica, compra de matéria-prima, distribuição de dividendos, modelo de produção (turnos e horas extras) e outras despesas.

A previsão de vendas da empresa deve considerar os fatores exógenos (não controláveis, mas monitoráveis, sendo estes a inflação (IGP), sazonalidade (IVE) e atividade econômica (IAE)) e os fatores endógenos (controláveis, sendo estes as variáveis de decisão, como os investimentos em marketing e o preço).

O preço máximo é \$9,00 e o preço mínimo de venda é igual ao custo variável (mão de obra + matéria-prima unitária).

Os investimentos em marketing são afetados pelo IGP e seus efeitos são divididos em 70% para o curto prazo e 30% para o médio prazo.

Os investimentos em P&D também são afetados pelo IGP e seus efeitos são: 20% no curto prazo, 30% no médio prazo e 50% no longo prazo.

Os gastos na manutenção da fábrica são afetados num ritmo maior que o IGP e os gastos nesta conta estabilizam a eficiência de mão-de-obra e matéria-prima.

O custo unitário da mão-de-obra varia de acordo com o volume de produção, com a manutenção da fábrica, com investimentos em P&D e com o IGP.

O simulador permite que as empresas trabalhem em dois modelos de produção, mas como este trabalho é aplicado à disciplina LGS I, na qual os estudantes não costumam operar em dois turnos de produção, de acordo como especialista, optou-se por trabalhar apenas com o modelo de produção I, cujas empresas podem operar em 1 turno, com horas normais (até 99,9% x capacidade instalada) ou com horas extras (+ 50% da capacidade instalada, com um adicional de 50% no custo unitário da MOD). Os custos fixos em horas normais são de \$150.000 e em horas extras tem um acréscimo de \$50.000.

O valor inicial do investimento em equipamentos é de \$20,00 por unidade adicional de capacidade adquirida. A depreciação trimestral é de 2,5%.

A matéria-prima deve ser encomendada no início do trimestre e possui um custo de estocagem de 5% do valor do estoque inicial.

A distribuição mínima anual de dividendos é de 25% do lucro líquido acumulado.

Alguns fatores do ambiente econômico afetam o valor das empresas: nível de atividade econômica, alíquotas e legislação do imposto de renda, concorrência, leis e regulamentação governamental, sindicalização dos empregados e condições para os negócios internacionais e taxas de câmbio.

O Boletim Setorial pode ser adquirido pelas empresas a cada trimestre, e nele constam informações sobre todas as empresas da indústria. Informações referentes à: caixa (\$), produtos acabados (\$), matéria-prima (\$), fábrica e equipamentos (\$), valor econômico (\$), média de investimentos em marketing (\$), média de investimentos em P&D (\$), média do volume de vendas (unidades), lucro líquido (\$), taxa de retorno e a colocação de cada empresa até o trimestre em questão.

A cada trimestre as empresas recebem os demonstrativos operacionais, contendo as previsões dos índices para o próximo trimestre, informações sobre a indústria, as decisões tomadas pela empresa e o demonstrativo das operações. Recebem também os demonstrativos financeiros, dividido em demonstrativo de lucros e perdas, demonstrativo de fluxo de caixa e balanço.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Estudo caracteriza-se com exploratório quanto aos seus fins, pois se destinou no aprofundamento da lógica *fuzzy* utilizando-se como ambiente experimental a técnica educacional dos jogos de empresas com objetivo de disseminação de sistemas especialistas nas decisões gerenciais.

Quanto aos procedimentos técnicos a pesquisa pode ser indicada como ensaio laboratorial, pois ocorreu através de rodadas artificiais (teste de bancada) alterando as decisões da equipe escolhida pelas decisões produzidas pelo conjunto de heurísticas geradas pelo sistema especialista criado. Pode-se considerar também com um estudo de caso exploratório já que uma equipe foi escolhida para ter suas decisões alteradas com base no sistema especialista.

Em um primeiro momento, foi identificado que para tomar as decisões (variáveis de saída) presentes no simulador já citadas no capítulo anterior (preço do produto, investimentos em marketing, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, investimentos em equipamentos, manutenção da fábrica, compra de matéria-prima e distribuição de dividendos), são necessárias algumas informações (variáveis de entrada): índices econômicos (IGP, IVE e IAE), preços praticados pelas outras empresas da indústria, volume de vendas da empresa, participação (market-share) e lucro. Tais informações são disponibilizadas a cada trimestre nos demonstrativos.

A previsão de vendas é obtida observando-se os indicadores econômicos (IGP, IVE e IAE).

O preço é resultado de duas observações. A primeira é quão distante o preço praticado pela empresa está da média do mercado, e depois deve-se observar o preço praticado pela empresa mais eficiente em vendas.

Os esforços em marketing e investimentos em P&D devem levar em consideração o IGP, IVE e IAE, assim como o preço, volume de vendas, mercado potencial da empresa (disponibilizado nos relatórios a cada trimestre) e capacidade produtiva.

Os investimentos na manutenção da fábrica são afetados pelos índices econômicos, pelo volume de vendas, pela participação da empresa e pelo lucro.

Investimentos em equipamentos são afetados pelo IGP, pelo volume de vendas, pela participação da empresa e pelo lucro.

Para a compra de matéria prima pode-se adotar diversas estratégias, como a utilização de estoque de segurança. Adotou-se aqui um método sugerido pelo especialista:

- (+) Volume de produção programada
- (-) Estoque final de matéria prima
- (=) Estoque residual de matéria prima

Se o estoque residual de matéria prima for maior que volume de produção programada, deve-se repor o volume de produção; se o estoque residual de matéria prima for menor que o volume de produção programada, deve-se repor a capacidade de produção:

- (+) Capacidade de produção
- (+) Investimentos em equipamentos (1/20)
- (-) Depreciação projetada (0,025)
- (=) Capacidade de produção * 1,5 (considera-se horas extras)

O lucro é o fator a ser observado para se fazer a distribuição de dividendos (25% do lucro líquido acumulado no ano). Para a tomada de decisão, utilizamos o conceito de lucratividade (SEBRAE):

$$\text{Lucratividade} = \frac{\text{Lucro}}{\text{Preço} \times \text{Volume de Vendas}} \times 100 \quad (4)$$

A participação de cada empresa é um resultado da divisão do volume de vendas da empresa pelo volume de vendas total da indústria, então foi decidido utilizar apenas a participação para a tomada de decisão, não utilizando o volume de vendas.

Em um segundo momento, todas as variáveis citadas acima foram discretizadas junto ao especialista, e tem seus conjuntos assim formados: baixo, médio e alto.

Após a discretização das variáveis, foi criado, também junto ao especialista, um conjunto de regras fuzzy, como o exemplo:

SE IGP=Alto E IVE=Alto E IAE=Baixo E Preço=Médio E Participação=Baixo E Lucratividade=Alto ENTÃO Previsão de Vendas=Médio; Preço=Médio; Marketing=Alto; P&D=Alto; Manutenção=Médio; Equipamentos=Baixo e Dividendos=Baixo.

5. ESTUDO DE CASO

Foi escolhida, aleatoriamente pelo especialista, uma indústria com seis empresas na qual as simulações já haviam sido feitas na disciplina, e utilizou-se a empresa Manada High Tech SA, que obteve os piores resultados para aplicar o sistema. A empresa em questão havia ficado em último lugar, com prejuízo de \$506.595,00.

Foi elaborado junto ao especialista um conjunto com cento e cinco regras, e as variáveis de saída obtidas a partir destas regras foram aplicadas ao jogo de empresas. O resultado não foi satisfatório, visto que a empresa selecionada obteve prejuízo de \$474.787,00, permanecendo em último lugar. Observando as saídas fuzzy, foram identificados investimentos muito elevados em equipamentos e preços muito baixos, o que indicou problemas com as regras.

Algumas regras eram conflitantes entre si e outras tinham pouca probabilidade de ocorrência no jogo, segundo informações do especialista. Então, decidiu-se eliminar tais regras, chegando a dois novos conjuntos, um com cinquenta e uma e outro com trinta regras. Ambos os conjuntos de regras foram testados. O resultado obtido com o conjunto contendo trinta regras também não foi satisfatório, apresentando pouca melhoria em relação à simulação original, na qual a empresa estava na sexta colocação e com o sistema, subiu para a quinta, apresentando prejuízo de \$170.135,00. Já na simulação com cinquenta e uma regras, a empresa ficou na terceira colocação, com lucro de \$151.325,00.

Desta maneira, para este trabalho foi adotado o conjunto contendo cinquenta e uma regras, as quais estão no Anexo 1.

	Lucro (\$)	Market-share (%) (Participação)	Colocação
Manada High Tech AS	-\$506.595,00	4,68	6
Simulação com 105 regras	-\$474.787,00	16,98	6
Simulação com 51 regras	\$151.325,00	18,93	3

Simulação com 30 regras	-\$170.135,00	20,49	5
-------------------------	---------------	-------	---

Tabela 1 – Resultados das simulações

6. CONCLUSÕES

Considerando-se o objetivo proposta, que era verificar se um sistema especialista *fuzzy* seria capaz de auxiliar a ponto de melhorar o desempenho de uma empresa no ambiente simulado, pode-se concluir que, para o presente caso, sim. Essa conclusão foi alcançada ao verificar-se que, se fosse utilizado, única e exclusivamente, o sistema especialista a empresa que se encontrava em último colocado no jogo passou para a terceira posição, e com lucro positivo.

O estudo corrobora as ideias dos autores adotados no referencial, como a decisão gerencial é envolvida por um complexo de variáveis que levam o decisor a usar a subjetividade, o que Simon denominou racionalidade limitada (SIMON, 1970, apud AMARAL, 2006) e que a lógica *fuzzy* permite expressar incertezas de modo mais consistente, por meio dos conjuntos nebulosos (WUERGES e BORBA (2010; p.5).

A principal limitação encontrada foi que este trabalho considerou apenas as variáveis utilizadas na disciplina LGS I, não levando em consideração as disciplinas LGS II e III (disciplinas mais avançadas), nas quais os alunos podem abrir o mercado, exportando suas mercadorias, trabalhar com mudanças de turnos, realizar projetos individualmente ou em conjunto com outras empresas, como por exemplo, comprar matéria prima de outro fornecer por um melhor preço. Além disso, as regras foram montadas à luz de um único especialista, sem haver uma discussão envolvendo um grupo maior de especialistas.

Desta forma, propõe-se novos estudos para aplicação do sistema especialista considerando todas as variáveis presentes no simulador e até mesmo em outros jogos de empresas. Além disso propõe-se também a consideração de outros especialistas para balizar melhor as regras e verificar-se a possibilidade de melhorar o desempenho da empresa do caso estudado.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Fernando F. **Estudo da relação entre a teoria da tomada de decisão e a teoria dos perfis de comportamento humano organizacional**. In: VII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TRABALHOS ACADÊMICOS, 7., 2006. Guaíba. Artigo... Guaíba: ULBRA, 2006. Disponível em: <<http://guaiba.ulbra.tche.br/pesquisas/2006/artigos/administracao/166.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

BARIN, Alexandre et al . **Seleção de fontes alternativas de geração distribuída utilizando uma análise multicriterial baseada no método AHP e na lógica fuzzy**. Sba Controle & Automação, Campinas, v. 21, n. 5, out. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592010000500004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 10 jan. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-17592010000500004>.

BAZERMAN, M. H. (2004). **Processo decisório**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

CARAVANTES, G. R.; PANNO, C. C.; KLOECKNER, M. C. **Administração: teorias e processo**. Pearson/ Prentice Hall, 2005.

BARROS, Laércio Carvalho de; BASSANEZI, Rodney Carlos. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas, SP: UNICAMP/IMECC, 2006.

DEMASI, P.; CRUZ, A.J.O. **Modelagem Fuzzy para um Jogo de Naves Espaciais**. Proceedings of 1st Brazilian Workshop in Games and Digital Entertainment WJogos 2002, Fortaleza, Brasil. 100-106.

GOMES, Luiz Flávio A. M. **Teoria da decisão**. IN: VASCONCELLOS, Isabel; VASCONCELLOS, Flávio (coord.) Coleção debates em administração. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

JORDAO, Emmanuela A. **Jogos de empresas como ferramenta de ensino em transportes: uma aplicação no transporte rodoviário de cargas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ODERANTI, Festus Oluseyi; DE WILDE, Philippe. **Automatic fuzzy decision making system with learning for competing and connected businesses**. 2011.

ODERANTI, Festus Oluseyi; DE WILDE, Philippe. **Dynamics of business games with management of fuzzy rules for decisionmaking**. 2010.

OLIVEIRA JÚNIOR, Hime Aguiar e. **Lógica Difusa: aspectos práticos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.

RIEDER, Rafael; BRANCHER, Jacques Duílio. **Aplicação da lógica fuzzy a jogos didáticos de computador- A experiência do mercadão GL**. VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. RS: 2004.

ROSAS, André Rosenfeld; SAUAIA, Antonio Carlos Aidar. **Modelo conceitual de decisões no estágio de criação de um negócio: base para construção de um simulador para jogos de empresas**. Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 13, n. 4, dez. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552009000400009&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 02 nov. 2010. doi: 10.1590/S1415-65552009000400009.

SAUAIA, Antonio Carlos Aidar; ZERRENNER, Sabrina Arruda. **Jogos de empresas e economia experimental: um estudo da racionalidade organizacional na tomada de decisão**. Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 13, n. 2, June 2009. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552009000200003&lng=en&nrm=iso>. access on 08 Nov. 2010. doi: 10.1590/S1415-65552009000200003.

SAUAIA, Antonio Carlos Aidar. **Laboratório de gestão: simulador organizacional, jogos de empresas e pesquisa aplicada**. Barueri, SP: Manole, 2008.

SAUAIA, A. C. A. **Monografia Racional**. Anais do 1o. SEMEAD – Seminários em Administração. Volume 01, Setembro, 1996, p.276-94. PPGA/FEA/USP/SP.

SAUAIA, A. C. A. **Monografia Visual**. Anais do 10º. SEMEAD – Seminários em Administração. Volume 10, Agosto, 2007. PPGA/FEA/USP/SP.

SAUAIA, A.C.A. **Laboratório de Gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada**. Manole: Barueri, S. Paulo, 2008 (Livro-texto da disciplina Laboratório de Gestão Simulada).

SEBRAE

Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/customizado/uasf/gestao-financeira/analise-financeira>. Acesso em 16 set. 2012.

SHAW, Ian S.; SIMÕES, Marcelo G. **Controle e modelagem Fuzzy**. Editora Edgard BlucherLtda, São Paulo, 1999.

WUERGES, Artur Filipe Ewald; BORBA, José Alonso. **Redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos: aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade**. JISTEM J.Inf.Syst. Technol. Manag. (Online),São Paulo, v. 7, n. 1, 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752010000100008&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 jan. 2012. <http://dx.doi.org/10.4301/S1807-17752010000100007>.

7. ANEXOS

Anexo 1 – Conjunto de regras

Variáveis que afetam as decisões						Variáveis de decisão						
IGP	IVE	IAE	Preço Médio	Participação	Lucratividade	Previsão Vendas	Preço	MKT	P&D	Manutenção	Equipamentos	Dividendos
A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	A	M	A
M	M	M	M	M	M	M	B	M	M	M	B	M
A	A	B	A	A	A	M	M	A	A	M	B	A
A	B	A	A	A	A	M	M	A	A	M	B	A
B	A	A	A	A	A	A	M	A	M	A	M	A
B	A	B	A	A	A	M	M	A	M	M	B	A
B	A	A	B	A	A	A	B	M	B	M	M	A
A	A	A	A	B	B	M	M	A	M	B	B	B
A	A	B	A	B	B	B	M	A	B	B	B	B
A	B	B	B	B	B	M	B	A	A	M	B	B
B	B	A	B	B	B	M	M	A	A	M	B	B
A	A	A	A	A	M	A	A	A	A	A	M	M
A	A	M	A	A	M	A	A	A	A	A	B	M
A	M	A	A	A	M	A	M	A	A	A	M	M
M	A	A	A	A	M	A	A	A	A	A	M	M
M	A	A	M	A	M	A	M	A	A	A	M	M
M	M	A	A	M	A	A	M	A	A	B	B	A
M	M	M	M	A	A	A	M	A	M	A	B	A
M	M	M	A	A	M	A	M	A	A	A	A	M
M	M	M	A	M	M	A	M	A	A	A	A	M
M	M	M	M	A	M	A	M	A	A	A	A	M
M	B	M	M	M	M	M	M	A	M	M	M	M
A	A	M	B	A	A	M	M	A	M	M	M	A
M	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	B	M	A	A	M	M	A	A	A	M	A
A	M	B	M	A	A	M	M	A	M	M	M	A
A	B	M	B	A	A	M	M	A	M	M	M	A
B	M	B	A	A	A	M	M	A	M	M	B	A

Variáveis que afetam as decisões						Variáveis de decisão						
IGP	IVE	IAE	Preço Médio	Participação	Lucratividade	Previsão Vendas	Preço	MKT	P&D	Manutenção	Equipamentos	Dividendos
A	M	B	M	A	A	M	M	M	M	M	B	A
M	B	M	A	A	A	M	M	A	M	M	B	A
A	A	A	A	M	B	A	M	A	A	M	B	B
A	M	M	B	A	A	M	M	A	M	M	B	A
M	M	B	A	A	A	M	M	A	M	M	B	A
A	B	B	M	A	A	M	M	A	M	M	B	A
B	B	M	A	A	A	M	M	A	M	M	B	A
A	A	A	B	B	M	M	M	A	A	A	B	M
B	B	B	M	A	A	M	M	A	A	A	M	A
B	B	M	B	A	A	M	M	A	M	M	M	A
A	A	B	M	B	A	M	M	A	A	M	B	A
B	M	B	B	A	A	M	M	A	A	M	B	A
M	M	B	M	A	A	M	M	A	M	M	B	A
A	A	M	B	M	A	A	M	A	A	M	B	A
M	B	M	M	A	A	M	M	A	M	M	B	A
M	B	M	B	A	A	M	M	A	A	M	M	A
A	A	B	M	B	B	M	M	M	M	M	B	B
A	B	M	B	B	B	M	M	A	A	M	B	B
A	A	M	M	M	B	A	M	A	A	M	B	B
A	M	B	M	M	A	M	M	A	M	M	B	A
A	B	B	B	B	M	M	M	A	A	A	B	M
A	B	M	B	B	B	M	M	A	A	M	B	B
M	M	B	M	M	A	M	M	A	M	M	B	A