

AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA SUINOCULTURA NO DISTRITO FEDERAL: UM ESTUDO DE CASO

A multicriterial approach for environmental impact assessment of swine waste in Brazilian Federal District: a case study

Ivan Ricardo Gartner¹, Márcio Luiz da Silva Gama²

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho apresentar uma metodologia de avaliação multicriterial para escolha da alternativa de tratamento de dejetos suínos mais adequada às condições sociais, econômicas e ambientais do Distrito Federal. Os impactos ambientais da suinocultura foram levantados e quantificados mediante matriz de rápida avaliação de impactos ambientais (RIAM) e agregados por meio do método AHP. Os resultados mostram que a integração dos métodos é uma ferramenta útil para o planejamento e gestão ambiental, por propiciar a melhor integração do processo de tomada de decisão aos objetivos de elevação dos padrões de qualidade dos recursos naturais.

Palavras-chave: tratamento de dejetos suínos, métodos multicritérios de análise de decisão, matriz de rápida avaliação de impactos.

ABSTRACT

In this work a multicriterial evaluation system to select the best alternative for swine waste treatment considering the social, economic and environmental conditions of Brazilian Federal District is presented. The environmental impacts were established and quantified through Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) and aggregated through Analytic Hierarchy Process (AHP). The results show that the combination of RIAM and AHP methods in a single environmental impact assessment system is a useful tool in integrating the objectives of environmental quality improvement on decision making process.

Key words: swine waste treatment, multicriterial decision analysis, rapid impact assessment matrix.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das maiores e mais importantes cadeias produtivas da indústria alimentar existente no Brasil, com plantel de suínos avaliado em cerca de 36,5 milhões de cabeças, responsável por negócios da ordem de 358 milhões de dólares. É um importante item das exportações brasileiras, com cerca de 10% do volume exportado de produtos agropecuários, com aumento das exportações no período 1996-2001 de 64 mil toneladas para 265 mil toneladas (ABIPECS, 2001).

Do ponto de vista econômico e social, age como instrumento de fixação do homem no campo. Estima-se que a suinocultura seja responsável pela renda de 2,7 milhões de brasileiros, sendo que para 733.000 pessoas ela é a principal fonte de renda. Ela está presente em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades rurais existentes no País, emprega mão-de-obra familiar e constitui importante fonte de renda e estabilidade social (TAKITANE & SOUZA, 2000).

Esta cadeia econômica vem obtendo ganhos expressivos de produtividade desde meados dos anos 70, quando teve início o processo de mudança em sua estrutura

organizacional. Houve a modernização produtiva, com avanços tecnológicos na seleção de matrizes, reprodução controlada, controle de alimentação e sanidade. A criação intensiva e confinada permitiu ganhos de escala e especialização da produção (TAKITANE & SOUZA, 2000).

O sistema de produção em regime de integração foi grande responsável pelo crescimento da suinocultura no sul do País, promovendo uma produção mais eficiente, simplificando a administração das propriedades rurais que adotaram este sistema. Além disso, a suinocultura vem seguindo uma tendência clara ao migrar para áreas que são grandes produtoras de grãos, como o cerrado brasileiro, presente no Centro-Oeste, parte do Nordeste e do Sudeste.

A produção intensiva e o aumento de produtividade também resultaram no aumento da poluição por dejetos suínos, que têm causado desequilíbrios ecológicos em diversos municípios da região Sul, principalmente no oeste do Estado de Santa Catarina. Este panorama foi agravado a partir da década de 1970, quando a produção desse resíduo orgânico excedeu em grande parte sua capacidade de absorção pelo meio ambiente (NICOLAIEWSKY et al., 1998).

¹Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Professor Titular e Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração – Universidade Metodista de São Paulo, SP – irgartner@hotmail.com

²Doutorando em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília – Fundação Banco do Brasil – marcio@fbb.org.br

Recebido em 04/03/04 e aprovado em 03/03/05

De acordo com os números do IBGE, a produção de suínos do Distrito Federal (DF) aumentou de 102.919 cabeças em 1998, para 111.765 em 2001. A Emater-DF (2002) estimou o número de suínos do DF em 147.538 cabeças para 2002. Este aumento representa cerca de 43,35% em quatro anos. Considerando-se que cada suíno produz, em média, sete litros de dejetos por dia, o que equivale à produção de esgoto de cinco pessoas (PERDOMO, 1998), tem-se cerca de 1,032 milhão de litros de dejetos suínos sendo produzidos diariamente no DF, o equivalente à carga orgânica do esgoto de uma cidade de 737.000 pessoas.

Existem diversos métodos para tratamento global de dejetos para diminuir a carga poluente produzida e mitigar os efeitos da contaminação ambiental. Em termos de dejetos suínos, as alternativas mais utilizadas referem-se à utilização de esterqueiras, lagoas de estabilização, processos de biodigestão e uso de serragem para compostagem dos dejetos.

Como os impactos ambientais da suinocultura são condicionados pelas especificidades da região em que ela é realizada, com este trabalho objetivou-se identificar a alternativa de tratamento de dejetos suínos de melhor aderência às condições e características do Distrito Federal.

Para a avaliação das alternativas de tratamento foi concebido um sistema que agrega a ampla gama de

impactos ambientais gerados na suinocultura, tomando por base a abordagem multicriterial proposta por Gartner (2001), caracterizada pela conjugação do método de análise hierárquica AHP com a matriz de rápida avaliação de impactos RIAM.

2. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

2.1. Método de Análise Hierárquica – AHP

O método AHP - *Analytic Hierarchy Process* - foi desenvolvido por Saaty (1991) em meados da década de 70, cujas características são especialmente direcionadas à superação das limitações cognitivas dos decisores. O método é conhecido por sua simplicidade e robustez e caracteriza-se por ser um instrumento de apoio à tomada de decisão, sendo sua aplicação feita em duas fases: a de construção da hierarquia e a de avaliação.

Na fase de construção da hierarquia o problema é estruturado em níveis, como pode ser visto na Figura 1, que mostra as relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e sub-objetivos e as alternativas que envolvem a decisão. A estrutura hierárquica forma uma árvore invertida, sendo que a estrutura vai descendo da meta da decisão para os critérios, sub-critérios e alternativas, em sucessivos níveis (SAATY, 1990).

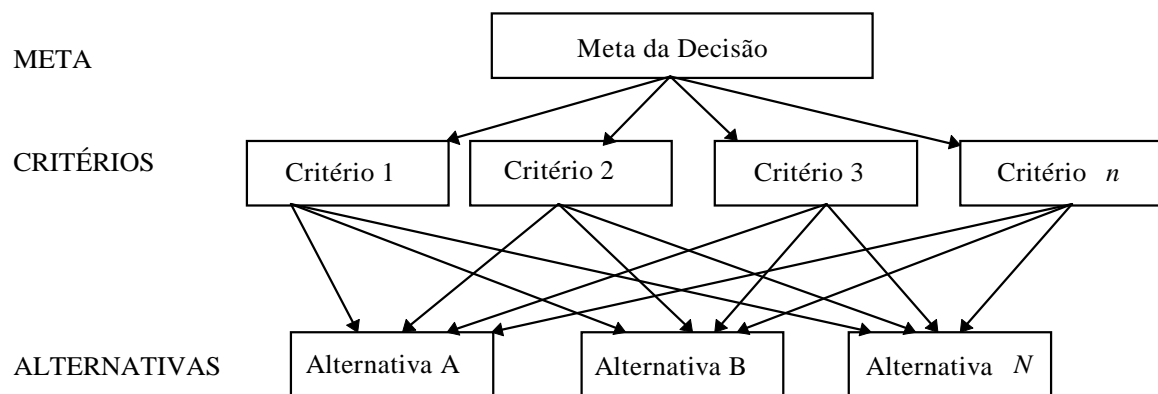


FIGURA 1 – Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão
Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991).

Essa estruturação do problema exige que o decisor ou grupo de decisores participe diretamente e ativamente no processo decisório, o que pode incentivar um maior comprometimento pela implementação da decisão recomendada pelo modelo, visto que a mesma embute suas preferências e valores.

Após a hierarquização do problema, inicia-se a fase de avaliação com a comparação paritária, entre os critérios e sub-critérios, dependendo da hierarquia do problema, em que serão determinadas as importâncias relativas (pesos) dos elementos. Os elementos são comparados segundo a escala de julgamentos de importância relativa concebida por Saaty (1990, 1991): 1 = importância igual; 3 = importância fraca; 5 = importância forte; 7 = importância muito forte; 9 = importância absoluta; 2, 4, 6, 8 = valores intermediários. Os resultados das comparações são apresentados na seguinte forma matricial:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

e os elementos da matriz de julgamentos A devem satisfazer às condições:

- a) $a_{ij} = \alpha$;
- b) $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$;
- c) $a_{ii} = 1$.

em que a representa comparação paritária entre os fatores e sub-fatores e a refere-se ao valor de julgamento de importância relativa.

A resolução da matriz A resulta no autovetor de prioridades w , que expressa as importâncias relativas (pesos) de cada um dos fatores e sub-fatores. Posteriormente, é testada a integridade dos julgamentos, calculada por um índice de inconsistência, que visa identificar desvios nos julgamentos que violem o princípio da transitividade (LANE & VERDINI, 1989).

A partir das importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas, parte-se para a valoração global de cada uma das alternativas, por uma operação de soma ponderada:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a) \quad (1)$$

com $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ e $0 < w_j < 1$ ($j = 1, \dots, n$), em que $V(a)$ é o valor global da alternativa analisada; w_j é a importância relativa do critério j ; v_j é o nível de preferência da alternativa no critério j .

2.2. Matriz de Rápida Avaliação de Impactos (RIAM)

Desenvolvida pelo pesquisador dinamarquês Pastakia (1998), a matriz de rápida avaliação de impactos (RIAM - *Rapid Impact Assessment Matrix*) é baseada em conceitos simples, nos quais a classificação dos impactos ambientais é feita de forma subjetiva, visto que todo o processo de avaliação ambiental envolve subjetividade na interpretação dos dados.

Essa metodologia é especialmente aplicada a países em desenvolvimento, onde é freqüente a impossibilidade de se obter dados realistas sobre os aspectos ecológicos e sociais envolvidos nos projetos. Tal metodologia tem sido aplicada com êxito em diversos projetos, caracterizando-a como importante instrumento de apoio à avaliação ambiental.

O sistema é baseado na definição dos componentes ambientais e critérios importantes de avaliação na área do projeto e fornece um meio pelo qual os valores de cada um desses critérios possam ser confrontados para fornecer uma contagem apurada e independente para cada condição. Os impactos das atividades do projeto são avaliados em comparação com os componentes ambientais, com e sem a execução do projeto. Para cada componente uma contagem (usando o critério definido) é determinada, que fornece uma medida do benefício ou dano da atividade ao componente.

Os impactos dos critérios são mensurados a partir de dois grupos de avaliação: i) Grupo A - critérios que são de importância para a condição e que podem mudar individualmente a contagem obtida (quadro 1) e ii) Grupo B - critérios que são de valor para a situação, mas que individualmente não são capazes de mudar a contagem obtida (quadro 2).

O sistema de contagem requer a simples multiplicação das contagens dadas a cada um dos critérios no grupo A. O uso do multiplicador para o grupo A é importante porque ele assegura que o peso de cada contagem seja expresso, considerando que a simples soma de contagens poderia fornecer resultados idênticos para diferentes condições.

As contagens para os critérios de valor (Grupo B) fornecem um somatório simples. Isto assegura que as contagens de valor individual não podem influenciar a contagem global, mas que a importância coletiva de todos os valores do grupo B seja integralmente levada em consideração.

QUADRO 1 – Descrição do Grupo de Avaliação de Impactos A

Grupo A			
a1 Importância da Condição: refere-se aos limites espaciais ou interesses humanos que serão afetados.			
Nota	Resultado previsto		
4	Importante para os interesses nacionais/internacionais		
3	Importante para os interesses regionais/nacionais		
2	Importante para as áreas imediatamente fora da condição local		
1	Importante somente para a condição local		
0	Sem importância		
a2 Magnitude das Mudanças e/ou Efeitos: é definida como medida de escala dos benefícios/danos de um impacto ou uma condição.			
Nota	Resultado previsto	Nota	Resultado previsto
+3	Grandes benefícios positivos	-1	Mudança negativa no <i>status quo</i>
+2	Significativa melhoria no <i>status quo</i>	-2	Mudança negativa ou danos significativo
+1	Melhoria no <i>status quo</i>	-3	Grande dano ou mudança negativa
0	Sem mudança no <i>status quo</i>		

Fonte: Adaptado de Pastakia (1998).

QUADRO 2 – Descrição do Grupo de Avaliação de Impactos B

Grupo A	
b1 Permanência: define quando uma condição é temporária ou permanente e deve ser vista somente como medida de status temporal da condição.	
Nota	Resultado previsto
1	Sem mudanças / não-aplicável
2	Temporárias
3	Permanentes
b2 Reversibilidade: define se a condição pode ser mudada e é uma medida de controle sobre o efeito da condição. Não deve ser confundida ou equacionada com permanência.	
Nota	Resultado previsto
1	Sem mudanças / não-aplicável
2	Reversível
3	irreversível
b3 Cumulatividade: mede se o efeito terá um impacto direto simples ou se existirá um efeito cumulativo no tempo ou um efeito sinérgico com outras condições. O critério cumulativo é um sentido de julgamento da capacidade de sustentação de uma condição e não deve ser confundido com uma situação permanente/irreversível.	
Nota	Resultado previsto
1	Sem mudanças / não-aplicável
2	Não-cumulativa / simples
3	Cumulativa / Sinérgica

Fonte: Adaptado de Pastakia (1998).

A avaliação final ES (*Environmental Score*) é resultante do somatório de contagens do grupo B, que é multiplicado pelo resultado das contagens do Grupo A, da seguinte forma:

$$ES = aT \times bT \quad (2)$$

em que ES é o resultado da agregação dos atributos no impacto; aT é o resultado da multiplicação das contagens de A ($aT = a1 \times a2$); bT é o resultado do somatório de todas as contagens de B ($bT = b1 + b2 + b3$).

A matriz RIAM requer componentes específicos para que a avaliação seja definida pelo do processo de escopo, que é o principal requisito de qualquer avaliação de impactos ambientais. Os componentes ambientais usados podem ser considerados a partir dos quatro elementos primários: físico e químicos, biológicos e ecológicos, sociológicos e culturais, econômicos e operacionais:

- Grupo de impactos físicos e químicos: cobre todos os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, incluindo os recursos naturais não-renováveis (não-biológicos) e a degradação do meio ambiente físico pela poluição.
- Grupo de impactos biológicos e ecológicos: cobre todos os aspectos do meio ambiente, incluindo recursos naturais renováveis, conservação da biodiversidade, interações entre as espécies e poluição da biosfera.
- Grupo de impactos sociológicos e culturais: cobre todos os aspectos humanos do meio ambiente, incluindo questões sociais que afetam indivíduos e comunidades; junto com aspectos culturais, incluindo a conservação da herança e desenvolvimento humano.
- Grupo de impactos econômicos e operacionais: objetiva identificar qualitativamente as consequências econômicas da mudança ambiental, ambas temporárias e permanentes, bem como as complexidades do gerenciamento no projeto dentro do contexto das atividades do empreendimento.

O uso desses quatro elementos primários é em si mesmo uma ferramenta competente, particularmente se forem comparadas as atividades detalhadas do projeto de engenharia, das fases pré e pós a implementação do projeto, incluindo a fase de construção. No uso da RIAM, é produzida uma matriz de avaliação para cada alternativa de projeto, que se compõe de células que mostram o critério utilizado, comparado com cada componente definido. Dentro de cada célula as contagens individuais dos critérios são estabelecidas, de acordo com a Figura 2.

3. SISTEMA MULTICRITERIAL DE AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO

De acordo com os pressupostos da avaliação multicriterial, o sistema de avaliação de impactos proposto foi aplicado em duas fases: de estruturação e de avaliação. Na fase de estruturação do problema, a matriz RIAM foi aplicada na segregação dos impactos nos quatro grupos: físicos e químicos, biológicos e ecológicos, sociológicos e culturais, econômicos e operacionais.

Na fase de avaliação do problema, foram calculadas as importâncias relativas dos grupos de impactos e dos impactos nos grupos. Nessa fase foi utilizado o método de análise hierárquica AHP (SAATY, 1991), que é uma abordagem recomendada para a definição de ponderações.

Ainda na fase de avaliação, foi necessário proceder a avaliação de desempenho ambiental de cada alternativa para tratamento de dejetos suínos em cada um dos impactos ambientais identificados. Para tanto, foi calculada a contagem ambiental ES, oriunda da metodologia da matriz RIAM.

3.1. Estruturação das Alternativas, dos Impactos e das Categorias de Impactos Ambientais

A elaboração do modelo de avaliação levou em consideração três alternativas. Duas delas referem-se aos sistemas de tratamento de dejetos suínos de maior eficiência na remoção de contaminantes biológicos da água: o biosistema integrado e o sistema integrado de lagos. A terceira alternativa refere-se ao não-tratamento dos dejetos, o que resulta no descarte direto no solo ou nos corpos d'água.

A alternativa do biosistema integrado é uma tecnologia desenvolvida pelo Instituto de Tecnologia do Paraná, baseado no sistema produtivo chinês, que agrega novas cadeias produtivas a partir dos dejetos suínos, com a criação de peixes e biomassa vegetal a partir dos nutrientes tratados em biodigestor e tanques de decantação. O dejetos suíno é diretamente encaminhado para um biodigestor fechado, que promove a digestão anaeróbica da matéria orgânica e produz, durante a metabolização deste material, os gases metano, sulfídrico e carbônico. Esses gases são direcionados para depósitos de lona, onde podem ser liberados para uso em motores ou fogões. O resíduo tratado passa para lagoas de decantação, onde a fase sólida é retida e a fase líquida passa para um tanque de produção de biomassa vegetal, geralmente com algas, sendo que o nitrogênio e o fósforo ainda existentes são incorporados à estrutura celular das algas. Essas algas são utilizadas como alimentação de peixes em tanques de piscicultura, o que elimina a necessidade de ração.

O sistema integrado de lagoas foi desenvolvido pela EMBRAPA e envolve o tratamento biológico de dejetos em diversas lagoas, em série, podendo ou não haver a integração com produção de biomassa vegetal, através da planta aguapé. O dejetos é conduzido para tanques de degradação aeróbica que são abertos em série, aumentando o tempo de residência do material orgânico nestas lagoas. Costumam ser formadas duas fases na lagoa, uma superficial aeróbica e uma no fundo, anaeróbica. Os gases são perdidos para o ambiente. Este sistema de lagoas pode ou não ter plantas na última fase, o aguapé, cuja eficiência na incorporação de nutrientes foi medida por Bavaresco (1998). Esse aguapé pode ainda ser utilizado como planta

forrageira para suínos. O aguapé foi utilizado no Distrito Federal como forma de remover nutrientes da água do Lago Paranoá. A utilização desta planta permite a remoção de fósforo e nitrogênio da água, por meio da metabolização dos nutrientes em formação de biomassa vegetal, que pode posteriormente ser utilizada também para compostagem. O inconveniente é que a grande quantidade de nutrientes pode levar a uma proliferação excessiva do vegetal, causando problemas ambientais tanto quanto o excesso de nutrientes na água.

As alternativas de tratamento foram avaliadas em função de seu desempenho em cada um dos impactos das categorias de análise (P1 a P15), conforme a Figura 2.

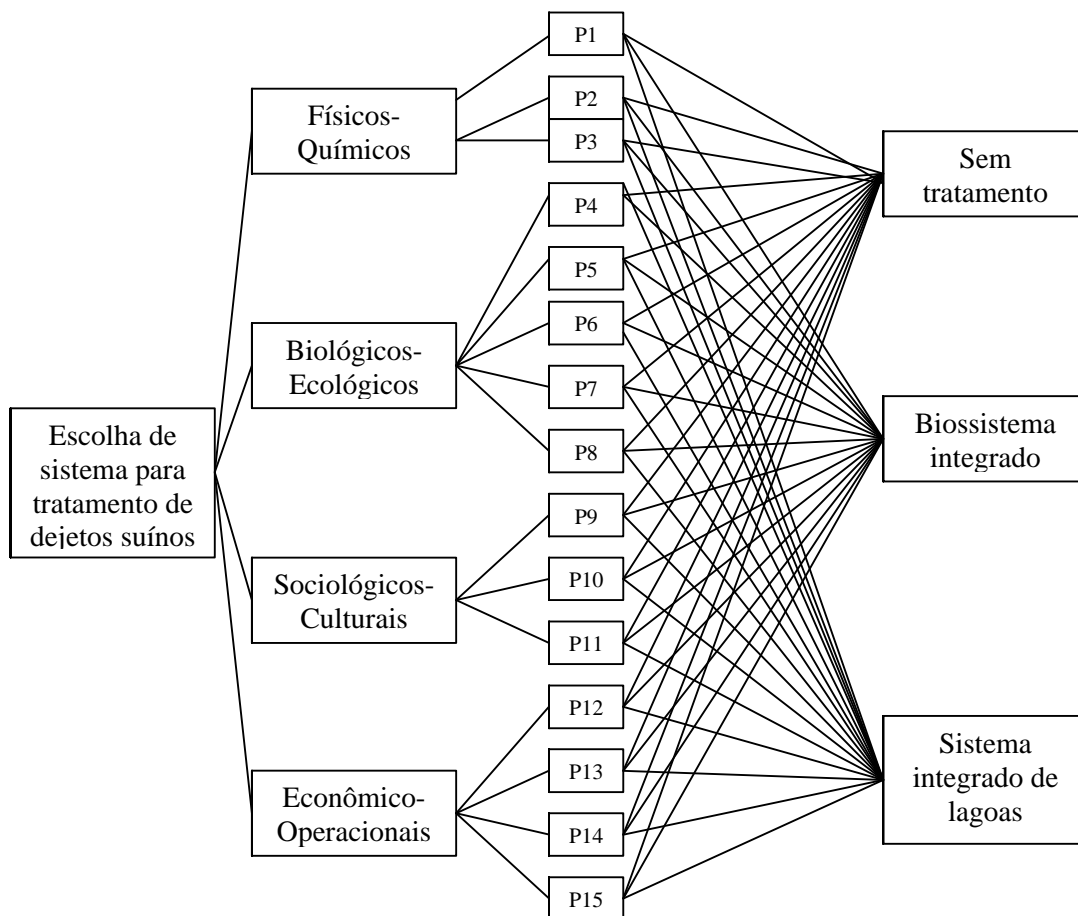


FIGURA 2 – Árvore de decisão do sistema de avaliação das alternativas.
Fonte: Elaboração dos autores.

A seguir, tem-se o detalhamento do desempenho das alternativas em cada um dos impactos das categorias.

a) Categoria de Impactos Físicos e Químicos

P1. Composição de solos do DF e região Centro-Oeste: o Distrito Federal apresenta, em sua maioria, solos profundos, com predominância de latossolos (cerca de 46% do bioma Cerrado), com alta permeabilidade de água. Este fato pode agravar uma situação de contaminação por resíduos biológicos causada por dejetos suínos (SEGANFREDO, 2001) e pode direcionar a escolha de sistemas de tratamento mais adequados a esta realidade. Atualmente, a ocupação desordenada do solo tem provocado contaminação de lençóis freáticos por dejetos humanos, devido à não-observância das normas para perfuração de poços e distâncias mínimas para assegurar a qualidade da água. Em um panorama no qual um suíno produz carga poluente equivalente a cinco humanos e a fiscalização ambiental não atua de modo eficiente, pode-se antecipar um estado de emergência ambiental. Além disso, as culturas de milho e soja necessárias para a produção de ração para suínos podem impactar negativamente mediante o revolvimento constante de solo e transporte de solo removido para corpos d'água, provocando assoreamento. A não-utilização de sistemas de tratamento acarreta na contaminação de lençóis freáticos por resíduos biológicos por meio de percolação. Esses lençóis freáticos são responsáveis pelo abastecimento de água em condomínios e cidades da região e são de difícil recuperação após contaminação por resíduos biológicos. O biosistema integrado (TECPAR, 2001) permite a manutenção da qualidade de água, pois é capaz de eliminar 99% dos coliformes totais presentes após a passagem pela lagoa de piscicultura presente no último estágio do sistema de tratamento. O tratamento em biodigestor e a passagem em tanque de decantação não deixam que o líquido penetre no solo, eliminando a possibilidade de infiltração. O sistema de lagoas de estabilização (BAVARESCO, 1998) também permite a manutenção da qualidade de água, pois elimina a mesma proporção de coliformes do biosistema integrado. No entanto, uma maior estruturação das lagoas é necessária dependendo da composição do solo no local onde está sendo feita a produção, pois há o risco de percolação. Esta estruturação, geralmente feita com lona de PVC, aumenta os custos na medida que promove a proteção de mananciais.

P2. Temperatura: o Distrito Federal apresenta duas estações bem definidas. Pode-se resumir o clima da cidade em uma estação de seca, que vai de abril a setembro, e uma

chuvosa, que vai de outubro a março. As temperaturas são agradáveis o ano inteiro, tendo uma média de 22 graus. O mês mais quente costuma ser setembro, com máxima de 29°C e o mês mais frio é julho, com mínima de 13°C. A escolha de sistemas de tratamento que tenham base em sistemas biológicos teria uma adaptação adequada ao clima da cidade, mantendo uma boa eficiência na remoção da carga orgânica e metabolização de nutrientes presentes nos dejetos suínos. A temperatura é importante, pois a atividade de bactérias anaeróbicas e aeróbicas que metabolizam a matéria orgânica contida nos dejetos é melhor nas temperaturas médias dos climas tropicais no cerrado, do que nos climas subtropicais no sul do Brasil (TECPAR, 2001).

P3. Disponibilidade hídrica para suinocultura: a suinocultura no Distrito Federal é praticada na região da bacia do Rio Preto. O uso intensivo de recursos hídricos em sistemas de irrigação de grande porte (pivôs centrais) tem provocado uma baixa disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem, causando prejuízos aos produtores rurais. A capacidade de suporte da exploração de água está próxima ao limite, o que pode limitar de forma definitiva a expansão da suinocultura no Distrito Federal. Além disso, os dejetos suínos podem contaminar os lençóis freáticos e os afluentes do Rio Preto, causando um grande impacto econômico para os municípios de Goiás e de Minas Gerais que utilizam este corpo d'água para abastecimento humano, encarecendo o tratamento de água necessário para sua utilização. Em virtude do estresse hídrico que pode vir a ocorrer devido à introdução de sistemas intensivos de produção, a recarga de recursos hídricos pode se dar por meio da recuperação de recursos hídricos na saída dos sistemas de tratamento, caso tenham qualidade para tanto.

No caso de não haver tratamento, o estresse hídrico aumentará, pois haverá introdução de resíduos biológicos em corpos d'água, causando eutrofização, entre outros problemas. Com sistemas de tratamento garante-se, ao menos, a qualidade do efluente livre da carga orgânica e com quantidades de nitrogênio e fósforo reduzidas devido à incorporação destes nutrientes em cadeias produtivas que os incorporam em sua estrutura física, seja o aguapé, que é utilizado como tratamento terciário no sistema de lagoas de estabilização (BAVARESCO, 1998), seja a alga, que servirá de alimento para piscicultura no biosistema integrado (TECPAR, 2001).

b) Categoria de Impactos Biológicos e Ecológicos

P4. Perda de diversidade biológica causada pela suinocultura intensiva: assim como na região Sul, a presença da suinocultura no Centro-Oeste se deve à

abundância de soja e milho para ração. Ocorre que, com o sucesso deste modo de produção, mais áreas de cerrado serão convertidas em monoculturas de soja e milho e sistemas de produção intensiva de carne, impactando o meio ambiente e reduzindo a riqueza biológica do cerrado, considerado o 2º maior ecossistema em número de espécies no Brasil. O avanço da monocultura de soja e milho em áreas de cerrado tem sido responsável pela perda da complexidade biológica deste ecossistema. De acordo com o WWF (2002), a expansão agropecuária é uma das maiores causas de degradação do ecossistema, devido à substituição das áreas naturais por monoculturas de soja e milho e por áreas de pecuária com baixo rendimento.

P5. Contaminação do ar: os gases gerados pela decomposição da matéria orgânica causam desconforto ambiental para humanos. O sistema de tratamento deve garantir a eliminação causada pelo mau cheiro gerado pelos dejetos não tratados, ou incorretamente tratados. O biossistema integrado permite a condução dos gases produzidos pela decomposição anaeróbica do resíduo orgânico para lonas de armazenamento, possibilitando a utilização do metano em aquecimento e em motores convertidos para geração de energia a partir deste gás. Isto elimina o problema do cheiro (TECPAR, 2001). O sistema integrado de lagoas ainda apresenta o odor característico das lagoas, sendo preferível à sua ausência.

P6. Contaminação do solo por dejetos suínos: a percolação dos líquidos gerados nos sistemas de tratamento nos solos do Centro-Oeste é grande, podendo facilmente atingir lençóis freáticos e contaminar fontes de água necessárias para o abastecimento municipal e distrital. A ausência de tratamento leva a um quadro de degradação ambiental causada pela infiltração no solo destes nutrientes em excesso. O Biossistema Integrado inibe a percolação, pois o biodigestor não permite a introdução de líquidos no solo (TECPAR, 2001). O sistema de lagoas também não permite, uma vez que a sua construção pode ser feita com lonas de PVC que impermeabilizam o solo à passagem de água, de modo semelhante às lonas utilizadas para impedir a infiltração de chorume em camadas inferiores de solo (BAVARESCO, 1998).

P7. Contaminação da água por dejetos suínos: o lançamento de dejetos em corpos d'água acarreta um excesso de nutrientes para um sistema em equilíbrio. O

excesso de nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) promove um grande crescimento de algas, que incorporam esses nutrientes em sua estrutura física e acabam por consumir o oxigênio de todo o corpo d'água, eliminando assim a fauna que necessita do oxigênio para sobreviver. A importância do sistema de tratamento está em reduzir drasticamente a quantidade de nutrientes da emissão e adequá-la aos padrões ambientais que não alteram a capacidade de assimilação do meio aquático para aqueles compostos.

P8. Proliferação de insetos causada pelos dejetos: a proliferação de insetos, principalmente moscas, é um grande problema associado à suinocultura. A adoção de sistemas de tratamento que eliminem a possibilidade de infestação de insetos é mais uma variável que pode influenciar a decisão, uma vez que diversos insetos são vetores de parasitas que afetam diretamente a saúde humana. As larvas dos insetos utilizam os nutrientes contidos nas lagoas para seu crescimento. A cobertura com lonas das margens das lagoas pode impedir o ciclo completo do desenvolvimento deste inseto e a criação de peixes também podem causar a eliminação das larvas.

c) Grupo de Impactos Sociológicos e Culturais

P9. Empregos gerados pela implantação do sistema produtivo: o surgimento de uma nova opção econômica pode gerar emprego e renda no Distrito Federal e absorver a mão-de-obra que vem sendo atraída pelos programas de assentamento governamentais, gerando uma nova fonte de investimentos e estabilidade social. Os sistemas integrados de tratamento de dejetos precisam de profissionais que entendam os princípios do manejo, sendo necessário o investimento em treinamento de pessoal. Além disso, há a introdução de novos produtos no sistema, tais como os peixes, no caso do biossistema integrado, ou do aguapé, no caso dos sistemas de lagoas de estabilização.

P10. Remuneração proporcionada pela cadeia produtiva: a incorporação de novas cadeias produtivas pode proporcionar uma fonte de renda adicional para a população do Distrito Federal, gerando ganhos em toda a cadeia produtiva, desde a produção até o beneficiamento final do produto. O biossistema integrado gera basicamente cinco produtos: o suíno, o gás metano, o adubo, o peixe e a água tratada. O proprietário rural pode comercializar o suíno, o gás, o adubo e o peixe, provocando maior produtividade

por unidade de área da propriedade (TECPAR, 2001). O Sistema de Lagoas de Tratamento em série produzem a água limpa e o aguapé, que pode ser utilizado na alimentação animal (BAVARESCO, 1998).

P11. Saúde pública: a contaminação de água por dejetos suínos não tratados pode acarretar uma série de doenças de veiculação hídrica. Diversos problemas epidemiológicos podem estar ligados à má gestão dos sistemas de produção confinada. A ausência de sistemas de tratamento para uma atividade econômica poluente pode ser uma fonte de grandes problemas de saúde para a população que depende dos recursos hídricos da região para abastecimento caseiro. A introdução de dejetos nos corpos d'água que são fontes de captação de água para abastecimento urbano aumenta os custos de pré-tratamento para utilização doméstica, pois demanda um maior tempo de residência em tanques para cloração e floculação e maior quantidade de produtos químicos para adequar o recurso hídrico para consumo.

d) Parâmetros Econômicos e Operacionais

P12. Escala de produção adotada: as características fundiárias no Distrito Federal e na Região Centro-Oeste favorecem a produção rural com base em grandes projetos. A estrutura de produção é baseada tradicionalmente em grandes propriedades, em grande escala, o que acaba por produzir maior quantidade de dejetos e impactar o ambiente de forma mais intensa. No entanto, a maior escala implica também em mais recursos para implantação de sistemas de tratamento. As exigências de desempenho ambiental são também maiores para empresas de grande porte que se interessem em produzir para exportação, gerando uma demanda por profissionalização da produção, redução de custos com água e ração e aumento da eficiência produtiva.

P13. Custos de instalação do sistema de tratamento: o suinocultor somente instalará o sistema se os órgãos de controle ambiental estabelecerem regras claras sobre a questão dos dejetos. No Distrito Federal existem diversos suinocultores que já têm sistemas de tratamento. O custo de instalação desses sistemas varia conforme a escolha e alguns deles podem custar acima da capacidade de investimento do suinocultor. O biossistema integrado tem um

custo médio de R\$ 30.000,00 para cada 350 matrizes, sendo um sistema bastante oneroso para o pequeno produtor, apesar do retorno financeiro que proporciona com a venda de peixes, com a utilização do gás na produção de energia elétrica, com o adubo de alta quantidade de nutrientes (TECPAR, 2001). O sistema de lagoas é um sistema menos oneroso, em que pese não conter produtos além do suíno e do adubo orgânico. Seu custo de implantação está em cerca de R\$ 15.000,00 para o mesmo número de matrizes (BAVARESCO, 1998).

P14. Custos de manutenção do sistema de tratamento: a manutenção de sistemas de tratamento gera emprego, apesar de representar um custo adicional em um sistema produtivo que já está com baixo retorno financeiro. No entanto, as exigências ambientais aparecem também como um diferencial nas conquistas de mercados mais exigentes, tais como os países europeus, e podem funcionar como instrumentos de marketing para o produto brasileiro.

P15. Qualidade dos produtos oriundos do sistema produtivo: a suinocultura gera dois produtos – o próprio suíno e o adubo orgânico de qualidade. A adequação do processo produtivo para seguimento de padrões ambientais serve para aumentar a qualidade do ambiente produtivo e agrega valor à produção, possibilitando a conquista de mercados mais exigentes e dispostos a pagar mais pelos produtos.

3.2. Avaliação das Alternativas: Atribuição da Importância Relativa das Categorias de Impactos e dos Impactos

A utilização do método AHP para atribuição da importância relativa das categorias de impacto e dos impactos seguiu critérios de sustentabilidade econômica (custo de implantação e manutenção dos sistemas) e sustentabilidade ambiental (composição dos efluentes ao final do processo de tratamento). A aplicação foi feita em conjunto com especialistas em métodos de tratamento de dejetos, com vistas a dotar o sistema do conhecimento necessário para se atingir o que se objetivou com este trabalho. A aplicação do AHP teve início com a comparação paritária entre as categorias de impactos e entre os impactos, o que resultou nos autovetores de pesos das últimas colunas das Tabelas 1 a 5.

TABELA 1 – Avaliação global – importâncias relativas das categorias de impactos ambientais (w^j).

Parâmetros	Físico/ Químicos	Biológicos/ Ecológicos	Sociais/ Culturais	Econômicos/ Operacionais	w^j
Físicos/Químicos	1	1	2	1	0,288
Biológicos/Ecológicos	1	1	2	2	0,338
Sociais/Culturais	½	½	1	1	0,169
Econômicos/Operacionais	1	½	1	1	0,205

Índice de inconsistência = 0,02

TABELA 2 – Avaliação local – importâncias relativas dos impactos ambientais na categoria de impactos físicos/químicos (w_j).

Parâmetros	P1	P2	P3	w_j^j
P1	1	7	1	0,487
P2	1/7	1	1/5	0,078
P3	1	5	1	0,435

Índice de inconsistência = 0,01

TABELA 3 – Avaliação local – importâncias relativas dos impactos ambientais na categoria de impactos biológicos/ecológicos (w_j).

Parâmetros	P4	P5	P6	P7	P8	w_j^j
P4	1	1	1	1	3	0,243
P5	1	1	1	1	1	0,192
P6	1	1	1	1	1	0,192
P7	1	1	1	1	3	0,243
P8	1/3	1	1	1/3	1	0,130

Índice de inconsistência: 0,04

TABELA 4 – Avaliação local – importâncias relativas dos impactos ambientais na categoria de impactos sociais/culturais (w_j).

Parâmetros	P9	P10	P11	w_j^j
P9	1	4	½	0,333
P10	1/4	1	1/5	0,097
P11	2	5	1	0,570

Índice de inconsistência: 0,02

TABELA 5 – Avaliação local – importâncias relativas dos impactos ambientais na categoria de impactos econômicos/operacionais (w_j).

Parâmetros	P12	P13	P14	P15	w_j^j
P12	1	1	2	1/7	0,133
P13	1	1	1	1/5	0,117
P14	½	1	1	1/5	0,201
P15	7	5	5	1	0,650

Índice de inconsistência = 0,04

3.3. Avaliação das Alternativas: Avaliação do desempenho ambiental das alternativas nos impactos (ES_i^j)

A avaliação final das alternativas resultou da soma do escore ambiental obtido em cada impacto, ponderado pela importância relativa do impacto e da categoria de impacto em referência, conforme a equação:

$$V(a_k) = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^{15} w^j \cdot w_i^j \cdot ES_i^j \quad (3)$$

em que: $V(a_k)$ é o valor da alternativa de tratamento k , w^j é a importância relativa da categoria de impactos j , w_i^j é a importância relativa do impacto i na categoria de impactos j e ES_i^j é o escore ambiental da alternativa no impacto i da categoria de impactos j .

A Tabela 6 contém uma síntese do desempenho das alternativas em cada um dos impactos ambientais, bem como suas avaliações finais:

- Alternativa 1 – Ausência de Sistema de Tratamento: $V(a_1) = -31,082$;
- Alternativa 2 – Biossistema Integrado: $V(a_2) = 34,840$;
- Alternativa 3 – Sistema Integrado de Lagoas de Estabilização: $V(a_3) = 30,165$.

TABELA 6 – Desempenho ambiental global das alternativas.

Grupo Impactos (j)	Impacto (i)	w^j	w_i^j	Alternativa 1 (a_1): Ausência de Tratamento		Alternativa 2 (a_2): Biossistema Integrado		Alternativa 3 (a_3): Sistema Integrado	
				ES_i^j	$V(a_1)$	ES_i^j	$V(a_2)$	ES_i^j	$V(a_2)$
Físicos/ Químicos	P1	0,288	0,487	-14	-1,964	42	5,891	42	5,891
	P2	0,288	0,078	0	-	0	-	0	-
	P3	0,288	0,435	-42	-5,262	72	9,020	72	9,020
Biológicos/ Ecológicos	P4	0,338	0,243	-27	-2,218	-15	-1,232	-18	-1,478
	P5	0,338	0,192	-24	-1,558	24	1,558	-16	-1,038
	P6	0,338	0,192	-42	-2,726	36	2,336	27	1,752
	P7	0,338	0,243	-63	-5,174	36	2,957	54	4,435
	P8	0,338	0,130	-36	-1,582	28	1,230	-12	-0,527
Sociais/ Culturais	P9	0,169	0,333	-18	-1,013	36	2,026	42	2,364
	P10	0,169	0,097	0	-	18	0,295	12	0,197
	P11	0,169	0,570	-72	-6,936	72	6,936	54	5,202
Econômicos/ Operacionais	P12	0,205	0,133	-63	-1,718	54	1,472	63	1,718
	P13	0,205	0,117	0	-	-10	-0,240	-15	-0,360
	P14	0,205	0,101	0	-	-10	-0,207	-10	-0,207
	P15	0,205	0,650	-7	-0,933	21	2,798	24	3,198
Avaliação Final $V(a_k)$					-31,082		34,840		30,165

Analisando-se os dados da Tabela 6, percebe-se uma grande diferença de desempenho ambiental entre a implantação de algum sistema de tratamento e sua ausência. Comprovou-se que a alternativa de não-tratamento (a₁) tem um desempenho ambiental inferior aos outros dois sistemas em todos os impactos, exceto no custo de instalação e manutenção. À primeira vista, e sob parâmetros estritamente econômicos de custos, pode parecer interessante não tratar os dejetos gerados pelo sistema. No entanto, analisando-se as externalidades positivas, tem-se que o tratamento dos dejetos permite inclusive um aumento da produtividade e a obtenção de certificados de gestão que agregam valor ao produto.

Dentre os dois sistemas de tratamento, foi evidenciado que a alternativa do biosistema integrado (a₂) tem maior aplicabilidade às condições regionais do Distrito Federal do que o sistema integrado de lagoas (a₃), como pode ser analisado na análise pormenorizada a seguir.

P1: Composição de solos: Os sistemas analisados promoveram a mesma proteção aos solos, em contraposição à ausência de sistemas.

P2: Influência de temperatura nos sistemas de tratamento: Os sistemas de tratamento podem apresentar maior eficiência no Centro-Oeste do que no Sul, pois as médias de temperatura são maiores, favorecendo o metabolismo das bactérias que degradam a matéria orgânica durante todo o ano.

P3: Disponibilidade Hídrica: O tratamento dos dejetos suínos e a devolução da água utilizada em condições adequadas permitiram que os sistemas de tratamento tivessem o mais alto escore neste item. Em quadro de estresse hídrico localizado na bacia do Rio Preto a devolução deste recurso para reutilização ganhou grande importância.

P4: Perda da diversidade biológica: em todos os casos há perda de diversidade biológica, causada pela expansão da atividade econômica e pela ocupação de espaços por meio de monoculturas de soja ou milho.

P5: Contaminação do ar: A canalização dos gases para sistemas de armazenamento respondeu pelo maior escore da alternativa 2, enquanto os outros sistemas ficaram bem abaixo da sua avaliação.

P6: Contaminação do solo: A alternativa 2 permite uma maior proteção ao solo, pois os dejetos são direcionados para biodigestor, que não permite o contato com o solo. Só após passar pelas etapas do tratamento é que existe a possibilidade de contato, na etapa do tanque de piscicultura. A alternativa 3 precisa de impermeabilização de tanques de tratamento para que impeça a contaminação do solo.

P7: Contaminação da água: As alternativas tiveram alto escore ambiental, pois eliminam a contaminação ambiental causada pelos dejetos.

P8: Proliferação de insetos: A alternativa 2 não permite a proliferação de insetos no sistema de tratamento, pois as larvas não podem concluir o seu ciclo de desenvolvimento devido às estruturas de impedimento do ciclo, que são o tratamento fechado do dejetos e os tanques protegidos lateralmente. A alternativa 3 pode, ainda, permitir esta proliferação, a menos que haja investimento em impermeabilização do solo e proteção lateral dos tanques para impedir o desenvolvimento das larvas.

P9: Empregos gerados pela implantação dos sistemas: A implantação dos sistemas de tratamento de dejetos permite o emprego de mais pessoas para a sua operacionalização.

P10: Remuneração proporcionada pela cadeia produtiva: Nas alternativas analisadas, a remuneração teve pequenas diferenças, pois o produtor consegue melhor remuneração pela implantação dos sistemas de tratamento, por meio dos ganhos indiretos.

P11: Saúde pública: Neste impacto, as alternativas alcançaram grandes escores positivos, pois a sua implantação permite ganhos significativos na qualidade dos recursos hídricos, à semelhança do fato da implantação dos sistemas de tratamento de esgoto humano permitir economias na saúde pública.

P12: Escala de produção: As escalas de produção são maiores quando os impactos ambientais são controlados. Os sistemas de tratamento aumentam os custos de gerenciamento, mas propiciam melhor qualidade ambiental de recursos hídricos, aumentando as economias de escala e assegurando maior produtividade por mais tempo.

P13: Custos de instalação dos sistemas de tratamento: O alto custo de instalação dos sistemas pode funcionar como inibidor de sua implantação. Este fator promove uma aproximação entre os valores gerais das três alternativas analisadas. A adequação aos padrões de performance ambiental exige investimentos que podem restringir a participação do pequeno produtor e pode ser um fator que explique a implantação de grandes indústrias de produção de suínos, ao invés da concentração em pequenas unidades de produção, tal como no Sul do País.

P14: Custos de manutenção do sistema de tratamento: A manutenção dos sistemas também influencia a escolha do sistema. A aparente ausência de custo de não tratar o dejetos suíno pode comprometer a viabilidade do sistema produtivo, quando se analisa o longo prazo. No entanto, o custo de manutenção dos sistemas mais uma vez aproxima os valores das três alternativas.

P15: Qualidade dos produtos: A implantação de sistemas de tratamento permite uma maior qualidade do adubo gerado pelo tratamento, pois reduz a quantidade de contaminantes presentes no material orgânico. Além disso, permite a conquista de certificados de sistemas de produção, tais como a ISO14000, ou certificados de produção diferenciada.

Nos certificados de gestão é observado, ao menos, o cumprimento da legislação ambiental. Todo o processo produtivo deve enquadrar-se em preceitos ambientais e deve-se observar os impactos ambientais causados pela cadeia produtiva, bem como as medidas de mitigação. Estes certificados permitem agregar valor aos produtos e conquistar mercados onde o diferencial está no modo de produzir e não apenas na quantidade produzida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suinocultura brasileira, apesar da sua posição privilegiada em termos de produção, ainda não universalizou os sistemas de tratamento de dejetos, causando impactos ambientais que estão acima da capacidade de assimilação dos resíduos pelo meio ambiente. Estes impactos ambientais oneram o poder público, na medida em que aumentam o custo com saúde pública e com sistemas de tratamento de água.

Com a emergência das questões ambientais nos últimos 30 anos, a poluição vem sendo considerada como parte do processo produtivo, causando mudanças no modo de encarar os produtos advindos dos processos econômicos poluidores. Estas mudanças vêm sendo amplamente estudadas nas linhas de pesquisa de análise de ciclo de vida dos produtos e podem ser medidas por meio da criação de diversos certificados de gestão ambiental criados pelo mercado com vistas a atestar o acompanhamento de padrões de produção ambiental e socialmente sustentável.

Na preservação dos processos ecológicos, o poder público deve incentivar a internalização dos custos ambientais ao processo produtivo da empresa e inclusive ajustar a produção à capacidade de manutenção da estabilidade do ambiente para a sociedade, utilizando o poder de comando e controle inerente ao Estado.

A utilização de sistemas de tratamento de dejetos suínos permite uma adequação do processo produtivo às especificidades ambientais, porém um controle dos produtos e processos é necessário, para que as escalas de produção obedeçam a princípios que visem o bem-estar social, sem o comprometimento da estabilidade geral dos ecossistemas.

A proposta de utilização do método da Matriz de Rápida Avaliação de Impactos Ambientais (RIAM) foi feita

neste trabalho com o objetivo de testar sua aderência a uma atividade que emerge como provável causadora de impactos ambientais no Centro-Oeste: a introdução da cadeia produtiva da suinocultura em moldes industriais de produção de carne. O uso da RIAM conjugado ao método AHP permitiu apresentar uma metodologia própria para seleção do melhor método de tratamento de dejetos suínos, considerando as condições sociais, econômicas, ambientais e culturais do Distrito Federal, que é um passo inicial nos estudos da integração das estruturas dos ciclos de produção econômica aos conceitos do desenvolvimento sustentável.

Os resultados demonstraram que, ao contrário do que vem sendo adotado em todo País, onde 85% das propriedades de produção de suínos não têm preocupação com tratamento de dejetos, os métodos de tratamento possibilitam um ganho de qualidade ambiental efetivo, padrões produtivos mais adequados à capacidade de suporte do ambiente e maior retorno econômico-financeiro.

Trabalhos posteriores poderão, ainda, propor soluções para as deficiências da metodologia utilizada neste trabalho, das quais destacam-se a demasiada subjetividade e a superficialidade da avaliação dos impactos ambientais nos quatro grupos de categorias. A limitação da subjetividade pode ser superada pelo uso de metodologias multi-objetivas interativas, enquanto que a superficialidade da avaliação dos impactos pode ser superada pela realização de trabalhos de campo para determinar a eficiência técnica das alternativas de tratamento de dejetos suínos, além de estender a análise para outras cadeias produtivas que causam impactos ambientais e que têm potencial para diminuir a qualidade de vida da população, seja ela rural ou urbana.

Embora haja limitações originais, a abordagem conjugada das metodologias AHP e RIAM mostrou ser um importante instrumento de apoio ao planejamento e gestão ambiental, pois pode orientar a conveniência ou não da implantação de cadeias econômicas em regiões, bem como as definições de tipo e tamanho de escala de produção, de acordo com seus impactos físicos, químicos, biológicos, ecológicos, sócio-culturais, econômicos e operacionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Relatório anual ABIPECS 2001**. São Paulo, 2001.

- BAVARESCO, A. **Lagoas de Aguapé no tratamento terciário de dejetos de suínos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- EMATER-DF. **Informações básicas sobre suinocultura no DF**. Brasília, DF, 2002.
- GARTNER, I. R. **Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas**. Brasília, DF: Universa, 2001.
- LANE, E.; VERDINI, W. A consistency test for AHP decision makers. **Decision Sciences**, Atlanta, v. 20, p. 575-590, 1989.
- NICOLAIEWSKY et al. Sistemas de produção de suínos. In: _____. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1998.
- PASTAKIA, C. M. R. The rapid impact assessment matrix (RIAM): a new tool for environmental impact assessment. In: JENSEN, K. (Ed.). **Environmental impact assessment using the rapid impact assessment matrix (RIAM)**. Fredensborg: Olsen & Olsen, 1998. p. 8-18.
- PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1998. (Instrução técnica para o suinocultor, 12).
- SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991.
- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, North Holland, v. 48, p. 9-26, 1990.
- SEGANFREDO, M. A. **Os dejetos de animais podem causar poluição também nos solos de baixa fertilidade e nos solos profundos, como aqueles da região dos Cerrados**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2001. (Comunicado técnico, 292).
- TAKITANE, I. C.; SOUZA, M. C. M. Produção de suínos no Brasil: impactos ambientais e sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38., 2000. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000.
- TECPAR - INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ. **Manual do curso de biosistemas integrados à suinocultura**. Curitiba, 2001.
- WORLD WILDLIFE FUND. **Living planet report 2002**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informa/doc/livingplanet_2002.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2002.