

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE ARARAS, SP.¹

Sérgio Gomes Tôsto²; Ranulfo Paiva Sobrinho³; Lauro Charlet Pereira⁴; João Fernando Marques⁵; Ademar Ribeiro Romeiro⁶; Daniel Caixeta Andrade⁷

²Pesquisador A – Embrapa Monitoramento por Satélite, tosto@cnpm.embrapa.br; ³Ecólogo – Doutorando UNICAMP, ranulfopsobrinho@yahoo.com.br; ⁴Pesquisador A – Embrapa Meio Ambiente, Lauro@cnpma.embrapa.br; ⁵Profº Dr. Associado da Universidade Estadual de Campinas, ifmarques@yahoo.com.br; ⁶Prof. Dr. Universidade Federal de Campinas, Ademar@eco.unicamp.br; ⁷Profº Dr. Universidade federal de Uberlândia – caixetaandrade@yahoo.com.br

RESUMO

Ao longo do tempo, tem havido uma tendência em se avaliar sistemas ecológicos econômicos utilizando a abordagem tradicional do custo-benefício, isto é, comparação dos custos que a atividade demandará comparados com os benefícios a serem gerados. Entretanto, está cada vez mais claro que essa abordagem necessita de ser ampliada, considerando critérios que não somente os custos e os benefícios, pois estão em jogo, em várias situações, critérios ambientais, sociais, econômicos e outros. O objetivo deste trabalho foi o de estabelecer um *Índice de Sustentabilidade Ambiental* para o uso das terras no município de Araras. Utilizou-se o método multicritério de apoio à decisão construtivista- MCDA-C. Foi elaborado o mapa de uso e ocupação das terras do município com as suas respectivas áreas definindo-se também as características de manejo das atividades agrícolas do município. Para a definição do Índice de Sustentabilidade Ambiental considerou-se como critérios a conservação de solos; uso de produtos fitossanitários e corretivos de solos. Os resultados considerando-se uma escala que varia de 0 a 100 mostraram que os melhores índices de sustentabilidade pertencem aos remanescentes florestais e mata ciliar (70), seguidos pela cafeicultura (68) e cana-de-açúcar mecanizada (65). Na média aparece a pastagem (50) e abaixo da média a cana-de-açúcar queimada (41,8) seguida da citricultura e as culturas anuais (40). O método mostrou-se extremamente válido atendendo plenamente as convicções básicas que norteiam o desenvolvimento dos modelos multicritérios, ou seja, a consideração simultânea dos elementos de natureza objetiva e subjetiva; e a convicção construtivista, que tem a participação e a aprendizagem dos decisores como pilares.

PALAVRAS CHAVE: modelagem multicritério; processo construtivista; processo participativo

INTRODUÇÃO

O sistema econômico, considerado com um organismo vivo e complexo, não atua independentemente do sistema natural que lhe sustenta (MUELLER, 2007). Ao contrário, ele interage com o meio ambiente, extraíndo recursos naturais (componentes estruturais do capital natural) e devolvendo resíduos, causando uma série de impactos conhecidos como externalidades negativas ou simplesmente poluição. Devido a essa relação, frequentemente traumática, é preciso que se tenha medições disponíveis e sistematizadas que sejam capazes de transmitir informações sobre o grau de impacto do sistema econômico sobre o meio ambiente, bem como a qualidade deste últimos frente a estes impactos.

¹ Este trabalho é parte integrante da tese de Doutorado do primeiro autor defendida em 2009 no programa de Pós-graduação da Universidade Estadual de Campinas, curso de Desenvolvimento Econômico e área de concentração em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente.

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992 (Rio-92), ratificou a necessidade de se integrar meio ambiente e desenvolvimento para a formulação de políticas públicas. Essa integração pressupõe a necessidade de dados ambientais confiáveis a serem usados na construção de política e no estabelecimento de prioridades, bem como na avaliação de resultados por parte do governo e da sociedade civil. São considerados também como ferramentas para a provisão de bases sólidas para a tomada de decisão em todos os níveis, contribuindo para uma relação sustentável entre sistema econômico e meio ambiente. Indicadores ambientais devem agregar informações básicas em simples ou complexas medições de maneira que sua utilidade seja determinada pela dinâmica do processo de tomada de decisões. Por si sós, os indicadores ambientais são incapazes de resolver os problemas ambientais, mas eles podem (e devem) ser considerados como importantes mecanismos de suporte à tomada de decisões envolvendo questões ambientais (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998).

Do ponto de vista dos indicadores ambientais, estes devem ser utilizados para avaliar as condições ambientais e as tendências em escalas global, regional e local, comparar países e regiões, prever e projetar tendências futuras, fornecer informações prévias em caráter de advertência e, finalmente, avaliar as condições atuais em relação a objetivos e metas estipuladas (TUNSTALL, 1992). Tais metas podem ser agrupadas em três categorias básicas de finalidade dos indicadores ambientais, propostas pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE): i. mensuração da performance ambiental; ii. integração de preocupações ambientais às políticas setoriais; e iii. integração mais ampla das questões ambientais no âmbito das políticas econômicas.

Conforme o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), existem cinco diferentes tipos de indicadores ambientais: i. indicadores de estado do meio ambiente, os quais refletem sua qualidade (indicadores de qualidade ambiental); ii. indicadores de impacto do meio ambiente; iii. indicadores econômico-ambientais que avaliam os custos e benefícios; iv. indicadores de desenvolvimento sustentável ou indicadores de performance, os quais avaliam as realizações de longo-prazo; e v. indicadores de saúde ambiental, que revelam as inter-relações entre riscos ambientais e saúde humana.

Bakkes et al., (1994) sugere que a classificação dos indicadores ambientais pode ser vista de três maneiras diferentes, mas complementares. Em primeiro lugar, os indicadores podem ser classificados pelo seu uso, incluindo os objetivos de advertência prévia, desenvolvimento científico ou construção de política. Podem também ser classificados de acordo com o seu “tópico”, no sentido de que, frequentemente, os indicadores ambientais descrevem um compartimento do meio ambiente (água ou ar, por exemplo) ou um tema de poluição (acidificação ou “desfertilização”, por exemplo). Por fim, estes autores também apontam para a classificação dos indicadores ambientais em função de sua posição dentro de uma cadeia de causalidade (indicadores de *stress* ambiental, indicadores de estado (qualidade) ambiental e indicadores de resposta). O objetivo deste trabalho é estabelecer os indicadores de sustentabilidade para o uso e cobertura das terras do município de Araras, localizado no estado de São Paulo.

METODOLOGIA

O marco teórico da metodologia multicritério consiste no trabalho de Keeney e Raiffa (1976) e, posteriormente, de Roy (1986). A partir de então, vários métodos surgiram (ZUFFO, 1998) ; (ZUFFO, 2009) entretanto, apesar da diversidade de metodologias, cabe ressaltar que a partir de 1980, com a contribuição de pesquisadores da escola europeia, principalmente o trabalho de Roy (1986), consolidou-se um corpo teórico prático em que a construção do procedimento analítico para o problema em questão seja realizada em conjunto com os decisores, ou seja, as

pessoas que são conhecedoras dos problemas. Dessa forma, criaram-se as bases dos métodos multicritérios de apoio à decisão construtivista- MCDA-C (ROY, 1986).

O modelo MCDA-C possui algumas das características que a destacam das demais metodologias, a saber:

- (i) A incorporação da perspectiva subjetiva dos decisores;
- (ii) A compreensão de que os atores envolvidos no processo decisório não têm conhecimento suficiente para compreender o contexto do problema (limites da objetividade);
- (iii) Existe a necessidade de estruturar os problemas;
- (iv) O benefício do uso das propriedades das escalas nominais, ordinais e cardinais de mensuração, como uma forma de aperfeiçoar o entendimento do contexto; e
- (v) A necessidade do estabelecimento de padrões de referência (ancoragem) para a

As fases do processo de abordagem multicriterial de apoio à decisão podem ser descritas da seguinte forma:

Estruturação – 1ª Fase

Esta fase consiste em identificar e organizar o contexto, de forma que todos compreendam o que se deseja avaliar. Ainda esta fase se divide em três atividades, conforme apresentado na figura 1.

A MCDA-C é composta de fases: Estruturação, Avaliação e Recomendações.

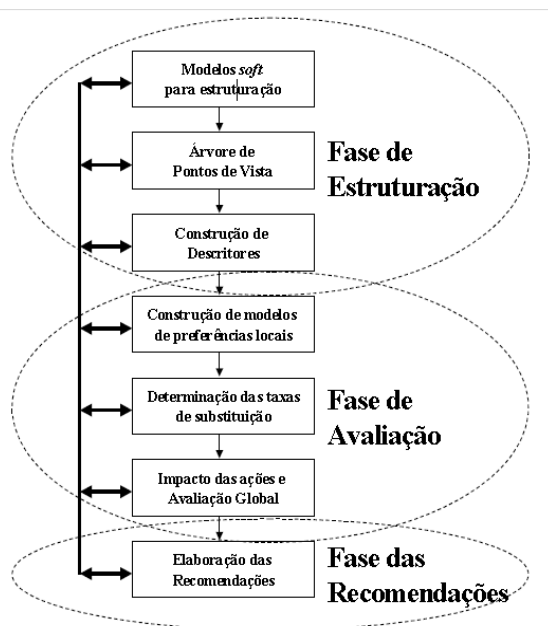


Figura 1 – Processo da abordagem multicriterial de apoio à decisão.
Fonte: Extraída de Ensslin, L; Dutra; Ensslin, S. (20001).

A primeira é a modelagem que permite que se estabeleça o contexto que se deseja avaliar. Para isso, deve-se identificar as seguintes etapas:

- Identificação dos envolvidos: esta se preocupa em identificar quem é o responsável pela decisão e os demais interessados direta ou indiretamente;
- Identificação do rótulo: esta procura estabelecer uma denominação para a situação que se deseja gerenciar o desempenho;
- Descrição do contexto: representação das partes envolvidas e seus relacionamentos, podendo ser dissertativa ou pictórica.

A segunda atividade visa a construir os valores dos responsáveis envolvidos no contexto, denominada árvore de Pontos de Vista Fundamentais (PVF's) e apresentam as seguintes etapas:

- Identificação das preocupações (EPA's – elementos primários de avaliação): realizadas por meio de uma sequência de atividades iterativas e interativas, fazendo com que os envolvidos apreendam e compreendam o que se deveria levar em conta no contexto em análise;
- Orientação dos EPA's: representar o objetivo que levou o tomador de decisão a tê-lo com uma preocupação;
- Construção de Mapas de Relações Meios Fins: tem como propósito representar os conjuntos de conceitos com uma mesma preocupação em forma de mapa;
- Árvore de Pontos de Vistas Fundamentais (PVF's, isto é, critérios): representa os objetivos estratégicos (fatores críticos de sucesso), que segundo Keeney (1992), há um conjunto de propriedades como: a essencialidade, a controlabilidade, a completibilidade, a mensurabilidade, a operacionalidade, a isolabilidade, a não-redundância, a concisão e a compreensibilidade.

A terceira etapa consiste em construir escalas ordinais e não ambíguas que permitam uma única interpretação dos níveis em análise no contexto.

Avaliação- 2ª Fase

Depois de construídos os descritores do mapa cognitivo, é possível prosseguir para a avaliação das ações potenciais mensuráveis, inicialmente, deve-se determinar as funções de valores para cada critério.

Função de Valor

Dentre os métodos de julgamento semântico existentes, o software - Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique - MACBETH, adotado neste trabalho, desenvolvido por (BANA e COSTA e VANSNICK, 1995), determina as funções de valores. Utiliza uma série de categorias semânticas para determinar a função de valor através de modelos de Programação Linear. Os decisores são questionados sobre a diferença de atratividade entre duas ações, levando em consideração as seguintes categorias semânticas:

- CO: nenhuma diferença
- C1: diferença muito fraca
- C2: diferença fraca
- C3: diferença moderada
- C4: diferença forte
- C5: diferença muito forte
- C6: diferença extrema

Pesos (Taxas de Atratividade) ou determinação das taxas de substituição

O cálculo dos pesos, também chamados taxas de substituição para os PVF's e PVE's (Ponto de Vista elementar) representam a perda de desempenho sofrida por uma ação potencial em um critério para compensar o ganho em outro critério, representando a contribuição para o modelo global (ENSSLIN et al., 2001). Neste trabalho adotou-se o método do Swing Weight devido ao fato de ser amplamente utilizado na literatura e ser de fácil operacionalização.

Determinação dos pesos em árvores de valores

As árvores de valores comumente são compostas de diversos níveis hierárquicos. Neste caso, os pesos devem ser obtidos, de preferência, de baixo para cima, ou seja, partindo dos níveis hierárquicos inferiores até os superiores (ENSSLIN et al., 2001).

Perfil de Desempenho

Nesta etapa, o objetivo é avaliar o desempenho de cada ação potencial para identificar a que melhor atenda aos objetivos dos decisores. Além disso, é possível identificar os pontos fortes e fracos de cada ação e, então, implementar ações de melhoria (ENSSLIN et al., 2001).

Conclui-se, nesta etapa, a formulação do modelo que consiste na elaboração da fórmula de agregação aditiva, conforme Ensslin et al., (2001).

$$V(a) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_i(a)$$

$$V(a) = w_1 * v_1(a) + w_2 * v_2(a) + w_3 * v_3(a) + \dots + w_n * v_n(a)$$

Em que:

$V(a)$ = valor global da ação 'a'.

$v_1(a), v_2(a), \dots, v_n(a)$ = valor parcial das ação 'a' nos critérios 1,2,...,n.

w_1, w_2, \dots, w_n = Pesos (taxas de substituição) dos critérios 1,2,...,n.

n = número de critérios do modelo

Segundo Ensslin et al., (2001), a equação anterior está condicionada às seguintes restrições:

- A soma dos pesos deve ser igual a 1.
- $w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = 1$
- O valor dos pesos deve ser maior do que 0 e menor do que 1.
- $1 > w_i > 0$ para $i = 1, 2, \dots, n$.
- O valor parcial de uma ação com impacto no nível Bom é igual a 100 em todos os critérios.
- $v_i(a \text{ Bom}) = 100$ para $i = 1, 2, \dots, n$
- O valor parcial de uma ação com impacto no nível Neutro é igual a 0 em todos os critérios.
- $v_i(a \text{ Neutro}) = 0$ para $i = 1, 2, \dots, n$
- O valor global de uma ação com todos os impactos no nível Bom é igual a 100.
- $V(a \text{ Bom}) = 100$
- O valor global de uma ação com todos os impactos no nível Neutro é igual a 0.
- $V(a \text{ Neutro}) = 0$

Com essa fórmula de agregação, pretende-se transformar unidades de atratividade local (medida nos critérios) em unidades de atratividade global.

Elaboração de recomendações – 3ª Fase

Na etapa de elaboração de recomendações é feita uma análise do perfil de desempenho de cada ação potencial em relação a cada descritor construído, com o objetivo de verificar a necessidade de implementação de ações de melhoria que possam alavancar o desempenho das ações avaliadas (ENSSLIN et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados considerando-se uma escala que varia de 0 a 100 mostraram que os melhores índices de sustentabilidade pertencem aos remanescentes florestais e mata ciliar (70), seguidos pela cafeicultura (68) e cana-de-açúcar mecanizada (65). Na média aparece a pastagem (50) e abaixo da média a cana-de-açúcar queimada (41,8) seguida da citricultura e

as culturas anuais (40). Os resultados refletem os manejos adotados nas atividades agrícolas, chamam a atenção o índice para a atividade da citricultura que mesmo tendo um padrão de exploração semelhante a da cafeicultura, foi muito penalizada por utilizar uma quantidade muito grande de fungicida para o controle da doença HLB (greening) e as culturas anuais que devido ao manejo inadequado favorece a uma perda muito grande de solo pela erosão hídrica. O método utilizado mostrou-se extremamente válido atendendo plenamente as convicções básicas que norteiam o desenvolvimento dos modelos multicritérios, ou seja, a consideração simultânea dos elementos de natureza objetiva e subjetiva; e a convicção construtivista, que tem a participação e a aprendizagem dos decisores como pilares.

REFERÊNCIAS

BAKKES, J. A.; VAN DER BORN, G. J.; HELDER, J. C.; SWART, R. J.; HOPE, C.W.; PARKER, J. D. E. **An overview of environmental indicators: state of the art and perspectives.** Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP)/Dutch National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), 1994.

BANA e COSTA, C.A., VANSNICK, J.C. **Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH.** Investigação Operacional, v.15, pp.15-35, Jun., 1995.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S.M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Ed. Insular, Florianópolis, SC. 2001.84p.

GUTIÉRREZ-ESPELETA, E. E. **Designing environmental indicators for decision makers.** International Statistical Institute. 1998. Disponível em: <<http://isi.cbs.nl/iamamember/CD5-Mexico1998/inviter/DIN7SP2.HTM>>. Acesso em: 14 maio 2009.

KEENEY, R.L. and RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs.** Wiley, New York. Reprinted, Cambridge University Press, 1976, 256p.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.** Brasília: Editora UnB, 2007.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1986.167p.

TUNSTALL, D. Developing Environmental Indicators: definitios, framework, and issues (draft paper). In: **World institute workshop on global environmental indicators.** Washington, D.C., Dec. 1992.

ZUFFO, A. C. Fuzzy set to represent environmental and social criteria in a multicriterial approach to a water resources planning. 33rd IAHR Congress: **Water Engineering for a Sustainable Environment. International Association of Hydraulic Engineering & Research (IAHR) 2009.**

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos.** Tese de doutorado, EESC/USP, São Carlos. 1998.