

## **ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR SACCHARUM OFFICINARUM SP.COM COLHEITA MECANIZADA E COLHEITA COM QUEIMA**

Sérgio Gomes Tôsto (Embrapa) [sgtosto@gmail.com](mailto:sgtosto@gmail.com)  
Ranulfo Paiva Sobrinho (Unicamp) [ranulfopsobrinho@yahoo.com.br](mailto:ranulfopsobrinho@yahoo.com.br)  
Lauro Charlet Pereira (Embrapa) [lauro@cnpm.embrapa.br](mailto:lauro@cnpm.embrapa.br)  
Ademar Ribeiro Romeiro (Unicamp) [ademar@eco.unicamp.br](mailto:ademar@eco.unicamp.br)  
João Fernando Marques (Unicamp) [jofemarques@uol.com.br](mailto:jofemarques@uol.com.br)  
Daniel Andrade Caixeta (UFU) [caixetaandrade@yahoo.com.br](mailto:caixetaandrade@yahoo.com.br)  
João A. de Carvalho Mangabeira (Embrapa) [manga@cnpm.embrapa.br](mailto:manga@cnpm.embrapa.br)

### **RESUMO**

Nos últimos 25 anos, a expansão da cultura da cana de açúcar vem demonstrando uma forte expansão em várias regiões do Brasil e, notadamente no estado de São Paulo. Este fato decorre principalmente de perspectivas favoráveis da demanda por álcool combustível, no mercado interno e externo e pelos preços competitivos do açúcar brasileiro no mercado internacional. A sustentabilidade ambiental da exploração da atividade agrícola da cana-de-açúcar está intimamente ligada ao manejo de exploração. Este trabalho teve o objetivo de estabelecer o Índice de Sustentabilidade Ambiental para a exploração da cana-de-açúcar considerando o manejo do corte usando a mecanização e a queima no município de Araras, SP. Foi utilizado a análise multicritério construtivista MCDA-C para estabelecer os índices e os principais resultados dentro do contexto avaliado, mostraram que em uma escala de zero a cem a cana-de-açúcar mecanizada obteve um índice de 65 enquanto que a cana queimada obteve um índice de sustentabilidade ambiental na ordem de 4,18. Conclui-se que o método utilizado pode ser uma ferramenta muito útil para estabelecer Índices de Sustentabilidade Ambiental contribuindo assim, para a formulação de políticas públicas ambientais para a atividade econômica avaliada.

**Palavras-chave:** análise multicritério; função de valor; pesquisa operacional.

### **INTRODUÇÃO**

Nos últimos 25 anos, a expansão da cultura da cana de açúcar vem demonstrando, na região sul do Brasil e, notadamente no estado de São Paulo, uma forte expansão. Este fato decorre principalmente de perspectivas favoráveis da demanda por álcool combustível,

no mercado interno e externo e pelos preços competitivos do açúcar brasileiro no mercado internacional. São Paulo foi responsável, em 2007, por volta de 60% da produção brasileira de cana-de-açúcar. A expansão da produção paulista se deu tanto devido ao aumento da produtividade como pela expansão da área. Segundo dados do IBGE, a área ocupada com a cultura passou de 2,5 milhões de hectares em 1997 para em torno de 3,3 milhões de hectares em 2006. A área ocupada pela produção de cana-de-açúcar passou de 6,7% em 2003 para 21,0% da área agrícola do estado. Algumas regiões do estado possuem as melhores condições para o cultivo da cana-de-açúcar considerando a qualidade do solo, adequação climática, regimes pluviais e condições topográficas. Ao lado destas, deve-se destacar também as condições da infra-estrutura disponível – facilidades de estocagem, rodovias, portos, dentre outros, bem como o tamanho do mercado consumidor. Há que se mencionar também a existência de mais de 150 usinas de álcool e açúcar existentes no estado, estando em operação na safra 2007/2008. Há um protocolo assinado entre o Governo do Estado de São Paulo e as usinas para não se utilizar a prática da queima da cana-de-açúcar a partir do ano de 2017.

O rápido desenvolvimento do setor sucroalcooleiro vem acarretando impactos ambientais negativos e externalidades, podendo-se destacar: o uso, ocupação e degradação de ecossistemas florestais, principalmente das áreas para preservação permanente (APP) e reserva legal (RL); emissões de gases de efeito estufa decorrentes das queimadas (apesar de existirem medidas e políticas que visam a diminuição deste problema); assoreamento dos corpos d'água; contaminação de cursos d'água e lençol freático devido a aplicação excessiva da vinhaça *in natura*; modificação da cobertura florestal original, alterando a paisagem deste espaço. Pesquisas e estudos sobre a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar, tornam-se importantes dado estabelecimento dos critérios internacionais de sustentabilidade da produção de biocombustível, sob discussão na união européia.

## **1 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi estabelecer um *Índice de Sustentabilidade Ambiental* para o cultivo da cana-de-açúcar considerando a mecanização e a queima no auxílio da colheita no município de Araras, SP.

## **2 METODOLOGIA**

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 política. Indicadores ambientais representam ferramentas para a comunicação de informações sintéticas sobre o estado do meio

ambiente aos formuladores de política e ao público em geral (GUTIÉRREZ-ESPELETA, 1998).

Os indicadores ambientais, 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.

Cientistas da área da Pesquisa Operacional desde a década de 1970, vêm desenvolvendo métodos que visem a solucionar problemas envolvendo múltiplos objetivos. Conforme comenta Rosenhead (1990), houve a necessidade de se desenvolver novos métodos para superar as limitações dos estabelecidos pela Pesquisa Operacional, desta forma ampliando o corpo teórico da PO. Assim, o marco teórico da metodologia multicritério consiste no trabalho de Keeney e Raiffa (1976) e, posteriormente, de 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 integração de objetivos (ROY, 1986) ; (ENSSLIN et al. 2001).

Na perspectiva metodológica do MCDA- C, duas convicções básicas norteiam o desenvolvimento dos modelos multicritérios: (i) a consideração simultânea dos elementos de natureza objetiva e subjetiva; e (ii) a convicção construtivista, que tem a participação e a aprendizagem dos decisores como pilares do paradigma que a informa.

Tal postura pressupõe uma noção de construção de conhecimento em detrimento de uma noção de “verdade a ser descoberta”. Para tanto, utiliza-se de um processo de apoio à decisão, baseado em um paradigma construtivista, no qual “[...] o conhecimento é resultado de algum tipo de interação entre um sujeito ativo em busca de uma adaptação a um objeto,

resultando em uma representação que é objetivamente válida e subjetivamente significativa”.

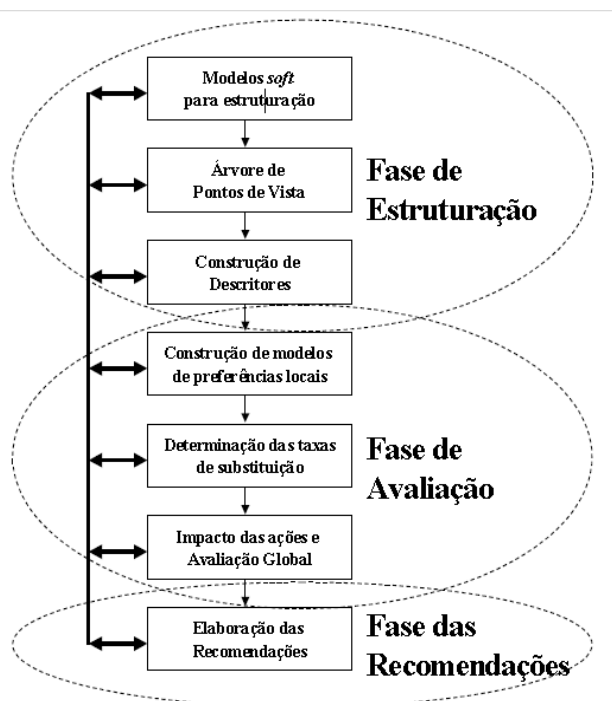
As fases do processo de abordagem multicriterial de apoio à decisão construtivista podem ser descritas da seguinte forma.

### 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 01.

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

FIGURA 01 – PROCESSO DA ABORDAGEM MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO



FONTE: Ensslin, L; Dutra; Ensslin, S (2001)

A primeira é a modelagem que permite que se estabeleça o contexto que se deseja avaliar. Para isso, devem-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**

Para identificar as funções de valores, são expressos matematicamente e na forma de gráficos ou escala numérica os julgamentos de valores sobre determinado critério. Neste sentido, Ensslin et al., (2001) afirma que “uma função de valor é uma ferramenta julgada adequada, pelos atores, para auxiliar a articulação de suas preferências, permitindo avaliar as ações potenciais, segundo um determinado ponto de vista”.

Há várias maneiras de obter as funções de valores, podendo-se destacar a pontuação direta - *direct rating*, o método de Bisseção, o método do julgamento semântico (ENSSLIN et al., 2001).

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 et. al., 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

As informações fornecidas pelos decisores são inseridas no software MACBETH, o qual irá gerar uma escala determinando as funções de valor. Essa escala procura representar da melhor maneira possível os julgamentos dos decisores em relação às diferenças de atratividade entre duas ações do decisor (BANA e COSTA e VANSNICK, 1997; ENSSLIN et al., 2001).

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

O estabelecimento dos pesos é importante porque, quando se analisam ações potenciais usando um modelo multicritério, raramente ocorre de uma ação potencial ser melhor que as outras em todos os critérios do modelo, ou seja, uma ação potencial com um grande benefício, em geral, possui um custo alto e vice-versa (ENSSLIN et al., 2001).

Existem vários métodos para calcular os pesos, tais como: Trade-Off, Swing Weights e Comparação Par-a-Par, esta última bastante similar ao método de julgamento semântico empregado para obter as funções de valores (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.

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 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 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 Bom) = 100
- O valor global de uma ação com todos os impactos no nível Neutro é igual a 0.
- $V$  (a 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**

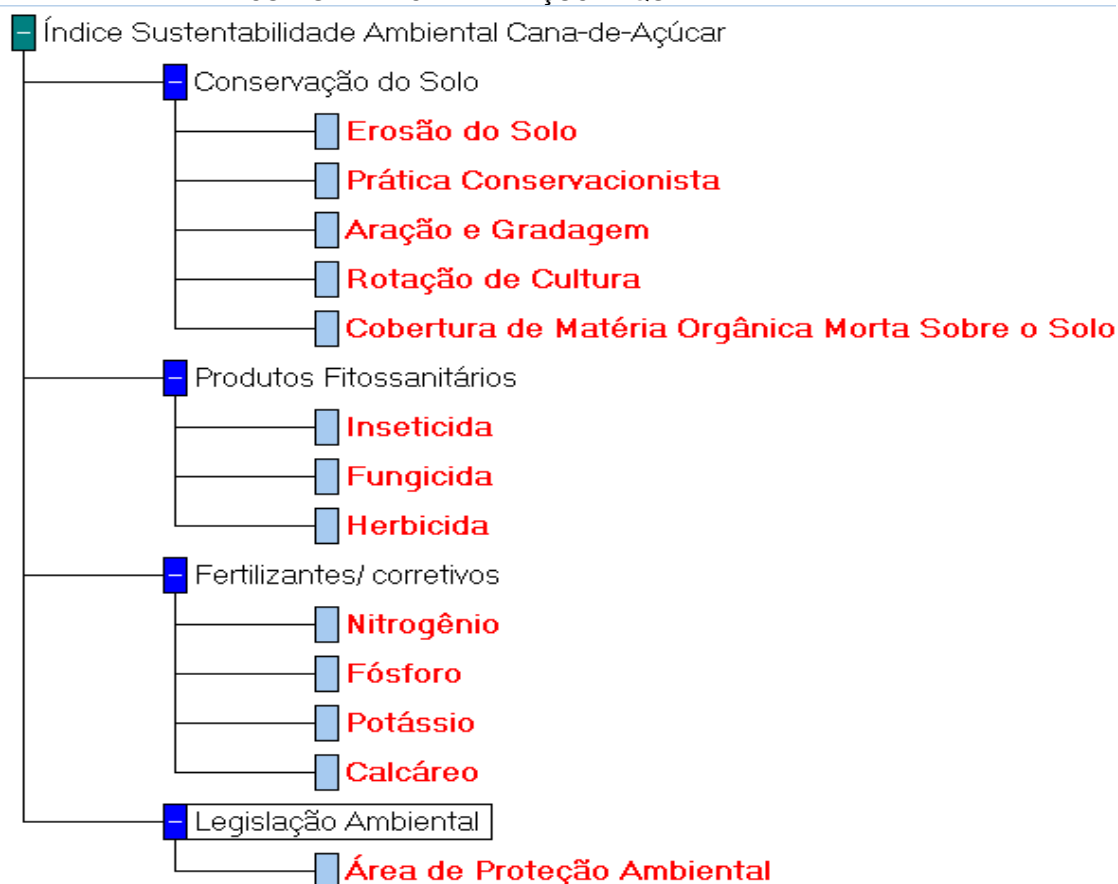
Na etapa de elaboração de recomendações é feita uma análise do perfil de desempenho de cada ação potencial em relação a cada descritor construído, com o objetivo de verificar a necessidade de implementação de ações de melhoria que possam alavancar o desempenho das ações avaliadas (ENSSLIN et al., 2007).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com o auxílio de um facilitador junto com um decisor foi possível estruturar o problema, isto é, identificar os critérios e os subcritérios relevantes para a elaboração do índice de sustentabilidade ambiental para a cultura da cana-de-açúcar.

Como resultado desta fase, os seguintes critérios e subcritérios foram definidos conforme mostra a figura 02.

FIGURA 02 - ESTRUTURA COM A DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS SUBCRITÉRIOS PARA A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR QUEIMADA



FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Seguindo o procedimento metodológico, a fase seguinte consiste em definir os descritores para os subcritérios, bem como estabelecer a melhor e a pior performance dos descritores. Os descritores são ordenados de maior para menor preferência. A figura 03 mostra os valores dos níveis de performance.



FIGURA 03 - NÍVEIS DE PERFORMANCE PARA O SUBCRITÉRIO EROÇÃO DO SOLO - CANA-DE AÇÚCAR QUEIMADA

	Nível qualitativo	Abreviado
1	0 até menor que 3 t / ha / ano	0 até 3 t
2	3 até menor que 6 t / ha / ano	3 até 6 t
3	6 até menor que 10 t / ha / ano	6 até 10 t
4	10 até menor que 15 t / ha / ano	10 até 15 t
5	maior ou igual a 15 t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	>= 15 t

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Neste caso relacionado à taxa de erosão do solo considerou-se que um valor igual ou maior que  $15t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  seria a pior taxa de erosão e uma variando de zero a  $3t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  como sendo aquela taxa de erosão tolerável para a região (LOMBARDI, 1989).

Continuando os procedimentos, o decisor faz, então, os julgamentos em relação a sua percepção de perda ao passar de um nível (taxa de erosão) menor para um nível com uma taxa de erosão maior, por exemplo, respondendo à seguinte questão:

Qual a intensidade de perda em passar de uma taxa de erosão de 0 até 3 t para uma taxa maior ou igual a 15 t?

Vale lembrar que cada um dos intervalos de classe que compõe o descritor de um subcritério ou critério são chamados também níveis de impactos.

O decisor, então, revela a sua preferência através de uma escala que varia de extrema à nula, gerando o programa uma escala que varia de 100 a zero. Essa escala representa o quanto o decisor está disposto a se manter num determinado nível a passar para outro nível (taxa de erosão). A figura 04 expressa a preferência do decisor e o próprio sistema gera os valores relativos às suas preferências e, ao mesmo tempo, emite uma nota confirmando se os julgamentos estão consistentes ou não. Em caso negativo, o decisor é solicitado a pensar melhor e a refazer as suas opiniões.

FIG04 - PREFERÊNCIAS DO DECISOR

	0 até 3 t	3 até 6 t	6 até 10 t	10 até 15 t	>= 15 t	Escala atual	
0 até 3 t	nula	forte	positiva	positiva	extrema	100.00	extrema
3 até 6 t		nula	mt. forte	positiva	extrema	78.58	mt. forte
6 até 10 t			nula	extrema	extrema	57.14	forte
10 até 15 t				nula	extrema	28.57	moderada
>= 15 t					nula	0.00	fraca

Julgamentos consistentes

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Os procedimentos para a avaliação de todos os outros critérios e subcritérios (conservação de solos; produtos fitossanitários; fertilizantes/corretivos e legislação ambiental) seguem o mesmo padrão.

A etapa seguinte consiste em determinar os pesos dos subcritérios e gerar um índice de sustentabilidade para cada subcritério, para isso é de fundamental importância também a percepção do decisor. Utilizou-se o método do Swing Weight, descrito na metodologia. O decisor estabelece os níveis de avaliação para cada subcritério, sendo que o mais importante na opinião do decisor será sempre igual a 100 e os outros assumirão valores inferiores a 100 conforme a percepção do decisor.

Os resultados das avaliações realizadas para os critérios de Conservação de solo com os seus respectivos pesos em percentagem são mostrados na tabela 01.

TABELA 01 - AVALIAÇÃO DO DECISOR E PERCENTAGEM PARA O CRITÉRIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS

Subcritério	Níveis de avaliação	Peso (%)
Cobertura de matéria orgânica morta sobre o solo	100	25,00
Rotação de culturas	90	22,25
Práticas conservacionistas	80	20,00
Erosão do solo	70	17,50
Aração e gradagem	60	15,00
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>100,00</b>

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Os resultados das avaliações realizadas para os critérios de Produtos fitossanitários com os seus respectivos pesos em percentagem são mostrados na tabela 02.

TABELA 02 - AVALIAÇÃO DO DECISOR E PERCENTAGEM PARA O CRITÉRIO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

<b>Subcritério</b>	<b>Níveis de avaliação</b>	<b>Peso (%)</b>
Herbicida	100	37,00
Inseticida	90	33,30
Fungicida	80	29,60
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>	<b>100,00</b>

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Os resultados das avaliações realizadas para os critérios de Fertilizantes/corretivos com os seus respectivos pesos em percentagem são mostrados na tabela 3.

TABELA 03 - AVALIAÇÃO DO DECISOR E PERCENTAGEM PARA O CRITÉRIO DE FERTILIZANTES/ CORRETIVOS

<b>Subcritério</b>	<b>Níveis de avaliação</b>	<b>Peso (%)</b>
Nitrogênio	100	31,30
Potássio	90	28,10
Fósforo	80	25,00
Calcáreo	70	15,60
<b>TOTAL</b>	<b>320</b>	<b>100,00</b>

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

Com os pesos para cada subcritério definidos, a etapa seguinte é obter os pesos para os critérios. O procedimento é semelhante ao utilizado para calcular os pesos dos subcritérios. Assim, obteve-se os pesos para os critérios de: Conservação de solo; Fertilizantes; Produtos fitossanitários e Legislação ambiental conforme mostrado na tabela 04.

TABELA 4 - AVALIAÇÃO DO DECISOR E PERCENTAGEM PARA OS CRITÉRIOS DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS, PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, FERTILIZANTES E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

<b>Critério</b>	<b>Nível de avaliação</b>	<b>Pesos (%)</b>
Conservação de solo	100	28,20
Produtos fitossanitários	90	25,40
Fertilizantes	85	23,90
Legislação ambiental	70	22,50
<b>TOTAL</b>	<b>355</b>	<b>100,00</b>

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

O passo final é elaborar o índice de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar queimada. Nesta fase, vamos utilizar os pesos determinados para cada critério multiplicado pela pontuação de cada critério conforme mostram as tabelas 05 a 07.

TABELA 05 - PONTUAÇÃO PARA O CRITÉRIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS

Opções	Global	Erosão	Prat Conserv	Aração Grade	Rotação	C.M.O.Solo
Cana Crua	64.66	78.58	54.55	100.00	0.00	100.00
Cana Queim	15.91	28.57	54.55	0.00	0.00	0.00
[ tudo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[ tudo inf. ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.1750	0.2000	0.1500	0.2250	0.2500

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

TABELA 06 - PONTUAÇÃO PARA O CRITÉRIO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Opções	Global	Insetic	Fungi	Herb
Cana queim	53.19	53.33	53.33	52.94
cana crua	53.19	53.33	53.33	52.94
[ tudo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00
[ tudo inf. ]	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.3330	0.2970	0.3700

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

TABELA 07 - PONTUAÇÃO PARA O CRITÉRIO DE FERTILIZANTES/CORRETIVOS

Opções	Global	N	P	K	Calc
CanaCrua	48.50	51.43	37.04	82.35	0.00
CanaQueim.	48.50	51.43	37.04	82.35	0.00
[ tudo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[ tudo inf. ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.3130	0.2500	0.2810	0.1560

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

O índice de sustentabilidade ambiental é calculado da seguinte forma:

$$V(a) = w_1 * v_1(a) + w_2 * v_2(a) + w_3 * v_3(a) + w_n * v_n(a), \text{ onde:}$$

$V(a)$  – Valor global da ação  $a$

$V_1(a), \dots, V_n(a)$  = Valor parcial da ação  $a$  nos critérios 1,2,...,n

$W_1, W_2, \dots, W_n$  = Pesos dos critérios 1,2,...,n

$n$  = número de critérios do modelo

Assim, o índice de sustentabilidade da cana-de-açúcar queimada é calculado da seguinte forma, conforme demonstrado na tabela 08.

TABELA 08 - ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARCIAL E ÍNDICE GLOBAL PARA A CANA-DE-AÇÚCAR QUEIMADA

<b>Crítérios</b>	<b>Peso (%)</b>	<b>Performance da cana-queimada perante os critérios</b>	<b>Índice parcial</b>
Conservação de solos	28,00	15,91	4,5
Produtos fitossanitários	25,00	53,2	13,5
Fertilizantes	24,00	48,5	11,6
Legislação ambiental	23,00	54,3	12,2
Índice Global de Sustentabilidade Ambiental para a Cana-de-açúcar queimada			<b>41,8</b>

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

Adotando-se os mesmos procedimentos metodológicos foi encontrado o Índice de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar mecanizada de 65. A tabela 9 mostra os índices de sustentabilidade ambiental para a cana-de-açúcar.

TABELA 9 - ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

<b>Uso das terras</b>	<b>Índices de sustentabilidade ambiental</b>
Cana-de-açúcar mecanizada	65
Cana-de-açúcar queimada	41,8

FONTE: Dados gerados pela pesquisa (2007)

O índice de sustentabilidade da cana-de-açúcar mecanizada da ordem de 65 está estreitamente relacionado ao benefício proveniente da palhada deixada no solo o que proporciona melhorias físicas e químicas nos solos com este manejo. O baixo índice de sustentabilidade ambiental para o manejo da cana-de-açúcar que usa o fogo para auxiliar a colheita está relacionado principalmente aos malefícios proporcionados por este manejo, ou seja, a queima de matéria orgânica empobrece os solos tanto química como fisicamente originando assim, baixo índice de sustentabilidade

## REFERÊNCIAS

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., 1997.

BANA E COSTA, C.A; STEWART, T. J.; VANSNICK, J.C. Multicriteria decision analysis: some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings. In: **Euro Conference**, 14, 1995, Jerusalem. *Anais...* Jerusalem, p. 261-272, 2001.

ENSSLIN, L. **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.

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.

## **NOTA**

Os autores agradecem o apoio financeiro proporcionado pela EMBRAPA, FAPESP e PIBIC/CNPq