

RUMO À SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE CANA-DE- AÇÚCAR EM SÃO PAULO: as contas ambientais

Renato de Mello

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP).
E-mail: renatoindio@ig.com.br

RESUMO

Este artigo avalia o agroecossistema de cana-de-açúcar, considerando as implicações ambientais e o uso de recursos naturais como fatores de produção. Os custos são estimados em medidas financeiras e energéticas em três cenários. Os resultados indicaram incremento dos custos energéticos de 4,02% a 4,12% no cenário da internalização dos custos ambientais e que é possível, ainda, a produção financeiramente rentável com ecossistema sustentado. Também mostraram que as diferenças dos valores da energia despendida entre os três são pequenas e que a perspectiva sustentada somente será atrativa a partir da atribuição social de maior valor aos aspectos ambientais.

ABSTRACT

This work evaluates sugar cane agro-ecosystems, taking into account both the environmental implications and the use of natural resources as production factors. The costs are estimated in financial and energetic measures, and three scenarios are established. The results indicated a increase from 4.02% to 4.12% of higher costs due to the accounting of externalities and that it is possible to achieve a profitable production in a sustainable ecosystem. They also show that the differences of the energy amount, counting or not the externalities and the different costs of a sustainable production, remain small and that the sustainable perspective will only be attractive if it is based upon the social definition of higher values to the natural environment.

PALAVRAS-CHAVE

Agroecossistemas, meio ambiente, energia e agricultura, cana-de-açúcar.

KEY WORDS

Agro-ecosystems, environment, energy and agriculture, sugar cane.

INTRODUÇÃO

Este artigo avalia os componentes do agroecossistema de cana-de-açúcar na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil, considerando as implicações ambientais e o uso de recursos naturais como fatores de produção. Tomou-se uma empresa como representativa da melhor tecnologia de produção do país e do melhor cuidado ambiental entre os produtores e foram estimados os custos em medidas financeiras e energéticas.

Três cenários foram estruturados, usando-se as planilhas de custos e de energia, combinadas com os dados sobre as implicações ambientais desses agroecossistemas. O cenário-base contabiliza a energia comercial empregada, e o meio ambiente não é considerado participante da produção. No segundo cenário, os impactos ambientais e o uso de recursos naturais são estimados como fatores de produção e implicam custos. O terceiro cenário simula uma situação na qual o agroecossistema é planejado para ser sustentado e são minimizados os danos ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados quantitativos dos fatores de produção de cana foram obtidos diretamente na empresa em estudo. Os dados de valorações de fatores de produção em termos energéticos foram avaliados segundo estimativas de fontes secundárias e apropriados às condições locais, considerando-se existir paridade tecnológica de equipamentos e materiais entre o Brasil e os países desenvolvidos, origem das valorações energéticas usadas nas conversões dos insumos.

Como objeto de análise, foi escolhida uma empresa de produção de cana com sede no município de Sertãozinho, estado de São Paulo. A usina processa cana oriunda de 33 municípios da região, com um raio econômico de cerca de 130 km para compra de fornecedores, e usa terras próprias da empresa agrícola e de arrendatários para plantio de cana em áreas mais próximas.

Os solos da região são de grande fertilidade e bem drenados; a topografia é suave, possibilitando a mecanização; o regime de chuvas é regular, com precipitações anuais indicadas para o plantio de cana; a umidade do ar e o regime de ventos são regulares e adequados à cana e existe água em abundância nos rios e córregos da região.

A empresa produz anualmente mais de 3,1 milhões de toneladas de cana, numa área de cerca de 40 mil hectares. O rendimento agrícola médio entre 1983 e 1992 foi de 88,46 ton/ha, sendo, de 1989 a 1992, de

90,22 ton/ha. O custo médio de produção de 1983 a 1992 foi de US\$ 8,79 por tonelada de cana e, de 1989 a 1992, de US\$ 10,16 por tonelada.

OS DISPÊNDIOS ENERGÉTICOS DA COLHEITA MECÂNICA QUEIMADA FORAM OS MENORES DENTRE OS QUATRO EM RAZÃO PRINCIPALMENTE DO TRABALHO HUMANO.

O processo de produção

As atividades agrícolas de formação e renovação do canavial são: gradeações, subsolagem, calagem, operações de terraceamentos, conservação do solo e preparo para o plantio, preparo e plantio de mudas e tratos culturais. Do segundo corte em diante, é feita uma escarificação e adubação, em profundidades menores nos períodos de chuvas e no final da safra, para evitar perdas de solo, de fertilizantes e da qualidade ambiental. Essa operação serve também como controle das plantas daninhas.

O enleiramento da palha é feito com trator que traciona ancinho rotativo e são aplicados herbicidas de acordo com a infestação, por meio de pulverizadores de barra. São feitos ainda serviços de manutenção de carregadores e de canais para irrigação, bem como a conservação de esgotos e demais obras de proteção ambiental, o arranquio do capim-colômbio, a carpa manual de repasse e das cabeceiras, a queima da palha e o combate às formigas.

A colheita da cana é um dos momentos mais sensíveis da produção, tanto em termos dos custos financeiros quanto dos impactos ambientais no solo, na biota e no ar. A colheita é determinante também para a qualidade da cana que vai para a usina, para a sanidade da planta e para sua boa produtividade nos períodos seguintes. Somente a colheita e o transporte da cana correspondem a uma parcela em torno de 30% a 40% dos custos totais (insumos comerciais e trabalho). A cana pode ser cortada manualmente ou com máquinas e queimada anteriormente ou cortada crua.

O corte manual da cana crua é um trabalho insalubre, de alta periculosidade, de baixo rendimento e somente justificado embaixo de linhas de alta tensão e

em locais em que a máquina de corte não atinja ou onde haja dificuldades de manobra e operação. O carregamento é feito por equipamento mecânico, e o rendimento é de 4 ton/dia/homem.

O corte mecânico da cana crua é o provável paradigma do manejo sustentado do agroecossistema da cana. A colheita mecânica da cana crua oferece benefícios à qualidade da cana cortada, que, por não sofrer calor intenso, não exsuda sacarose. Esta, quando sai pela casca, é perdida na lavagem e faz com que o solo

COM O AUMENTO DA
REMUNERAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA,
HAVERIA UM AUMENTO DA SUA
CORRESPONDÊNCIA EM ENERGIA,
OU SEJA, O TRABALHO HUMANO
PASSARIA A CUSTAR UMA MAIOR
QUANTIDADE DE ENERGIA POR
TONELADA DE CANA.

grude nos toletes. A principal razão da lavagem é retirar dos toletes o solo, que prejudica as moendas e a qualidade do caldo. Estando o tolete limpo, não há necessidade de lavagem, com menos custos operacionais e menos pressão ambiental por água limpa e por destinação à lama. O aproveitamento do solo é maior nesse tipo de colheita pela eliminação de carregadores entre talhões, terreno que não sofre compactação e erosão e está produzindo. A palha da cana, ao permanecer no local, melhora as condições ambientais. A potência dos motores é de cerca de 300 HP, com produções de até 40 ton/hora.

O corte mecânico da cana queimada é rápido, gera boa qualidade da cana cortada e pode ser mais barato que o corte manual. A queima da cana gera problemas ambientais, que serão discutidos a seguir. As máquinas de corte e amontoamento têm rendimento em torno de 25 ton/hora.

O corte manual da cana queimada é um trabalho insalubre e perigoso aos trabalhadores, problemático ao ambiente e prejudicial à qualidade da cana cortada. A qualidade da cana é pior em virtude do contato do

solo da cana com o caldo exsudado e também por causa do tempo menor que a cana suporta até o processamento, que fica em torno de 24 a 36 horas, ocorrendo, a partir desse período, a inversão da sacarose. Quanto à qualidade do corte e ao desponte, a maior porcentagem de sacarose encontra-se próxima ao pé da planta, devendo o corte ser o mais rente possível ao solo sem danificar a planta. A média de produção de corte por trabalhador na região é de 7 toneladas por jornada de 8 horas diárias, podendo chegar, em condições ótimas e para o melhor cortador, a 19,2 toneladas por dia.

A seguir, são descritos os resultados resumidos das planilhas montadas com base nos dados de campo dos fatores de produção, assim como das contabilizações, em termos energéticos e financeiros, das contribuições e dos usos de recursos oriundos do meio ambiente.

Valores energéticos de insumos industriais

São adotados neste artigo os dados de valorações em termos energéticos de insumos industriais já consolidados na literatura da área, com as indicações dos autores de cada conversão referidas no texto.

Herendeen (1981) calculou a equivalência entre energia e capital para os EUA, considerando o preço médio da energia comercial, em 1980, de 84 Mcal/US\$ e o da energia média para produzir bens e serviços (usando a relação energia/PNB) em cerca de 7,53 Mcal/US\$ (1980), e encontrou a relação de conversão entre energia (E) e outros insumos (G) em $\Delta E/\Delta G = 4,03$ Mcal/US\$.

A relação de substituição $\Delta E/\Delta G$ é atualizada neste estudo e corrigida de 1980 para 1993 na mesma proporção da relação energia consumida/PIB do Brasil para o mesmo período.

Para 1993, temos, então, $\Delta E/\Delta G = 1,658$ Mcal/US\$ (1993).

a) Máquinas e equipamentos

No caso desta pesquisa, os dados de campo são agrupados em médias, pois a extensão dos cultivos inviabiliza uma visão global com base no somatório das condições particulares. Os equipamentos podem variar de tamanho e modelo, dependendo das disponibilidades e dos interesses da empresa e dos plantadores, e os consumos e as manutenções também dependem das condições climáticas, solo, topografia, infestações, variedades plantadas e inúmeras outras condicionantes variáveis que vão ocorrendo nos diversos agroecossistemas.

Os dados das quantidades de trabalho e dos equipamentos usados foram obtidos na empresa e são por

ela utilizados internamente para a composição de custos e a administração de recursos. Juntamente com os custos de aquisição e depreciação, operação e manutenção, estão também agregados os combustíveis e a mão-de-obra do operador especializado. Nessas condições, optou-se por estimar a quantidade de energia envolvida por meio da transformação de custos financeiros em unidades energéticas, pela relação $\Delta E/\Delta G$.

Para a verificação dessa conversão, foram comparadas as avaliações de Doering (1980) e a da conversão de Herendeen de um trator com 130 HP. Doering encontra o total de energia incorporada, fabricação e reparos em cerca de 99.500 Mcal. Se considerado o preço de venda de trator semelhante no Brasil e transformado esse valor em energia, é obtido o valor energético de 82.900 Mcal. O valor inferior da conversão em relação ao do estudo de Doering já incorpora os custos de distribuição e venda, mas ambos são compatíveis, na medida em que a diferença é de apenas 12%. Vale notar ainda que as estimativas da análise de processos de Doering foram realizadas em 1980, quando a relação energia/PIB era maior que no presente.

b) Fertilizantes nitrogenados

A produção industrial de fertilizantes nitrogenados no Brasil tem características tecnológicas próximas daquelas utilizadas nos EUA e na Europa, sendo válidas as estimativas dos gastos energéticos dos autores quando transportadas para o nosso país.

Para Engelstad (1985), a média de gastos energéticos para produção, embalagem e transporte é de 15,0 Mcal/kg de N². Neste artigo, será considerada essa média como a que melhor se aproxima da realidade, por ser uma estimativa recente, a mais detalhada, aquela que apresenta o menor valor e que já teria, assim, contemplado os avanços tecnológicos de melhorias de produtividade dos últimos anos.

c) Fertilizantes fosforados

São adotadas as estimativas para produção, embalagem e transporte em 1,94 Mcal/kg de superfosfato normal, que é a formulação mais usada na empresa e pelos seus fornecedores. Essas estimativas estão baseadas em trabalho de avaliação de Engelstad (1985).

d) Fertilizantes potássicos

Neste artigo, serão considerados os valores de Engelstad (1985) para os EUA, com a aproximação de 3,00 Mcal/kg para produção, transporte e embalagem.

e) Calcário

Macedônio (1985) realizou um levantamento com

fornecedores no município de Almirante Tamandaré, estado do Paraná, e considerou como principais variáveis o consumo de combustível para extração (9.138 Kcal/ton), a energia elétrica para moagem (31.800 Kcal/ton) e o transporte. O valor calórico médio obtido foi de 132.822 Kcal/ton.

A QUEIMA DA CANA GERA IMPACTOS AMBIENTAIS DE RECONHECIDA NOCIVIDADE AO ECOSSISTEMA E AOS HOMENS.

Nesta análise, serão considerados os dados de Macedônio como a melhor aproximação para os custos energéticos diretos da região em estudo, principalmente em virtude da forte presença do item transporte na composição dos dispêndios energéticos totais e também do fato de a geografia do estado do Paraná permitir correspondência com a do estado de São Paulo em relação à distribuição das áreas agrícolas de cana.

f) Defensivos agrícolas e agrotóxicos

Os principais problemas relacionados aos agrotóxicos estão nos danos colaterais à biota local e ao ecossistema envolvido no cultivo, na contaminação da água e do solo com agentes danosos à saúde humana e à biota e no longo período residual de alguns desses agentes. Os efeitos da aplicação de drogas depressoras ou estimulantes a subsistemas ambientais afetam profundamente a estrutura das relações entre todos os subsistemas do ecossistema.

A agricultura de cana demanda cuidados de sanidade intensos, pois as doenças são muitas e a falta de controle sanitário pode levar à inviabilidade econômica do cultivo. Desde a chegada da cana ao Brasil, são registradas pragas (particularmente, o mosaico, na década de 20) que levavam os plantadores a grandes prejuízos.

Os herbicidas são elementos tóxicos a plantas específicas e servem para controlar a infestação dessas plantas não desejadas no cultivo. As plantas invasoras competem por recursos de solo e fertilizantes, pela água e pela luz, causando menor desenvolvimento da cana e conseqüente perda de produtividade. O controle dessas plantas é feito conforme a agressividade delas na concorrência pelos recursos, o grau de infestação e o seu tamanho na ocasião.

Os agrotóxicos mais usados na empresa, e que serão usados como representativos dos demais, são Aldrin, 2,4-D e Diuron.

Segundo Pimentel (1980), a energia para produzir o ingrediente ativo do herbicida 2,4-D é de 24,20 Mcal/kg e o do Diuron, 64,29 Mcal/kg. Quando considerados a produção, a formulação, a embalagem e o transporte, o consumo médio para herbicidas é de 83,09 Mcal/kg. Para os inseticidas, o valor médio é de 74,30 Mcal/kg. A formulação, a embalagem e o transporte correspondem a 1/3 do total dos insumos. O consumo médio para formicidas em pó, segundo Pimentel, é de 21,34 Mcal/kg.

São adotados os valores médios de Pimentel, considerando-se que os diversos herbicidas, inseticidas e formicidas são aplicados de acordo com as necessidades ocasionais.

Trabalho humano e financiamento

O trabalho humano será considerado na sua forma física ou intelectual em termos da remuneração que esses trabalhadores conseguem obter, e, a partir disso, será avaliada a energia despendida. Se o trabalho fosse remunerado como nos países desenvolvidos, certamente, seu valor energético seria proporcionalmente maior. Neste caso, optou-se pela equivalência entre

remuneração e energia, por ser o salário valor socialmente definido e que guarda relação entre consumo de energia e valores recebidos pelo trabalho.

São excluídos dessa análise os aspectos relacionados a financiamento e encargos. Os subsídios oriundos dos cofres públicos sempre foram muito generosos para a agroindústria sucroalcooleira, e uma avaliação contábil desses financiamentos, se analisados conjuntamente com os aspectos ambientais que a montagem desses capitais alterou, comporia um outro extenso trabalho.

O CENÁRIO COMERCIAL

Levando-se em conta a média entre a formação do canalial e os tratos culturais dos quatro cortes seqüentes, sem a colheita, temos os custos apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Considerando-se a produtividade de 91 ton/ha, o dispêndio energético nessas fases por tonelada de cana produzida é de 32,81 Mcal/ton.

As alternativas de colheita

As colheitas podem ser feitas de quatro formas: manual crua, manual queimada, mecânica crua e mecânica queimada. As planilhas resumidas constam na Tabela 3.

Os dispêndios energéticos da colheita mecânica queimada foram os menores dentre os quatro, com uma diferença de 6,06 Mcal/ton de cana, ou de 26% entre o menor e o maior valor, em razão principalmente do trabalho humano. Com o aumento da remuneração da mão-de-obra, haveria um aumento da sua correspondência em energia, ou seja, o trabalho humano passaria a custar uma maior quantidade de energia por tonelada de cana.

Tabela 1 – Custos financeiros médios (US\$/ha)

Custo total: formação + tratos culturais	
Formação	781,51
Tratos culturais – quatro cortes	1.017,52
Total – cinco cortes	1.799,03
Média por corte	359,80

Tabela 2 – Custos energéticos médios (Mcal/ha)

	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	Total
Formação	1.250,48	241,46	2.162,96	270,91	3.925,81
Tratos culturais	276,00	4,66	2.412,94	57,69	2.751,29
Média	470,80	52,02	2.362,94	100,33	2.986,19

Tabela 3 – Custos financeiros e energéticos resumidos, por tonelada de cana, das quatro formas de colheita

	Mecanização		Transporte		Mão-de-obra		Total	
	US\$	Mcal	US\$	Mcal	US\$	Mcal	US\$	Mcal
Manual queimada	0,54	4,96	2,86	10,12	2,43	4,02	5,83	19,10
Mecânica queimada	1,08	6,18	2,83	10,66	0,16	0,23	5,53	17,11
Manual crua	0,54	4,95	2,87	10,98	4,37	7,25	7,79	23,17
Mecânica crua	2,22	10,11	3,26	11,37	0,16	0,26	5,64	21,74

Quando considerados apenas os aspectos financeiros, saltam aos olhos os custos da mão-de-obra da colheita manual crua, que somente se justifica em situações especiais. A colheita mecânica crua já é competitiva em relação à colheita manual queimada, a forma mais usada na região.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados de dispêndios energéticos para a agricultura da cana no cenário comercial.

AMPLIANDO OS CUSTOS COM EXTERNALIDADES: O CENÁRIO DOS CUSTOS AMBIENTAIS

Nesse cenário, são estimados os dispêndios de energia tomando-se a energia comercial avaliada no cenário anterior, somando agora com a energia que tinha sido desconsiderada como fator de produção e lançando-a como custos futuros à sociedade ou como custos presentes aos que aceitam sem reclamar.

A água como fator de produção na planilha dos custos

Não são considerados danos ao ambiente os aportes aos corpos d'água oriundos da prática da agricultura da cana, ainda que a turbidez gerada seja alta.

Os aspectos referentes aos impactos nos recursos hídricos da região quanto à água para irrigação e recarga de aquíferos não são tidos como geradores de poluição ou pressão ambiental, com conseqüentes custos energéticos. Os custos energéticos referentes à poluição da água para o abastecimento e o assoreamento de reservatórios com conseqüente perda de capacidade de geração de eletricidade são considerados de acordo com a influência da poluição total por cada hectare de canavial da região.

Os agrotóxicos e a intensidade energética de suas ações

Uma forma de estimar a influência da aplicação de agrotóxicos pode ser pela valoração de ações alternativas à sua aplicação atual, considerando-se a hipótese de não-poluição e a aplicação que arque com mais cuidados que os da atualidade para o mesmo produto.

Nesse caso, a aplicação criteriosa despenderia o dobro da quantidade de trabalho e de equipamentos

em relação àqueles utilizados na defesa do canavial. Pretende-se, com tal estimativa, que as doses sejam criteriosamente distribuídas onde necessárias, sem excessos, que sejam intensificados os tratamentos culturais manuais e mecânicos que liberariam o tratamento cultural do uso intensivo desses insumos e que estes fiquem restritos a quantidades absolutamente indispensáveis.

CONSERTAR O MEIO AMBIENTE CUSTA MAIS CARO DO QUE FAZER UM MANEJO SUSTENTADO EM TERMOS ENERGÉTICOS.

O solo perdido e o solo gasto

A formação do agroecossistema implica intensas movimentações de solo e limpeza do terreno de plantas, tocos, pedras, além da preparação topográfica e de conservação do solo. Os custos energéticos são também intensos pelo uso de maquinaria e de combustíveis. As práticas de plantio direto na renovação do canavial, preconizadas principalmente por acadêmicos e por assistência rural pública, não empolgam, provavelmente por serem antieconômicas para os produtores. Essa é a fase de maior perda de solo, de nutrientes e de qualidade da água por sedimentos.

Nesse cenário, a taxa média de perda de solo é de 10 ton/ha/ano para cana sem replantio e de 12,4 ton/ha/ano para cana plantada (Planalsucar, 1981). Sua equivalência em fertilizantes industriais é acrescida na contabilização do trato cultural.

O espaço, o lazer, a paisagem e a queima da cana

A queima da cana gera impactos ambientais de reconhecida nocividade ao ecossistema e aos homens. Essa prática somente se justifica pelo custo financeiro menor que o da cana crua, porque a sociedade arca com esse custo ambiental para que o produtor rural possa obter maiores rendimentos financeiros.

Tabela 4 – Dispêndios de energia comercial para formação, tratamentos culturais e colheita da cana (Mcal/ha)

	Manual queimada	Mecânica queimada	Mecânica crua	Manual crua
Colheita	1.738,53	1.557,23	1.978,47	2.109,32
Produção	2.986,19	2.986,19	2.986,19	2.986,19
Total	4.724,72	4.543,42	4.964,66	5.095,51

A avaliação do impacto da queima pode ser estimada em energia pela quantidade despendida na colheita não queimada, como forma de equiparação de custos diante de um horizonte de manejo sustentado do agroecossistema.

As vantagens da colheita da cana crua, em termos de limpeza para a moagem, de permanência da massa verde na roça e de seus benefícios à microbiota e às propriedades físicas do solo, bem como dos efeitos de fertilização da palhada, somadas aos dispêndios gerados pelos impactos da queimada, fazem da estimativa deste estudo de equivalência de custos energéticos uma relação subestimada, mas é uma aproximação à verificação dessas práticas.

Imputando esse dispêndio energético maior à queima da cana, pode-se estimar que a questão da paisagem e do lazer numa região sem queima da cana e com áreas de conservação ambiental integradas aos canaviais esteja num rumo de diminuição de dispêndios públicos (dos habitantes da região) e possivelmente de maiores ganhos com o uso dessas áreas.

Planilhas de dispêndios energéticos com externalidades

a) Solo

Perda de solo no preparo, plantio e tratos culturais para a formação do canavial e sua equivalência em fertilizantes, segundo Medeiros (1995):

12.400 kg de solo = 0,65 kg de fósforo - 31,99 kg de potássio - 92,97 kg de calcário, que, considerados em energia, resultam em 111,19 Mcal.

Perda de solo nos tratos culturais das soqueiras e sua equivalência em fertilizantes:

10.000 kg de solo = 0,52 kg de fósforo - 25,80 kg de potássio - 74,97 kg de calcário, que, considerados em energia, resultam em 89,66 Mcal.

Média dos 5 anos: 93,97 Mcal/ha/ano.

Tabela 5 – Custos energéticos totais com externalidades na colheita da cana crua (Mcal/ha)

	Mecânica	Manual crua
Colheita	1.978,47	2.109,32
Produção	3.199,76	3.199,76
Total	5.178,23	5.309,08

Tabela 6 – Incremento energético devido às externalidades na produção da cana (Mcal)

	Energia direta + externalidades	Somente externalidades	Proporção incremental
Colheita mecânica	5.178,23	213,49	4,12%
Colheita manual	5.309,08	213,49	4,02%

b) Agrotóxicos

O incremento energético calculado é equivalente à aplicação criteriosa desses elementos, com mais uma vez a quantidade despendida de trabalho e equipamentos, como descrito e estimado anteriormente.

A média de dispêndios energéticos para avaliação dos custos ambientais dos impactos dos agrotóxicos, segundo Mello (1997), é de 112,17 Mcal/ha/ano.

c) Água

As avaliações de Mello (1997) para atribuições da influência da agricultura de cana no incremento dos custos de água para abastecimento são de US\$ 2,02/ha/ano ou 3,35 Mcal/ha/ano e, para a produção de eletricidade e assoreamento, de US\$ 2,88/ha/ano ou 4,77 Mcal/ha/ano.

d) Queima da cana e colheita

Os custos ambientais em virtude da queima dos canaviais são considerados pela equivalência aos maiores custos da cana colhida crua. A colheita de cana crua apresenta atualmente dispêndios energéticos maiores que os da cana queimada, sendo então estimados apenas os dispêndios da colheita da cana crua.

O custo total das externalidades para os cinco cortes é de 213,49 Mcal/ha. A média dos custos energéticos totais com externalidades, para formação e quatro anos de cultivo, é de 3.199,76 Mcal/ha/ano.

Os custos energéticos totais com externalidades nas duas formas de colheita da cana crua, desconsiderando-se a queima do canavial como discutido anteriormente, são apresentados na Tabela 5.

A proporção do incremento energético calculado da incorporação das externalidades derivadas de impactos ambientais na produção da cana em relação às estimativas da energia direta despendida é demonstrada na Tabela 6.

Essa proporção pode ser uma sugestão de quanto a sociedade e o meio ambiente perdem ou deixam de reinvestir nas condições ambientais, para que sejam atenuados os efeitos dos impactos da produção da cana.

O CENÁRIO AMBIENTALMENTE SUSTENTADO

O cenário da produção ambientalmente sustentada objetiva gerar dados de simulação de uma situação em que as perdas ambientais estejam minimizadas. Esse

cenário visualiza as condições ideais mínimas nas quais os rendimentos financeiros são atrativos ao capital e, ao mesmo tempo, as perdas ambientais são suportáveis pelo ecossistema. São identificados como os principais impactos ambientais da agricultura da cana as alterações no solo, na água, no ar e na biota, com efeitos e causas discutidos por Mello (1997). A seguir, são descritas as ações mitigadoras de impactos e suas decorrências em termos de energia para a contabilização dos dispêndios totais nesse agroecossistema.

Agrotóxicos

Neste artigo, é considerado o custo de um herbicida como representativo da situação geral, principalmente por ser o mais usado nas roças da empresa. O produto 2,4-D gera implicações ambientais relevantes e foram encontrados níveis de poluição na região oriundos dele.

O controle de plantas invasoras não constitui um problema que necessite de sofisticadas técnicas. O capim-colonião pode ser arrancado com ferramentas, e as demais plantas que aparecem até o fechamento da cana também podem ser capinadas com máquinas e de forma manual, eventualmente com menos energia despendida que com o uso de herbicidas. Para esse cenário, será estimada a substituição de herbicidas pela capina manual no total de 15 diárias por hectare (Paranhos, 1987).

O custo ambiental da aplicação de pesticidas pode ser calculado pela equivalência de uma situação em que as doses desses elementos fossem restritas ao mínimo e o canavial suportasse uma menor produtividade em função do menor ataque aos parasitos e vetores. A redução de pesticidas com manejo de suporte limita infestações ao máximo de 12% da área, com seqüente redução de produção na proporção de 2,6%. Esse nível de suporte das pragas da broca gera perda de tonelagem de cana de 2,6% e de sacarose de 2,2% (Bastos, 1987). Onde o pesticida for indispensável (como no controle das formigas, por exemplo), as atividades mecânicas e manuais passam a ser realizadas com mais um repasse, para que as aplicações sejam criteriosas.

Eutrofização da água

Para minimizar a influência do cultivo da cana quanto à entrada de nutrientes nos corpos d'água, considera-se que as práticas mecânicas de conservação do solo

e adubação são insuficientes e que receberão mais um repasse para cada atividade. Além disso, o solo deve receber plantio direto, sem o revolvimento usual, quando, então, será aplicado o fertilizante a ser incorporado juntamente com restebas.

Proteção ao ecossistema e a queima da cana

É proposta a solução agrônômica de implantação de cordões verdes nos entornos dos talhões, para proteção da biodiversidade, da microbiota do solo e para melhoria das próprias condições de fitossanidade da cana. Os cordões devem receber cuidados de manejo

OS RESULTADOS INDICARAM CUSTOS ENERGÉTICOS MAIORES PARA A INTERNALIZAÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS DO QUE PARA OS OUTROS CENÁRIOS.

com plantas perenes e adequação de estrutura trófica à biota nativa. Esse cordão hipotético tem fins produtivos, com a mesma rentabilidade da cana, como os sítios de pequenas propriedades da região que obtêm tal rentabilidade com frutíferas. Essa hipótese resolve os problemas acerca de paisagem, espaço e lazer.

Quanto à queima da cana, será tomada a mesma estimativa do cenário das externalidades, não devendo ocorrer a queima do canavial. Como os carreadores não mais cumprem funções de proteção ao fogo e os talhões são maiores, não serão considerados seus custos.

Levando-se em conta a produção de 88,63 ton/ha/ano (menor produção em 2,6% em virtude do não uso de agrotóxicos), os dispêndios energéticos para o cenário sustentado são mostrados na Tabela 7.

Os resultados resumidos dos três cenários em Mcal estão na Tabela 8.

DISCUSSÃO

Os dispêndios energéticos nas situações em que os danos ambientais fossem pagos ou reprimidos indicam valores superiores àqueles dos agroecossistemas sustentados e, obviamente, da situação primária dos custos comerciais. Pagar pelo conserto dos danos não é uma boa política, mas, resguardadas as

Tabela 7 – Custos energéticos para o cenário sustentado (Mcal/ha)

	Mecânica	Manual crua
Colheita	1.927,03	2.054,47
Produção	2.681,80	2.681,80
Total	4.608,83	4.736,27

Tabela 8 – Planilha resumida: energia despendida (Mcal/ha)

		Colheita	Produção	Total
Comercial	Manual queimada	1.738,53	2.986,19	4.724,72
	Mecânica queimada	1.557,23	2.986,19	4.543,42
	Mecânica crua	1.978,47	2.986,19	4.964,66
	Manual crua	2.109,32	2.986,19	5.095,51
Externalidades	Mecânica crua	1.978,47	3.199,76	5.178,23
	Manual crua	2.109,32	3.199,76	5.309,08
Sustentado	Mecânica crua	1.927,03	2.681,80	4.608,83
	Manual crua	2.054,47	2.681,80	4.736,27

liberdades de manejo dos ecossistemas para agricultura sem que se prejudique essencialmente o ambiente, o pagamento por esse uso ambiental pode ser uma opção social.

A segunda constatação é que os valores obtidos nos cenários são próximos, talvez mais por uma posição conservadora do estudo ao atribuir valores reduzidos aos aspectos ambientais e aos fatores de produção, mas já indicando a existência desses custos. Essa seria a plataforma mínima para estimação desses valores e dos custos totais.

Consertar o meio ambiente custa mais caro do que fazer um manejo sustentado em termos energéticos, mas, enquanto o meio ambiente não for valorado como bem social, continuará a haver uma apropriação desigual desses valores e a degradação de recursos ambientais.

CONCLUSÕES

Os cenários de agroecossistemas de cana-de-açúcar em três alternativas de custos ambientais mostraram que o planejamento para evitar os danos ambientais pode ser mais rentável que o pagamento por esses cus-

tos. O cenário da incorporação das ditas externalidades indicou que os custos energéticos crescem, mas em escala reduzida, dando margem ainda a considerar que é uma opção viável tomar esses custos como investimentos para um futuro manejo ambiental mais sustentado, quando o nível de riqueza social for maior.

Os resultados indicaram custos energéticos maiores para a internalização dos custos ambientais do que para os outros cenários. Mostraram também que é possível a produção financeiramente rentável com ecossistema sustentado, que a diferença dos valores da energia despendida entre os três ainda é pequena e que a perspectiva sustentada somente será atrativa a partir da atribuição social de maior valor aos aspectos ambientais.

As diferenças finais entre os valores energéticos dos cenários não foram substantivas, indicando mais uma subavaliação dos componentes ambientais deprimidos ou usados, que foram deliberadamente tomados como as mínimas estimativas citadas por pesquisas da área. O que se pretende é estabelecer o padrão mínimo como referência à continuidade dessas análises de agroecossistemas de cana e de outros ecossistemas, agrícolas ou não. ○

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, Edna. *Cana-de-açúcar: o verde mar de energia*. São Paulo : Ícone, 1987.

DOERING, Otto C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, David (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton : CRC Press, 1980.

ENGELSTAD, O. P. (Ed.). *Fertilizer technology and use*. 3. ed. Madison : Soil Science Society of America, Inc., 1985.

HERENDEEN, Robert. Net energy and true subsidies to new energy technology. In: MITSCH, W. J., BOSSERMAN, R. W. *Energy and ecological modelling*. Amsterdam : Elsevier Scientific Pub., 1981.

MACEDÔNIO, Ângela C., PICCHIONI, Sílvia A. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuário*. Curitiba : Secretaria de Agricultura (PR), 1985.

MEDEIROS, Josemar X. Aspectos econômico-ecológicos da produção e utilização do carvão vegetal na siderurgia brasileira. In: MAY, Peter H. (Org.). *Economia ecológica: aplicações no Brasil*. Rio de Janeiro : Campus, 1995.

MELLO, Renato. *Custos ambientais de agroecossistemas da cana-de-açúcar*. Tese (Doutorado) – EESC, Universidade de São Paulo, 1997.

PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas : Fundação Cargill, 1987.

PIMENTEL, David (Ed.). *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton : CRC Press, 1980.

PLANALSUCAR. *Previsão e análise tecnológica do Pró-álcool*. São Paulo : Planalsucar/USP/Instituto Mauá de Tecnologia, 1981. Relatório final.