

sido efetuada aqui, em razão dos limites estipulados para esta comunicação, tal pormenorização é uma idéia merecedora de consideração para trabalhos futuros.

Aliás, a questão polêmica em torno de indicadores sintéticos, como o IDH, reside precisamente no fato de eles procurarem cobrir uma multiplicidade de dimensões. Seria certamente ilusório pretender, com um simples algarismo, retratar realidades complexas, como as do processo de desenvolvimento. Apontada essa limitação, cabe, por outro lado, reconhecer que o IDH — e a metodologia que lhe serve de base — traz uma contribuição às discussões sobre o desenvolvimento, ao chamar a atenção para os seus aspectos substantivos, aqueles que têm a ver mais diretamente com a qualidade de vida.

Por isso mesmo, aos que se interessam pelo estudo da relação entre energia e desenvolvimento, recomenda-se ter presente os dados do IDH, de preferência a indicadores como o PIB, que informam apenas sobre a prosperidade econômica. A sugestão se aplica ao próprio *Balço Energético Nacional*, que desde alguns anos vem apresentando um capítulo intitulado “Energia e socioeconomia” — sem, na verdade, apresentar informações que justifiquem o emprego do prefixo “sócio” (Brasil, 1998, p. 79-88).

Finalmente, convém lembrar que a tarefa de traduzir uma discussão qualitativa — como a do desenvolvimento — numa linguagem quantitativa deve ser feita com cuidado e acuidade, o que significa uma incessante auscultação do que é dito pelos dados empíricos. Esse tipo de atitude propicia a obtenção de maior riqueza de informações e contribui para que enunciados dogmáticos cedam lugar a afirmações fundamentadas na realidade objetiva.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BRASIL (Ministério das Minas e Energia). *Balço Energético Nacional 1998*. Brasília, 1998.
- PNUD — Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Informe sobre Desarrollo Humano 1998*. Madrid: Mundi Prensa, 1988.
- SACHS, Ignacy. *Estratégias de transição para o século XXI — desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo: Studio Nobel / FUNDAP, 1993.
- SEN, Amartya. “O desenvolvimento como expansão das capacidades”, *Luz Nova* (28/29), 1993, p. 313-333.
- UNDP — United Nations Development Programme. *Human Development Report 1999*. Nova York / Oxford: Oxford University Press, 1999.

O DESEMPENHO ECO-AMBIENTAL DE TRÊS USINAS PRODUTORAS DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL DE PEQUENO, MEDIO E GRANDE PORTE

Ms.C. Manuel Antonio Valdés Borrero (UNICAMP)
Dr. José Tomaz Vieira Pereira (UNICAMP)
Dr. Evaristo Eduardo de Miranda (NMA/EMBRAPA)

INTRODUÇÃO

O trabalho⁽¹⁾ caracteriza a eficiência do relacionamento com o meio ambiente da produção de álcool combustível, indicando as virtudes e desacertos das atividades produtivas na utilização dos recursos naturais. Apresenta novidades ao incorporar à análise empresarial um conjunto de indicadores das atividades produtivas com eficiência ambiental.

O CONCEITO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Inúmeras resenhas científicas discutem de forma segmentada e, geralmente no âmbito teórico, a conservação do meio ambiente. Em sua grande maioria apontam o modo de desenvolvimento social e a depredação dos recursos ambientais como seu resultado ambiental, esquecendo entretanto deixar a mão uma ferramenta do tipo padrão ou modelo de auto-avaliação, que permita a comprovação e o melhoramento do relacionamento com o meio ambiente de uma determinada atividade produtiva. Aqui deve-se salientar que as discussões alcançaram um caráter global pela nova dimensão atingida pelos impactos ambientais dos modelos de desenvolvimento adotados, mas as soluções a esses problemas ainda possuem um caráter local (COSTANZA et alii, 1997).

Claro que se a conservação do meio ambiente (custo ambiental) fosse tratada como a eficiência econômica da atividade (custos econômicos) outro panorama ambiental global se teria hoje. A análise aqui desenvolvida visa focar a questão setorial e pontual da conservação do meio ambiente na atividade produtiva do álcool combustível, chamando-se de desempenho ambiental a avaliação das atividades produtivas com critérios econômicos e ambientais, considerando a demanda de recursos naturais (na função de meio de produção e receptor de resíduos da produção) e os resultados produtivos e ambientais das atividades (recursos de saída). Assim um alto desempenho ambiental deverá estar expressando uma maior produtividade econômica com uma menor demanda de recursos naturais.

¹ O trabalho é uma síntese de um projeto de pesquisa mais amplo auspiciado pela Fundação de Amparo da Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP - ainda em andamento.

METODOLOGIA

O trabalho teve dois momentos importantes, primeiro o levantamento e ordenamento da informação, e, segundo a aplicação da metodologia em si de avaliação do desempenho.

Para o levantamento e ordenamento da informação foram considerados três ambientes de produção de álcool combustível: uma usina de pequeno porte (usina A), uma usina de médio porte (usina B), e uma usina de grande porte (usina C). Foram considerados também um conjunto de sete atividades produtivas representativas do ciclo de produção e ambientalmente importantes: o uso da terra para o cultivo da cana, o uso de insumos químicos, a colheita, a aplicação de vinhoto no solo, o transporte da cana para a usina, o processamento industrial da cana para a produção do álcool e a produção de energia a partir da queima de bagaço.

Os dados foram fornecidos por especialistas e complementados através de visitas técnicas às respectivas unidades. Foram posteriormente agrupados em matrizes conformadas essencialmente por duas colunas, a de recursos de entrada e a dos resultados por atividades produtivas. As informações abrangem um período de 11 anos (1987-1997).

Assim como mostra a Figura 1, a metodologia utilizada consta de três etapas principais: o agrupamento da informação, a comparação e a obtenção de resultados.

Figura 1: Metodologia de Avaliação do Desempenho Ambiental.



Fonte: dos autores.

Para a etapa de comparações e análise foram elaborados um conjunto de indicadores do tipo de coeficientes que cruzam aspectos econômicos e ambientais. Esse conjunto de indicadores e elementos de comparações conformam um modelo de relacionamento ambiental desejável para as usinas tomando em conta os resultados tidos em outros trabalhos científicos, fundamentalmente, sobre indicadores de melhor desempenho de outras instalações industriais obtidos na literatura especializada⁽²⁾ ou estimados⁽³⁾ (ver anexo I). Nesse desse modelo classificam-se, pela soma das pontuações de cada indicador (baixo=1, médio=2, alto=3), as atividades atendendo seu desempenho eco-ambiental em alto, médio e baixo. Da mesma forma, segundo a tabela 1, foi classificada a pontuação total atingida por cada usina mediante a soma das pontuações de todas as atividades.

⁽²⁾ Na maior parte dos casos, as comparações se realizaram com base às fábricas de açúcar e álcool da Cooperativa de Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo -Copersucar-, responsáveis pelo processamento de quase um quarto da cana-de-açúcar brasileira.

⁽³⁾ Pela falta de padrão de comparação.

Tabela 1: ESCALA DE PONTUAÇÃO PARA A QUALIFICAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL POR ATIVIDADES

| Atividades Produtivas | Pontuação | | Desempenho da Atividade | | |
|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|-----------|
| | mínimo | máximo | baixo | médio | alto |
| Uso de Solo | 12 | 36 | 12 a 24 | 25 a 31 | 32 a 36 |
| Uso de Insumos Químicos | 6 | 18 | 6 a 11 | 12 a 15 | 16 a 18 |
| Colheita da Cana | 12 | 36 | 12 a 24 | 25 a 31 | 32 a 36 |
| Uso de Vinhoto | 12 | 36 | 12 a 24 | 25 a 31 | 32 a 36 |
| Transporte da Cana | 6 | 18 | 6 a 11 | 12 a 15 | 16 a 18 |
| Produção de Alcool | 16 | 48 | 16 a 32 | 33 a 42 | 43 a 48 |
| Produção de Energia | 4 | 12 | 4 a 7 | 8 a 10 | 11 a 12 |
| Total | 68 | 204 | 68 a 142 | 143 a 183 | 184 a 204 |

RESULTADOS

I. O uso do recurso terra para o cultivo da cana.

Para os três casos estudados, independentemente de altos ou baixos rendimentos agrícolas (tonelada de cana/hectare), o recurso terra tem sido altamente demandado. Assim os aumentos da produção de cana também estiveram relacionados com o aumento da área agrícola, um pouco mais moderado na usina C que nas usinas A e B onde os crescimentos foram mais expressivos (acima de 50% da disponibilidade inicial).

Comumente 80% da disponibilidade total de terra é utilizada no cultivo da cana e os restantes são destinados à reforma do canavial. Na usina A não há práticas de rotação de culturas nem de cultura intercalar, diferentemente da B que possui uma atividade alternativa decrescente (laranja), e da usina C que possui uma atividade alternativa crescente (soja, amendoim, milho, sorgo).

Para o período em análise as usinas não realizaram seus crescimentos em base da destruição de espaços naturais (florestas, mata ciliar,) e deve destacar-se que a usina C consegue recuperar de forma crescente áreas de mata ciliar através de um programa de reflorestamento.

Respectivamente as usinas A, B, e C obtiveram em média 81, 75 e 89 toneladas de cana por hectare. Somente a usina B mostrou rendimentos agrícolas com tendência decrescente e inferior ao indicador de 80 t/ha da COPERSUCAR (1997). Assim a qualificação atingida pelo desempenho ambiental de cada uma das usinas (veja os itens 1, 2 e 3 do anexo I) no uso do recurso terra foi de médio (25 pontos), médio (26 pontos) e alto (33 pontos), respectivamente.

II. O uso de insumos químicos.

Dentre os fertilizantes e defensivos declarados pelas usinas não foram encontrados produtos químicos de alta toxicidade e/ou de grande permanência no ambiente. Em sua maioria os defensivos utilizados são de constituição líquida facilitando sua rápida absorção pelo ambiente e sua incidência local.

A usina A demonstrou uma forte dependência de fertilizantes químicos para alcançar altos rendimentos agrícolas. A usina B embora grandemente dependente desses insumos, tem seus rendimentos agrícolas decrescentes. E, diferentemente, a usina C apresenta uma baixa dependência de fertilizantes químicos e altos rendimentos agrícolas. Assim, o desempenho ambiental das usinas nesta atividade (veja os itens 4 e 5 do anexo I) resultou médio para todas as usinas: A (14 pontos) e B (12 pontos), e C (14 pontos).

III. A colheita da cana.

Na colheita da cana evidenciou-se que há ainda uma grande dependência da queima da cana pré-colheita. Nas usinas A e B as áreas a serem colhidas são inteiramente queimadas (100%) diferentemente da usina C onde manifesta-se uma tendência decrescente dessa prática, mas ainda alcança mais do 60% da totalidade da sua área. Assim as três usinas contribuem significativamente com uma grande emissão de poluentes gasosos por hectare colhido e conseqüentemente com a formação do efeito estufa.

A queima da cana possui também um impacto econômico pelas perdas de sacarose (passíveis de serem medidas em litros de álcool) pelo processo de exsudação da cana sob a ação do calor do fogo [RIPOLI et alii]. Assim temos estimado perdas na ordem de 3%, 4% e 2% da produção total de álcool pela queima da cana respectivamente nas usinas A, B, e C.

As usinas B e C introduziram a mecanização da colheita, mas na B ainda esta tecnologia não atenuou a queima da cana. A usina B passou a realizar sua colheita mecânica durante o período analisado de 1% a 17% do seu potencial de mecanização⁽⁴⁾ (55% da disponibilidade total de terra). Ela todavia não superou os 20% tidos como melhor indicador da COPERSUCAR (1997), considerado aqui como índice médio de desempenho. Por outro lado a usina C já mecanizou 65% do seu potencial (48% da disponibilidade de terra).

Para os casos (B e C) a colheita mecânica mostrou alta eficiência ambiental sendo as toneladas de poluentes emitidas pelas máquinas insignificantes face às toneladas de cana colhidas mecanicamente como potencial de redução das queimadas.

A existência da queima da cana incidiu negativamente na qualificação obtida nas usinas A e B, respectivamente (baixo) 15 pontos e (baixo) 17 pontos. A usina C atingiu um desempenho médio com 26 pontos.

IV. O uso do vinhoto no solo.

Os resultados tidos nesta atividade não mostram uma clara relação entre a aplicação de vinhoto, os rendimentos agrícolas e o uso de fertilizantes químicos. Tem se observado que o crescimento da área para o cultivo da cana é maior que o crescimento da área irrigada com vinhoto.

A área irrigada na usina A possui tendência decrescente em relação à área total colhida, tendo um raio de alcance de apenas 5 km. Com isto as taxas de aplicação do resíduo correspondem em média a 358 m³/ha muito além dos 150 m³/ha considerados aceitáveis pela CETESB (ALMEIDA, 1985). Há não entanto uma maior utilização de insumos químicos nas áreas do cultivo cana.

⁽⁴⁾ Potencial de Mecanização: relação entre a área com relevo adequado para o uso econômico de colhedoras mecânicas e o total da área dedicada para a atividade.

A usina B apresentou um crescimento da área irrigada em relação à área colhida e possui um alcance de 18 km de raio. Nestas condições ela consegue aplicar taxas mais baixas, da ordem de 129 m³/há, mas não atenua a demanda de fertilizantes químicos. Embora na usina C exista uma área irrigada crescente e um raio de alcance de 25 km (reduzido atualmente a 17) a taxa aplicada de 300 m³/ha é também superior aos 150 m³/ha recomendados.

A média da área irrigada para os três casos foi entre 20% e 35% da área total, atingindo valores próximos de 50% na usina C.

Apesar das economias teóricas de fertilizantes passíveis de serem estimadas pelo uso do vinhoto no solo, as usinas A e B possuem uma forte dependência de fertilizantes químicos, somente a C tem conseguido atenuar esta situação.

A emissão de poluentes atmosféricos pelo uso de caminhões a diesel para a distribuição do vinhoto é pequena comparada aos benefícios obtidos pela aplicação do produto, mas a eficiência ambiental desta atividade difere de uma usina a outra⁽⁵⁾. Na usina A o gasto de combustível por hectare irrigado supera os 100 litros de diesel, e o consumo da usina B encontra-se entre os 95 e 99 litros de diesel por hectare irrigado.

A qualificação do desempenho nesta atividade (veja os itens 10, 11 e 12 do anexo I) para cada uma das usinas foi baixa (A=23 pontos), média (B=30 pontos) e média (C=30 pontos).

V. O transporte da cana

Nesta atividade os três casos manifestaram uma alta eficiência ambiental baseada numa redução do número de caminhões próprios⁽⁶⁾ da usina e conseqüentemente do consumo de diesel por tonelada de cana transportada. A usina A empregou entre 5 e 7 caminhões para cada 1000 ha colhidos, a usina B mais de 8 e a usina C menos de 4. O consumo de combustível foi inferior a 0,7 litro por tonelada de cana transportada.

A quantidade de poluentes atmosféricos emitida pelos caminhões é inferior a 0,5 tonelada de poluente por tonelada de cana transportada. Com tudo não há motivos para pensar que na medida que a atividade dimensiona-se ganha-se em eficiência ambiental pois uma parcela significativa desta atividade é desenvolvida por terceiros sobre os quais não existe algum tipo de controle. A qualificação (veja os itens 13 e 14 do anexo I) foi alta para as três usinas com pontuação de A=16, B=16 e C=18.

⁽⁵⁾ Não foi possível levantar informações sobre o gasto de combustível por hectare irrigado na usina C por ser uma atividade terceirizada.

⁽⁶⁾ A atividade do transporte da cana para a usina tem sido amplamente terceirizada o que a análise mais completa desta atividade poderia apresentar resultados diferentes.

VI. Produção industrial do Alcool

Embora a produção absoluta de álcool nos três casos tenha aumentado ano a ano, em termos relativos ela foi perdendo em importância face outras atividades como o açúcar e outros álcoois.

Os cenários tecnológicos encontrados diferenciam-se pelos rendimentos industriais. Na usina A é produzido em média 79 litros de álcool por tonelada de cana moída, o distante dos 84 l/t tidos como melhor indicador (COPERSUCAR, 1997). As usinas B e C produzem em média 86 litros por tonelada de cana moída.

Excluindo o bagaço, que é queimado em até 96% da disponibilidade total para a produção de energia dentro das próprias usinas, todos os resíduos sólidos⁽⁷⁾ produzidos são incorporados no solo pertencente às usinas. Na usina C eles junto ao vinhoto substituem em medida considerável a adubação mineral provocando uma diminuição no uso de fertilizantes químicos. Não entanto para as usinas A e B onde a tendência de uso de fertilizantes químicos é crescente isso não tem ocorrido.

O recurso água é fortemente demandado nestas instalações dando origem a um volume considerável de resíduos líquidos. No lado da demanda temos que a usina A utiliza menos de 3 m³ por tonelada de cana moída para álcool, muito menos que as outras duas que demandam entre 4 e 8 m³/t. Contrariamente a usina A realiza um descarte maior de águas residuais, entre 0,5 e 1 m³ por litro de álcool produzido, enquanto que as usinas B e C respectivamente descartam 25 e 0,03 m³ por litro de álcool produzido. A grande diferenciação neste aspecto é decorrente do pequeno volume de resíduos líquidos em regime de circuito fechado da usina A.

Não há descarte de resíduos líquidos em cursos de água nas usinas A e C, somente a usina B despeja-se aproximadamente o 3% desses resíduos (água dos evaporadores e resfriamento dos equipamentos da destilação), primeiro numa lagoa para diminuir sua temperatura e posteriormente no curso d'água.

Por sua vez os resíduos gasosos emitidos pelas usinas provêm da fermentação e da queima do bagaço em caldeira. Esses dois tipos de emissões são praticamente nulas por litro de álcool produzido. Da queima do bagaço, o material particulado que teria um grande impacto ambiental é controlado nos três casos por um lavador de gases, sendo incorporado no solo o material recuperado (cinzas, fuligem).

As pontuações alcançadas (veja os itens 15, 16, 17, e 18 do anexo I) foram de 42,39 e 2 correspondendo respectivamente a desempenhos: médio, médio e alto.

⁽⁷⁾ Os resíduos sólidos são a torta de filtro, as cinzas e fuligem das caldeiras e o lodo dos sistemas de tratamento.

VII A Produção de Energia.

A produção de energia a partir do bagaço da cana moída na própria instalação industrial das usinas tem representado atualmente vital importância econômica e ambiental. Primeiro pelo alto grau de suficiência energética desta atividade industrial (100% nos três casos) e segundo pela significativa redução da emissão de poluentes atmosféricos que ela representa a despeito do uso de combustíveis fósseis.

Atendendo a tabela 2 e aos melhores indicadores de suficiência energética (97%), produção (15,62 kwh/t), consumo (11,76 kwh/t) e venda (0,31 kwh/t) da COPERSUCAR (1997) a usina A⁽⁸⁾ apresentou uma baixa eficiência eco-ambiental da atividade a qual tem como única finalidade a satisfação da demanda interna de energia. As usinas B e C tiveram melhores desempenhos.

Tabela 2: Resultados da Atividade de Produção de Energia nas usinas A, B, C (1987-1997)

| Anos | Índice de Produção de Energia | | | Índice de Consumo de | | | Índice de Auto- | | | Índice de Venda de | | |
|--------|-------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------------|------|------|--------------------|------|-------|
| | φ_p/T_n | | | D_i^m/T_n | | | D_i^m/φ_{at} | | | e^v/T_n | | |
| Usinas | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 1987 | n.d | 9,33 | 18,85 | n.d | 9,33 | 18,85 | n.d | 1 | 1 | n.d | 0 | 0 |
| 1988 | n.d | 8,80 | 14,97 | n.d | 8,80 | 14,97 | n.d | 1 | 1 | n.d | 0 | 0 |
| 1989 | n.d | 11,14 | 14,85 | n.d | 11,14 | 14,85 | n.d | 1 | 1 | n.d | 0 | 0 |
| 1990 | 0,013164 | 14,77 | 13,83 | 0,011 | 12,50 | 13,83 | 1 | 0,85 | 1 | 0 | 2,27 | 0 |
| 1991 | 0,013274 | 14,96 | 14,42 | 0,011 | 11,68 | 14,42 | 1 | 0,78 | 1 | 0 | 3,28 | 0 |
| 1992 | 0,011882 | 15,30 | 14,44 | 0,011 | 11,73 | 14,44 | 1 | 0,77 | 1 | 0 | 3,57 | 0 |
| 1993 | 0,011708 | 15,39 | 13,38 | 0,011 | 12,21 | 13,38 | 1 | 0,79 | 1 | 0 | 3,18 | 0 |
| 1994 | 0,013611 | 15,02 | 17,79 | 0,011 | 12,20 | 14,61 | 1 | 0,81 | 0,82 | 0 | 2,82 | 5,85 |
| 1995 | 0,015082 | 12,53 | 19,33 | 0,011 | 12,53 | 14,66 | 1 | 1 | 0,76 | 0 | 0 | 7,60 |
| 1996 | 0,015998 | 13,06 | 19,29 | 0,011 | 13,06 | 14,58 | 1 | 1 | 0,76 | 0 | 0 | 7,95 |
| 1997 | 0,013645 | 13,05 | 19,24 | 0,011 | 13,05 | 14,56 | 1 | 1 | 0,76 | 0 | 0 | 6,55 |
| Média | 0,013545 | 13,03 | 16 | | 11,66 | 15 | 1 | - | - | 0 | 3,02 | 6,987 |

fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados fornecidos pelas usinas.

Assim as qualificações tidas nesta atividade foram de: A=7 baixo, B=10 médio e C=10 médio, tal como mostra o item 19 (a + b+ c+ d) do anexo I, para cada usina.

DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho apontam a existência de espaços para concentrar maiores esforços gerenciais para melhorar o relacionamento da atividade de produção de álcool com o meio ambiente. Das três usinas analisadas o melhor desempenho eco-ambiental foi atingido pela usina de grande porte (C) e o mais baixo pela usina de pequeno porte (A), com tudo nenhuma delas conseguiu atingir a qualificação pertencente ao alto desempenho eco-ambiental.

Das atividades produtivas analisadas a colheita da cana com queima representa a atividade de menor desempenho eco-ambiental, sendo possível a obtenção de um maior benefício ambiental com apenas a eliminação das queimadas.

⁽⁸⁾ Para a realização da análise as informações disponíveis sobre a usina A são escassas e confusas.

Seguidamente o maior uso de insumos químicos apresentou-se como outras das atividades deficientes das usinas, sendo atenuada na usina C (para os fertilizantes químicos) com o uso dos próprios resíduos da produção industrial. Nisso o dimensionamento da área irrigada com vinhoto parece ter uma grande importância, pois é nesta usina onde ela atinge valores próximos da metade da área colhida, mas também possui altas taxas de aplicação do vinhoto.

As usinas analisadas, no entanto, mostram progressos no seu relacionamento com o meio ambiente. Os crescimentos das áreas agrícolas não foram baseados na destruição de florestas, cerrados ou outros tipos de espaços naturais, existindo inclusive na usina grande a recuperação desses ambientes.

O recurso água no processamento industrial do álcool apresentou-se de duas formas, primeiro, tal como na usina A, o recurso teve baixa demanda (menos de 3m³/l de álcool produzido) e baixa re-utilização pelo processo provocando um maior descarte do recurso (0,5 e 1 m³/l) por litro de álcool produzido; e, segundo (usinas B e C) o recurso se apresentou com uma demanda média (B=8,80 m³/l e C=8,06 m³/l) e uma grande re-utilização o que significa um menor descarte deste recurso (menos de 0,5 m³/l). A implementação dos sistemas de circuitos fechados contribuem se duvida a uma melhor conservação deste importante recurso. Nos três casos se constatou que não há despejos diretos dos resíduos líquidos nos cursos d'água.

Não sendo pela existência da queima dos canaviais para a atividade da colheita da cana, o recurso ar não apresenta grandes afetações e é até grandemente beneficiado pela capacidade de absorção de CO₂ da cultura da cana-de-açúcar. E, ainda existem possibilidades de ganhos de eficiência ambiental no ciclo produtivo do álcool com a utilização do próprio álcool como aditivo nos meios de transporte a diesel. Isto representaria reduções significativas da emissão de poluentes. Também a recuperação do CO₂ do processo de fermentação contribuiria mesmo que de forma mais modesta no aumento da eficiência ambiental da atividade com o recursos ar.

CONCLUSÕES

O trabalho mostrou que há aspectos a serem melhorados para o melhor relacionamento da produção de álcool combustível e o meio ambiente, dado que nenhuma das usinas avaliadas alcançou uma pontuação de alto desempenho eco-ambiental. Delas a usina C de grande porte obteve uma qualificação de 173 pontos para um desempenho médio. As usinas B e A também obtiveram um desempenho médio com 150 pontos e 142 pontos respectivamente.

Não há dúvida que a introdução de qualquer melhoria no ciclo produtivo do álcool combustível, resultaria num melhor aproveitamento dos recursos naturais e num melhor resultado econômico para as usinas. Representaria também uma diminuição das fontes locais de impactos globais.

Anexo I. Qualificação do desempenho Ambiental em base índices médios para o período 1987-1997.

USINAS

| | | QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DA USINA: | | | |
|---|--|--|---|---|------|
| | | A | B | C | |
| U S O D O S O L O | 1 Desempenho no Meio Físico Terrestre do Uso do Solo para o Cultivo da Cana de Açúcar | a) crescimento da área: 1=maior de 90% 2= entre 90% e 50% 3=menor que 50% | 1 | 2 | 3 |
| | | b) intensidade da atividade do cultivo da cana: aproveitamento da área para o cultivo da cana: 1=>80% 2=80% 3=<80% | 2 | 1 | 3 |
| | c) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 | |
| | d) dano ambiental do cultivo da cana: 1= (destruição de área de preservação) 2=(destruição de espaço) 3=(não procede) | 3 | 3 | 3 | |
| | e) beneficência ambiental: 1= não recuperação de espaços 2=média (recuperação de espaços) 3=(recuperação de áreas preservadas) | 1 | 1 | 2 | |
| | f) especialização agrícola: 1=grande (não prática de Cult. Intercalear) 2=média (constante ou decrescente) 3= baixa (crescente) | 1 | 2 | 3 | |
| | a) dinâmica da atividade do cultivo da cana: 1=(decrescente) 2=(constante) 3=grande (crescente) | 3 | 3 | 3 | |
| | b) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 | |
| | c) substituição de outras culturas alimentares: 1= grande (subst. de várias cult.) 2=média (subst. de uma) 3= não substitutiva | 3 | 3 | 3 | |
| | d) especialização agrícola: 1=grande (não Cult. Inter. ou Rot. de Cult.) 2= médio (prática decrescente) 3= baixa (prática crescente) | 1 | 2 | 3 | |
| 3 Desempenho no Meio Social do Uso do Solo para o Cultivo da Cana no nível de emprego | a) dinâmica da atividade do cultivo da cana: 1=(decrescente) 2=(constante) 3=grande (crescente) | 3 | 3 | 3 | |
| | b) índice de emprego de mão de obra por cada 1000 hectares colhidas: 1=decrescente 2= constante 3=crescente | 1 | 2 | 1 | |
| I Q U I M. | 4 Desempenho no Meio Físico Terrestre do Uso de Insumos Químicos no solo | a) grau de toxicidade dos insumos químicos: 1=grande 2=médio 3=baixa | 3 | 3 | 3 |
| | | b) permanência dos insumos no meio: 1=grande (maior 1 ano) 2= médio (igual um ano) 3= baixa (fugaz: menor que um ano) | 3 | 3 | 3 |
| | | c) dependência química: 1=alta (índice de insumos por hectare crescente) 2=médio (constante) 3=baixa (decrescente) | 1 | 1 | 1 |
| | | d) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 |
| 5 Desempenho no Meio Econômico do Uso de Insumos Químicos | 5 Desempenho no Meio Econômico do Uso de Insumos Químicos | a) dependência química: 1=alta (índice de insumos por hectare crescente) 2=médio (constante) 3=baixa (decrescente) | 1 | 1 | 1 |
| | | b) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 |
| | | a) intensidade da queima: 1=grande (índice de queima maior que 60% da área colhida) 2= entre 40-60% 3=menor 40% | 1 | 1 | 1 |
| | | b) permanência dos efeitos da queima: 1=grande (ind. Queima crescente ou 100%) 2=médio (constante) 3= baixa (decrescente) | 1 | 1 | 3 |
| 6 Desempenho no Meio Físico Terrestre da Colheita da Cana | 6 Desempenho no Meio Físico Terrestre da Colheita da Cana | c) mitigação da queima: 1=baixa (Ind. de mecanização < de 20% da área mecanizável) 2=média (20-30%) 3=alta (>30%) | 1 | 1 | 3 |
| | | d) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 |
| | | a) emissões de CO da queimada da cana: 1=grande (acima de 1601 t anuais de poluentes) 2=média (1600-801t) 3=baixa (<800t) | 2 | 1 | 1 |
| | | b) emissões de MP da queimada da cana: 1=grande (acima de 1601 t anuais de poluentes) 2=média (1600-801t) 3=baixa (<800t) | 1 | 1 | 1 |
| 7 Desempenho no Recurso Ar da Colheita da Cana | 7 Desempenho no Recurso Ar da Colheita da Cana | c) emissões de CH ₄ da queimada da cana: 1=grande (acima de 1601 t anuais de poluentes) 2=média (1600-801t) 3=baixa (<800t) | 1 | 1 | 1 |
| | | a) perda de litros de álcool pela queima da cana: 1=grande (maior de 2% da produção total) 2=média (1% e 2%) 3=pequena (<1%) | 1 | 1 | 2 |
| | | b) gasto combustível das colheiteiras: 1= alto (maior 1 lt) e não procede 2=médio(0,7-1 lt) 3=Baixo (menor 0,7 lt) | 1 | 1 | 3 |
| 8 Desempenho no Meio Econômico da Colheita da Cana. | 8 Desempenho no Meio Econômico da Colheita da Cana. | c) produtividade das colheiteiras: 1=baixa (0-20 milhas v/mag.) 2= média (20 e 50) 3=alta (maior 50) | 1 | 2 | 2 |
| | | a) ocupação na colheita da cana com queima: 1= baixa (Ind. de Emp. por 1000 ha colhida decrescente) 2=média (constante) 3=alta (crescente) | 1 | 2 | 3 |
| 9 Desempenho no Meio Social (nível de emprego) da Colheita | 9 Desempenho no Meio Social (nível de emprego) da Colheita | b) potencial de subst. de homens por máquinas: 1= não mecanização 2=médio (índice mecanização crescente) 3=alto (crescente) | 1 | 3 | 3 |
| | | a) alcance da área irrigada: 1=baixo (ind. de utilização menor que 20% da área colhida) 2=médio (20-35%) 3=grande(maior 35%) | 2 | 2 | 2 |
| | | b) tendência do alcance da área irrigada: 1=baixa (ind. de utilizaç. decrescente) 2=médio (constante) 3=grande (crescente) | 1 | 3 | 3 |
| 10 Desempenho no Meio Físico Terrestre do Uso do Vinhoto | 10 Desempenho no Meio Físico Terrestre do Uso do Vinhoto | c) tendência da disponibilidade do produto: 1=baixa (disponibilidade decrescente) 2=média (constante) 3=alta (crescente) | 3 | 3 | 3 |
| | | d) taxa de aplicação de vinhoto por hectare: 1=alta (maior 150 m ³ /ha) 2=médio (150 m ³ /ha) 3=baixa (menor 150 m ³ /ha) | 1 | 3 | 1 |
| | | e) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 |
| | | a) emissões de CO pelo transporte do vinhoto: 1=alta (maior 1 t/ha) 2=média (0,5- 1t/ha) 3=baixa (menor 0,5 t/ha) | 1 | 2 | 3 |
| | | b) emissões de NO _x pelo transporte do vinhoto: 1=alta (maior 1 t/ha) 2=média (0,5- 1t/ha) 3=baixa (menor 0,5 t/ha) | 1 | 2 | 3 |
| 11 Desempenho no Recurso Ar do Transporte do Vinhoto | 11 Desempenho no Recurso Ar do Transporte do Vinhoto | c) emissões de SO _x pelo transporte do vinhoto: 1=alta (maior 1 t/ha) 2=média (0,5- 1t/ha) 3=baixa (menor 0,5 t/ha) | 3 | 3 | 3 |
| | | d) emissões de MP pelo transporte do vinhoto: 1=alta (maior 1 t/ha) 2=média (0,5- 1t/ha) 3=baixa (menor 0,5 t/ha) | 3 | 3 | 3 |
| | | a) economia de fertilizantes químicos: 1=baixa(menor 1000t/ano) 2=média(1000-2000t/ano) 3= alta (maior 2000 t/ano) | 3 | 3 | 3 |
| 12 Desempenho no Meio Econômico da Aplicação de Vinhoto | 12 Desempenho no Meio Econômico da Aplicação de Vinhoto | b) gasto combustível: 1=alto (maior 100 l/ha) 2=médio (95-99 l/ha) 3=baixo (menor 95 l/ha) | 1 | 3 | n.d. |
| | | c) dependência química: 1=alta (índice de fertilizantes por hectare crescente) 2=médio (constante) 3=baixa (decrescente) | 1 | 1 | 3 |

continuação do ANEXO I

| | | | | | |
|----|--|---|-----|-----|-----|
| T | 13 Desempenho no Recurso Ar do Transporte da Cana. | a) emissões de CO: 1=alta (ind. de emissão acima 1 t/tc) 2=média(entre 0,5-1 t/tc) 3=baixa (menor 0,5t/tc de cana) | 3 | 3 | 3 |
| R | | b) emissões de NO _x : 1=alta (ind. de emissão acima 1 t/tc) 2=média(entre 0,5-1 t/tc) 3=baixa (menor 0,5t/tc de cana) | 3 | 3 | 3 |
| A | | c) emissões de SO _x : 1=alta (ind. de emissão acima 1 t/tc) 2=média(entre 0,5-1 t/tc) 3=baixa (menor 0,5t/tc de cana) | 3 | 3 | 3 |
| N | | d) emissões de MP: 1=alta (ind. de emissão acima 1 t/tc) 2=média(entre 0,5-1 t/tc) 3=baixa (menor 0,5t/tc de cana) | 3 | 3 | 3 |
| S. | 14 Desempenho no Meio Econômico | a) número de caminhões para cada 1000 hectares colhidas: 1=alto (maior de 8) 2=médio (4-7) 3=baixo (menor 4) | 2 | 1 | 3 |
| P. | do Transporte da Cana | b) gasto combustível: 1=alto (maior 1 l/tc) 2=médio(entre 0,7-1 l/t) 3=menor (0,7 l/tc) | 2 | 3 | 3 |
| P | 15 Desempeno no Meio Físico Terrestre do Processamento Industrial: Incorporação de Resíduos Sólidos no Solo da Usina | a) utilização na lavoura: 1=baixa(menor 70% dos resíduos sólidos no solo) 2=médio(70-90%) 3=alta(maior 90%) | 3 | 3 | 3 |
| R | | b) extensão agrícola com torta de filtro: 1=baixa(menor 25% da área total) 2=média(entre 25-35%) 3=alta (maior 35%) | 3 | 2 | 3 |
| O | | c) extensão agrícola com cinza e fuligem: 1=baixa(menor 1% da área total) 2= média(entre 1% e 3%) 3=grande (maior 3%) | 3 | 2 | 2 |
| E | | d) potencial de recuperação de solo com lodo baixa: 1=baixa(perda coberta menor 25%) 2=médio (25-35%) 3=alto (maior 35%) | 3 | 3 | 1 |
| E | 16 Desempeno no Recurso Água do | e) produtividade agrícola: 1= baixa (menor que 67t/ha) 2=média entre 67 e 80,4 t/ha 3= grande maior de 80,4 t/ha | 3 | 2 | 3 |
| S | Processamento Industrial | a) demanda do recurso água: 1=alta(maior 10 m ³ /litro de álcool) 2= média (entre 8 e 9 m ³ /l) 3= baixa (menor 7,9 m ³ /l) | 3 | 2 | 2 |
| S | 17 Desempeno no Recurso Ar do Processamento Industrial | b) saída do recurso água: 1=alto(ind. água residual maior 1 m ³ /l de álcool) 2= médio(entre 0,5-1 m ³ /l) 3=baixo (menor 0,5 m ³ /l) | 2 | 3 | 3 |
| O | | c) despejo final dos resíduos líquidos: 1=alto(resíduos no curso d'água >5%) 2=médio(entre 1-5%) 3=baixo (0%) | 3 | 2 | 3 |
| I | | a) emissões de CO ₂ da fermentação do caldo: 1=alta(maior 0,5 t/tc moída para álcool) 2=média(entre 0,2-0,5t/tc) 3=baixa(<0,2t/tc) | 3 | 3 | 3 |
| N | | b) emissões de CO ₂ pela queima de bagaço: 1=alta(>0,5t/t de bagaço para energia) 2=média(entre 0,2-0,5t/t) 3=baixa(<0,2t/t) | 3 | 3 | 1 |
| D | 18 Desempeno no Meio Econômico do Processamento Industrial | c) emissões de NO _x pela queima de bagaço: 1=alta(>0,5t/t de bagaço para energia) 2=média(entre 0,2-0,5t/t) 3=baixa(<0,2t/t) | 3 | 3 | 3 |
| U | | d) emissões de MP pela queima de bagaço: 1=alta(>0,5t/t de bagaço para energia) 2=média(entre 0,2-0,5t/t) 3=baixa(<0,2t/t) | 3 | 3 | 3 |
| S | | a) importância da produção de álcool para usina: 1=baixa(% de cana para álcool <45%) 2=média(entre 45-55%) 3=alta (> 55%) | 2 | 2 | 3 |
| T | | b) rendimento industrial: 1= baixa (menor 79 l/t) 2=média (79-85,4 l/t) 3=alta (maior 85,4 l/t) | 1 | 3 | 3 |
| R | 19 Desempeno no Meio Econômico da Produção de Energia | c) efeito dos Resid. Sól. na dependência quím.: 1= baixo (ind. de insumos/ha crescente) 2=médio(constante) 3=alto(decrecente) | 1 | 1 | 3 |
| I | | d) efeito dos Resid. Sól. na produtividade agrícola: 1=baixo(<67t/ha) 2=média(entre 67 e 80,4 t/ha) 3=grande (>80,4 t/ha) | 3 | 2 | 3 |
| A | | a) auto-suficiência energética: 1=baixa(auto-suficiência <95%) 2=média(entre 95-97%) 3=grande (maior 97%) | 3 | 3 | 3 |
| L | | b) produção de energia elétrica: 1=baixa(menor 10,9 kWh/t) 2=média (entre 11 e 14,9 kWh/t) 3=grande (maior 15 Kwh/t) | 1 | 2 | 3 |
| | | c) consumo de energia elétrica . 1=alto (maior 11,76 Kwh/t) 2=médio (10,76-11,76 kWh/t) 3=baixo (menor 10,76 kWh/t) | 2* | 2 | 1 |
| | | d) venda de excedentes de energia de elétrica: 1=baixa ou inexistente 2=média(0,28-0,31kwh/tc) 3=alta (maior 0,31KWh/tc) | 1 | 3 | 3 |
| | | TOTAL | 142 | 150 | 173 |

*Foi considerado o consumo de eletricidade da usina na faixa de consumo médio pela pouca confiabilidade dos dados.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Antônio. Nota sobre o Controle da Poluição em Processo de Produção de Alcool e Açúcar. Nota No.10, CETISB, São Paulo: CETISB, 1995.
- COPIERSU-CAR. Inventário de emissões de CO₂ a partir da produção/uso de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no Brasil. Relatório preparado pelo Centro de Tecnologia -CTC, Copersucar- para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudança do Clima. In: <http://www.mct.gov.br/gabin>
- COSTANZA, Robert et. ali. An Introduction to Ecological Economics. By Robert Costanza, John Cumberland, Herman Daly, Robert Goodland and Richard Norgard. Florida: St. Lucie Press, Boca Raton: International Society for Ecological Economics - ISEIE, 197. 275p.
- RIPOLI, Tomaz Caetano et alii. Efeito da queima na exsudação dos colmos: resultados preliminares. Tomaz Caetano Ripoli, José Paulo Stuppiello, João Gustavo Brasil Caruso, Helder Zocelli e Juarez Renô Amaral. Trabalho apresentado no 6to. Congresso da STAB, Macéio, 24 de Novembro de 1996.