

VALIDAÇÃO DE INDICADORES ECONÔMICOS DE SISTEMAS PECUÁRIOS NO PANTANAL UTILIZANDO TEORIA FUZZY

URBANO GOMES PINTO DE ABREU¹

HELANO PÓVOAS DE LIMA²

SANDRA APARECIDA SANTOS³

SILVIA MARIA FONSECA SILVEIRA MASSRUHA⁴

RESUMO: A utilização de indicadores de sustentabilidade é uma estratégia eficiente para avaliar e formular políticas de desenvolvimento. O acompanhamento de sistemas de produção reais de pecuária de corte do Pantanal foi a base para definição das variáveis (custo\receita bruta, lucro\receita bruta e preço do bezerro), que expressaram o desempenho econômico da atividade. Foram criadas 67 regras para a realização das inferências utilizando lógica *Fuzzy* para síntese das variáveis econômicas. A validação das regras foi realizada por meio de rotina de análise em lotes. Foram construídos cenários submetidos a crítica e a avaliação de produtores até a convergência dos resultados da análise, com a experiência dos produtores.

PALAVRAS-CHAVE: sistema inteligente, produção animal, bovino de corte

VALIDATION OF INDICATORS OF LIVESTOCK ECONOMIC SYSTEMS IN THE PANTANAL USING FUZZY THEORY

ABSTRACT: The use of sustainability indicators is an efficient strategy to assess and formulate development policies. Following up actual beef cattle production systems in the Pantanal has been the basis to define the variables (cost \gross revenue, profit\ gross revenue and price of calf), which expressed the economic performance of the activity. Sixty-seven rules have been established to conduct the inferences with the use of the Fuzzy logic for the synthesis of the economic variables. The rules were validated by means of the routine of lot analysis. Different scenarios were built and submitted to producers' criticism and assessment until the convergence of the analysis results with the producers' experience.

KEYWORDS: intelligent system, animal production, beef cattle.

1. Introdução

O conceito de sustentabilidade de bioma possui diferentes interpretações em função de interesses e objetivos. Entretanto todas as definições são alicerçadas no tripé ambiental, social e econômico. Para a manutenção do equilíbrio destes três aspectos, no Pantanal é importante estabelecer uma política diferenciada, que auxilie aos produtores a manterem o Pantanal produtivo e conservado. A definição e utilização de indicadores de sustentabilidade é estratégia eficiente para avaliar e formular políticas de desenvolvimento (CORNELISSEN, et al., 2001). Na definição de indicadores de sustentabilidade de sistema de produção pecuário há necessidade de utilização de metodologia de síntese, que permita avaliar as variáveis

¹ Pesquisador da Embrapa Pantanal, C P 109, 79320-900, Corumbá, MS (urbano@cpap.embrapa.br)

² Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, C P 6041, 13083-886, Campinas, SP (helano@cnptia.embrapa.br)

³ Pesquisadora da Embrapa Pantanal, C P 109, 79320-900, Corumbá, MS (asantos@cpap.embrapa.br)

⁴ Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, 13083-886, Campinas, SP (silvia@cnptia.embrapa.br)

econômicas, sociais e ambientais, além das interações entre componentes (ABREU; SANTOS, 2010). Operacionalmente, a avaliação da sustentabilidade de sistemas pecuários envolve atributos que são difíceis de mensurar. Além de envolver situações em que os limites não são facilmente identificáveis, e que podem também afetar diferentes grupos de interesse socioeconômicos, os quais possuem objetivos e metas algumas vezes conflitantes. A metodologia dos conjuntos *Fuzzy* (CF) foi desenvolvida com o objetivo de analisar situações complexas que envolvam situações indefinidas e nebulosas (*fuzzy*), sendo também utilizada na definição de indicadores ambientais (MENDOZA; PRABHU, 2004).

2. Objetivo

Este artigo objetiva por meio da metodologia CF construir indicadores econômicos e validá-los para comporem o Índice da Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS).

3. Material e Métodos

Por meio de acompanhamento de sistemas de produção reais de pecuária de corte com objetivo de introduzir tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Pantanal foi possível o acesso ao fluxo de caixa de propriedades pantaneiras de diferentes sub-regiões do Pantanal (ABREU et al., 2006). Na definição de variáveis que expressassem de maneira simples os desempenhos econômicos e administrativos, optou-se por utilizar em base anual, as relações de custo/receita bruta (C_C) e lucro/receita bruta (L_C). Para inserir na modelagem as variações anuais do mercado optou-se em incluir o valor anual médio do bezerro (Pr), principal ativo financeiro da pecuária pantaneira (ABREU et al., 2008). Foram criadas 67 regras para a realização das inferências das variáveis econômicas.

A metodologia *Fuzzy* possui como objetivo expressar de maneira sistemática quantidades imprecisas, vagas e mal definidas. A implementação envolve a definição de número grande de regras, que são oriundas da experiência e/ou de experimentos científicos. Tais regras são ativadas em condições específicas e reais do sistema analisado.

A teoria de conjuntos *Fuzzy* foi desenvolvida por Zadeh (1965) com o objetivo de desenvolver metodologia matemática, que permitisse modelar determinada variável de maneira a incorporar certo grau de subjetividade. Detalhes da metodologia podem ser observados em Tanaka (1991).

O processo de validação foi realizado por meio de testes das três variáveis com arranjo fatorial das variáveis, ou seja, a combinação variável mantendo sempre duas fixas, além de utilizar os pontos de máximo e mínimo. Os resultados foram apresentados a produtores experientes, que avaliaram a adequação do mesmo a realidade, semelhante ao realizado por Azadi et al (2009). O programa de análise utilizado foi o WebFuzzy que foi baseado no sistema FuzzyGen (LIMA; MASSRUHÁ, 2009).

A partir da harmonização das regras com os produtores foi realizada a análise em lote (*batch*), com objetivo de avaliar uma série de situações de maneira ágil e rápida. A opção de análise em lote possibilita, de maneira sistemática, visualizar, corrigir e refinar o comportamento do modelo desenvolvido, a fim de oferecer resposta consistente não somente para as situações ou dados aos quais ele foi modelado, fortalecendo sua robustez (AMENDOLA, et al., 2005).

4. Resultados e Discussão

Foram apresentados três series de resultados aos produtores. O Pr variou dentro da amplitude total, mínimo de 100,00 reais ao máximo de 800,00 reais. Na série que foram

fixados as variáveis C_C e L_C, com o Pr sendo variado. O resultado quando os C_C e L_C estavam com desempenhos ruins (C_C alto e L_C baixo), mas o Pr estava alto as normas penalizavam o índice econômico, o exemplo foi quando as variáveis Pr, C_C e L_C foram 700 reais, 90% e 10%, respectivamente. O índice econômico (In_E) observado foi de 4,68 (em máximo de 10). Os produtores contestaram o resultado, pois na prática o Pr estando excelente o sistema de gestão pode ser menos rigoroso, pois como verificaram na prática, o fluxo de caixa é positivo quando o Pr é alto, mesmo havendo ineficiência na gestão.

As sessenta e sete regras foram reavaliadas em função das sugestões dos produtores, principalmente em relação ao maior peso positivo no caso do Pr ser considerado excelente. Com as regras modificadas e utilizando o exemplo mostrado acima o índice econômico estimado foi 7,51, como observamos na Figura 1. Após as reformulações nas regras, novamente foram realizadas as três séries de análises e depois apresentadas para os produtores, sendo os resultados aceitos, com conseqüente aderência aos sistemas reais de produção. Para comparação dos dois índices econômicos (antes e depois dos ajustes) os resultados foram submetidos as análises de correlações de Pearson e Spearman com valores estimados de 0,77 e 0,96, respectivamente, sendo as duas estimativas significativas ($p < 0,01$). Os resultados indicam que os ajustes necessários para validação das regras estavam relativamente próximos com o observado pelos produtores no processo de validação.

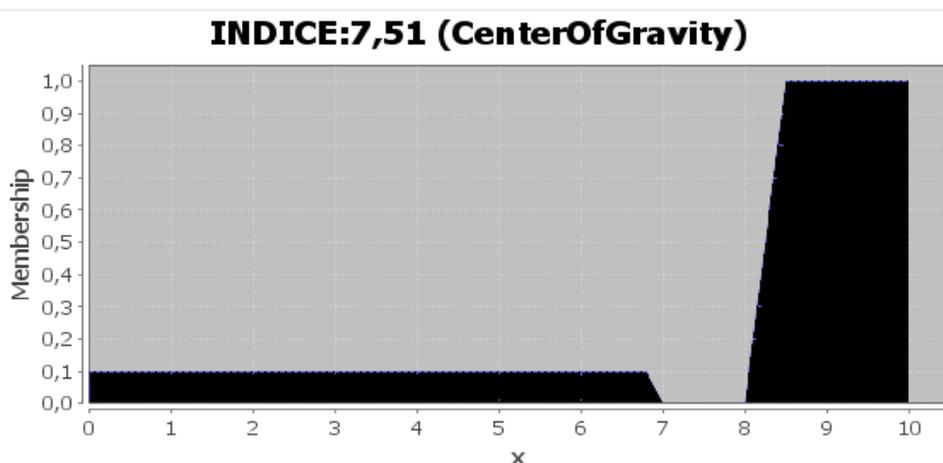
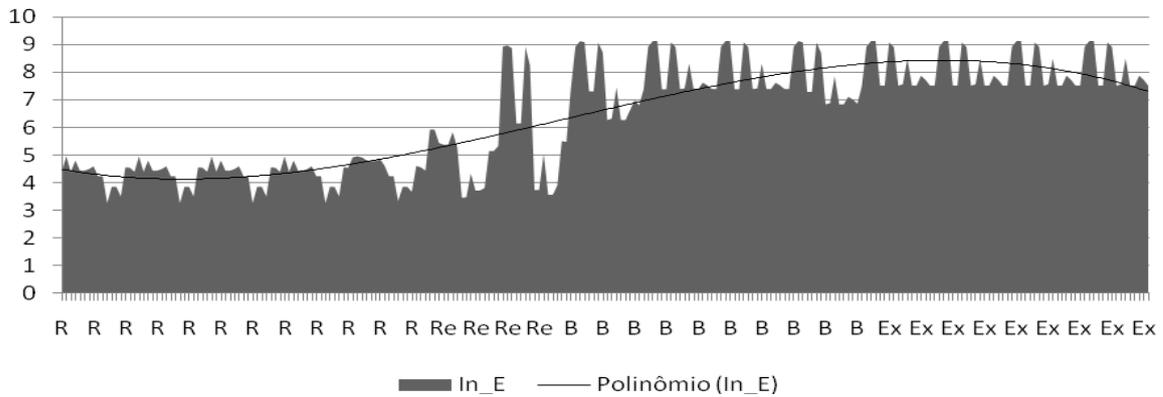


Figura 1 – Defuzzificação após a realização de ajustes nas regras das variáveis custo\receita bruta (C_C), lucro\receita bruta (L_C) e valor anual médio do bezerro (Pr) quando os valores foram, 90%, 10% e 700,00 reais, respectivamente.

A rotina de análise em lote (*batch*) foi desenvolvida para realizar ajustes mais cuidadosos com a estruturação de cenários mais amplos nos quais, especialmente, a variável Pr possa ser avaliada de maneira mais eficiente com a realização de variações no mercado do bezerro na região do Pantanal. Foi realizada análise em lote de 239 cenários cuja principal característica foi a mudança gradativa do Pr em relação as outras duas variáveis, C_C e L_C (Figura 2). Foi constatado que na situação de Pr regular, de acordo com a experiência dos produtores, não existe a possibilidade de haver situações de In_E tão bons como o verificado na Figura 2.

Portanto, as regras foram submetidas a nova revisão para incorporar mais experiência dos produtores e pesquisadores que trabalham na área de sistema de produção. Após diversas modificações nas regras com o objetivo de incorporar conhecimento foi utilizado o mesmo conjunto de dados para realização da simulação. O resultado é observado na Figura 3, que foi novamente avaliado em detalhes, sendo os resultados aprovados em painéis com produtores.

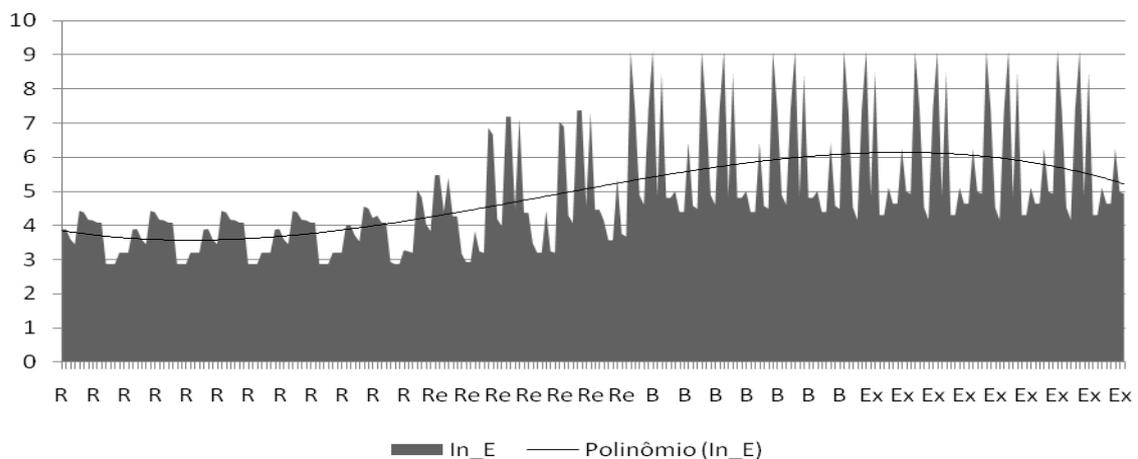
O resultado indicou que as regras privilegiaram cenários em que o mercado de bezerros estava aquecido com Pr acima de 600 reais.



R –ruim, Re –regular, B –bom, Ex- excelente.

Figura 2 – Resultado do índice econômico (In_E) e da regressão linear com decomposição quadrática (Polinômio In_E), de 239 cenários simulados, nos quais o preço do bezerro (Pr) variou da situação ruim (R) até o excelente (Ex), em diferentes situações das relações de custo\receita bruta (C_C) e lucro\receita bruta (L_C).

Segundo Azadi et al (2009) que trabalharam com desenvolvimento de modelo para estimativa da taxa de lotação nas pastagens nativas do Irã, esta maneira de realizar a validação incorporando o conhecimento dos produtores rurais permitiu o desenvolvimento de ferramenta que fornece o suporte para o manejo sustentável das áreas de pastagem nativa na região estudada. Sendo uma análise fácil e prática de ser realizada e aplicada nas decisões dos produtores. Tal objetivo vem ao encontro ao processo de desenvolvimento de aplicações utilizando metodologia de conjuntos *Fuzzy* para produtores pantaneiros avaliarem a sustentabilidade econômica da atividade pecuária, em face da dinâmica do mercado e em função da tomada de decisão em relação ao custo e lucro da atividade.



R –ruim, Re –regular, B –bom, Ex- excelente.

Figura 3– Resultado do índice econômico (In_E) e da regressão linear com decomposição quadrática (Polinômio In_E), de 239 cenários simulados, nos quais o preço do bezerro (Pr) variou da situação ruim (R) até o excelente (Ex), em diferentes situações das relações de custo\receita bruta (C_C) e lucro\receita bruta (L_C).

6 - Conclusões

O processo de validação adotado para as regras e os processos de *fuzzificação* e de *desfuzzificação* utilizados no desenvolvimento dos aspectos econômicos do Índice da Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS) baseado em simulações de diversas situações, análise em lote, com posterior apresentação e discussão dos resultados com produtores apresentou resultados aprovados pelos usuários.

Entretanto o monitoramento dos sistemas reais deverá ser constante, pois como o mercado é dinâmico, as regras e os métodos de avaliação da sustentabilidade econômica deverão estar sempre sendo avaliados para manter a aderência com os sistemas reais de produção.

5. Referências

ABREU, U.G.P.; SANTOS, S.A. Produção e conservação: entraves e oportunidades rumo a sustentabilidade, o caso do Pantanal. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa, **Anais...** Viçosa: Universidade de Viçosa, p.97-120, 2010.

ABREU, U.G.P.; LOPES, P.S.; BAPTISTA, A.J.M.S.; TORRES, R de A; SANTOS, H do N. Avaliação da introdução de tecnologias no sistema de produção de gado de corte no Pantanal. Análise de eficiência. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1242-1250, 2006.

AMENDOLA, M. et al. Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5. Campinas: UNICAMP, FEAGRI & IMECC, 2005b. 46p. Capturado em 18 de março de 2011. Online. Disponível em: http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/manual_fuzzy_matlab.pdf

AZADI, H.; VAN DEN BERG, J.; SHAHVALI, M.; HOSSEININIA, G. Sustainable rangeland management using fuzzy logic: A case study in Southwest Iran. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.131, p. 193-200, 2009.

CORNELISSEM, A.M.G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W.J.; GROSSMAN, M.; UDO, H.M.J. Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.86, p. 173-185, 2001.

LIMA, H. P. de; MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Sistema FuzzyGen: manual do usuário**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. 24 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 96).

MENDOZA, G. A.; PRABHU, R. Fuzzy methods for assessing criteria and indicators of sustainable forest management. **Ecological Indicators**, v.3, p. 227-236, 2004

TANAKA, K. **An introduction to fuzzy logic for practical applications**. 2. Ed. New York: Springer-Verlag, 1996. 138 p.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338–353, 1965.