

# SISTEMA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO MANEJO DE FLORESTAS NATIVAS NA AMAZÔNIA (iMANEJO)

Ladislau A. Skorupa<sup>1</sup>; Helano Póvoas de Lima<sup>2</sup>; José Maria G. Ferraz<sup>3</sup>; Marcus Vinicius Neves D'Oliveira<sup>4</sup>

1. Embrapa Meio Ambiente ([ladislau.skorupa@embrapa.br](mailto:ladislau.skorupa@embrapa.br)), 2. Embrapa Informática, 3. Univ.Fed. De São Carlos, 4. Embrapa Acre

## INTRODUÇÃO

Em sentido amplo, sustentabilidade é a capacidade de um sistema de se manter produtivo indefinidamente ao longo do tempo, tendo como base a conservação de seu capital natural (recursos naturais e serviços ambientais diversos) e humano (culturas, experiências, bem-estar). Considera, por sua vez, a dinamicidade dos sistemas, e que ajustes são necessários ao longo do tempo para que possam se manter de forma indefinida. Esses ajustes dizem respeito às adaptações necessárias frente a eventuais alterações ambientais e às necessidades humanas, o que exige que os avanços científicos e tecnológicos possibilitem, permanentemente, a capacidade de utilizar, recuperar e conservar os recursos disponíveis.

Embora conceitualmente bem entendida, a busca pela sustentabilidade ainda esbarra, na prática, em diversos desafios, entre eles um de natureza básica que diz respeito ao desenvolvimento de indicadores apropriados que possam medi-la e monitorá-la. Nesse sentido, deve ser ressaltado que não existem “indicadores universais” aplicáveis a todo sistema; ou de outra forma, a definição de determinado conjunto de indicadores depende das especificidades inerentes a cada sistema em particular.

A definição de indicadores de sustentabilidade deve atender a um conjunto de critérios, muitos dos quais apontados pela SEGIP (1995), OECD (1997) e por Ferraz (2003). Esses podem ser divididos em dois grupos: a) critérios essenciais: relevância, representatividade, escala apropriada, qualidade dos dados, mensurabilidade, importância, suporte de decisões, não ambigüidade; b) critérios preferenciais: sensibilidade, baixo custo, integrabilidade, compreensibilidade, previsibilidade ou tendência.

## OBJETIVO

Desenvolver um sistema de gerenciamento de indicadores de sustentabilidade da exploração de florestas nativas para a Amazônia, apoiado em conjuntos de informações ambientais/ecológicas, sociais e econômicas, destinado a monitorar e apoiar os processos de decisão do manejo florestal sustentável a nível empresarial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os indicadores nas dimensões ambientais/ecológicas, sociais e econômicas foram levantados por meio da realização de oficinas técnicas e reuniões com especialistas das diversas áreas. A pertinência da inclusão dos diversos indicadores sugeridos nos levantamentos levou em consideração os critérios sugeridos para a escolha de indicadores (critérios essenciais e preferenciais), incluindo-se a existência de parâmetros confiáveis para avaliação da sustentabilidade e custo de obtenção.

Para a construção do iManejo, foram definidos conjuntos de indicadores para os principais aspectos da sustentabilidade do Manejo de Florestas Nativas da Amazônia. Para cada conjunto foi desenvolvido um modelo *fuzzy*, onde foram definidos os intervalos (Conjuntos Fuzzy) de cada indicador, e criada uma base de regras *fuzzy* oriunda do conhecimento de especialistas (YING, 2000) de um sistema de inferência *fuzzy* de Mamdani (MAMDANI; ASSILIAN, 1975).

Para a definição dos modelos fuzzy foi utilizada a ferramenta FuzzyGen (LIMA; MASSRUHA, 2009) baseada na biblioteca jFuzzyLogic (CINGOLANI, 2012) e na linguagem de programação Java SE, gerando modelos no padrão FCL (*Fuzzy Control Language*) (IEC, 1997). Para a implementação do sistema foi utilizado o WebFuzzy (LIMA *et al.*, 2011), permitindo análises e inferências sobre os modelos construídos através da internet.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Apesar do grande número de indicadores levantados para cada uma das dimensões da sustentabilidade, apenas alguns atenderam minimamente os critérios de escolha de um bom indicador. Os indicadores selecionados são listados a seguir.

### • Dimensão ambiental/ecológica:

- **Regeneração Natural (RN):**  $IRN = (\text{número de indivíduos abaixo do DMC}) / (\text{número total de indivíduos})$ . A ideia é avaliar o padrão de distribuição diamétrica pré-exploratória para identificar, via inventário florestal, o estoque potencial de regeneração existente das espécies de interesse e o grau de recuperação desse estoque ao longo do monitoramento. O IRN indicará a necessidade de manutenção de matrizes – quando for avaliado na condição pré-exploratória – e a necessidade de plantio de enriquecimento – quando avaliado pós exploratoriamente. Considera uma distribuição diamétrica adequada aquela em que o número de indivíduos acima do DMC equivale a 50% do número de indivíduos abaixo do DMC.

- **Recuperação Basimétrica (RB):**  $IRB\% = [(G1 - G0) / (G1 + G0)] * 100$ , onde  $G0$  = área basal antes da exploração;  $G1$  = área basal após a exploração. Avaliar o grau de recuperação da área basal (G) das espécies de interesse, incorporando em uma única expressão os valores de área basal correspondentes ao ingresso, à mortalidade e ao crescimento. O IRB indicará a necessidade de desbastes de liberação para as espécies de interesse. Obtenção de informações: a cada inventário amostral das parcelas permanentes (PP).  $0 > IRB > -100\%$  significa redução de área basal da espécie de interesse, podendo chegar a supressão da mesma (-100%) na área de manejo.  $IRB = +100\%$  significa ingresso da espécie na área de manejo;  $0 < IRB < +100\%$  significa aumento da área basal da espécie de interesse, indicando níveis crescentes de sustentabilidade.

### • Dimensão Econômica:

- **Lucratividade Líquida (LLi):** expressa em %/ano, e corresponde ao percentual de lucro líquido incidente sobre as vendas, ou seja, o que sobra após a subtração do custo total da receita total.  $LLi = (LL/V) * 100$ , onde  $LL$  = Lucro líquido (R\$) e  $V$  = Vendas (R\$);

- **Taxa de Rentabilidade do Investimento (TR):** aponta a remuneração do capital investido no projeto de manejo por meio da seguinte relação  $TR = (LL/I) * 100$ , onde  $LL$  = lucro líquido (R\$) e  $I$  = Investimento (R\$). O indicador é avaliado tendo como parâmetro a taxa de remuneração alternativa do capital, ou seja, se aplicado em outra atividade, também conhecido como Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A taxa aqui adotada como parâmetro é de 12%, tendo como base estudos de Timofeiczky Jr. (2004).

### • Dimensão Social:

- OE: Oportunidades de emprego para a população local e para a que depende da floresta (0 a 100%);

- SST: Saúde e segurança trabalhista (0 a 100%);

- QM: Qualificação da mão-de-obra (0 a 100%);

- RDT: Respeito aos direitos tradicionais de uso da terra (0 a 100%);

- RA: Remuneração adequada (RA) (0 a 100%)

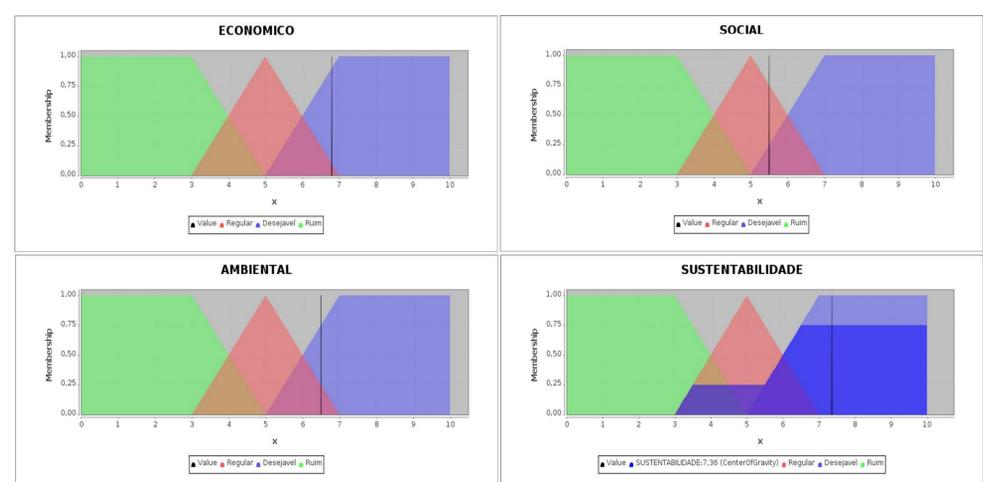


Figura 1. Exemplo de resultado de uma inferência sobre sustentabilidade no iManejo.

A arquitetura do iManejo foi montada com base nos conjuntos de indicadores acima. A próxima etapa contemplará a entrada de dados de campo para a validação do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CINGOLANI, P. *jfuzzylogic: open source fuzzy logic api in java*. Disponível em: <<http://jfuzzylogic.sourceforge.net>>. Acesso em: 12 jul. 2012.
- IEC. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 1131 - Programmable Controllers, Part 7 - Fuzzy Control Programming, 1997. Disponível em: <<http://www.fuzzytech.com/binaries/iec1131.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2012.
- LIMA, H. P. DE; MASSRUHA, S. M. S. F. *Sistema FuzzyGen: manual do usuário*. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 96). Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009.
- LIMA, H. P. DE; MASSRUHA, S. M. S. F.; ABREU, U. G. P. DE; SANTOS, S. A. *Webfuzzy e fuzzygen - ferramentas para modelagem fuzzy: aplicação na sustentabilidade das fazendas do pantanal*. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 8., 2011, Bento Gonçalves. Anais... Florianópolis: UFPEL, Pelotas: UFSC, 2011.
- MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, v. 7, n. 1, p. 1-13, jan 1975.
- TIMOFEICZYK Jr., R. Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso. Tese de doutorado. UFPR, 2004.
- TIMOFEICZYK Jr., R.; Berger, R.; Melo e Sousa de, R. A. T.; Moraes e Silva de, V. S. Indicadores econômico-financeiros do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – um estudo de caso. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 37, n. 1, jan./abr. 2007.
- YING, H. Basic Fuzzy Mathematics for Fuzzy Control and Modeling. *Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications*. New York: Wiley-IEEE Press, 2000. p. 342.
- ZADEH, L. A. Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 3, p. 77-84, 1 mar 1994a.
- ZADEH, L. A. Soft computing and fuzzy logic. *Software, IEEE*, v. 11, n. 6, p. 48 - 56, nov 1994b.

INSTITUIÇÃO DE FOMENTO

Edital 06/2008 / MP 2 / Projeto Manejo Florestal na Amazônia