

ANÁLISE DO CUSTO ENERGÉTICO DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: LAVOURA MECANIZADA E NÃO-MECANIZADA¹

CLAUDIO M. MUNDSTOCK², DOGMAR FARIAS FILHO³ e ELSA C. MUNDSTOCK⁴

RESUMO - O custo energético da produção de cana-de-açúcar foi estimado para lavouras de produtores da região de Santo Antônio da Patrulha, RS, fornecedores de cana à usina da AGASA (Açúcar Gaúcho S.A.). Comparou-se a lavoura mecanizada com a lavoura não-mecanizada, a primeira em propriedades grandes, e a segunda, em minifúndios, na média de três cortes. A primeira utilizou 6.977,4 Mcal a mais na fase agrícola de produção (17.150,1 Mcal versus 10.172,1 Mcal) sendo o custo energético do combustível (principalmente) e das máquinas os responsáveis pela diferença. Os insumos (especialmente o adubo nitrogenado) tem grande peso no consumo de energia. A mão-de-obra, largamente utilizada em pequenas propriedades, aumenta o gasto de energia em pequena proporção.

Termos para indexação: propriedades grandes, minifúndio, combustível, insumos, consumos de energia.

ENERGY COST ANALYSIS OF SUGAR CANE PRODUCTION SYSTEMS: MECHANIZED VERSUS NONMECHANIZED FARMS

ABSTRACT - The energy cost of sugarcane production for producers from the region of Santo Antônio da Patrulha, RS, Brazil, was estimated. Such producers supply the AGASA (Açúcar Gaúcho S.A.) with sugarcane. Mechanized and nonmechanized productions were compared: the first in large farms and the second in small ones. The results are the average of three harvesting times. The mechanized farms used 6,977.4 Mcal more during the agricultural phase of production (17,150.1 Mcal versus 10,172.1 Mcal), and the energy costs of fuel (mainly) and machines are responsible for that difference. The inputs (specially nitrogen) are responsible for great part of energy consumption. Labour, largely used in small farms, increased the energy cost at low proportions.

Index terms: large farms, small farms, liquid fuels, input.

INTRODUÇÃO

O custo energético para a produção de cana-de-açúcar tem sido estudado em diversos países (Hopkinson Junior & Day Junior 1980, Silva et al. 1976), e é um importante parâmetro na análise da viabilidade da utilização desta cultura como fonte para a obtenção de álcool etílico, a ser utilizado como combustível líquido.

A fase que vai desde o plantio da cana até a colheita e transporte ao local de processamento tem um alto custo de energia, destacando-se, em primeiro plano, o valor energético de combustíveis, fertilizantes e maquinária. O sistema de produção que utiliza máquinas e insumos em larga escala tem balanço energético próximo a zero,

pois a energia produzida equivale à consumida nos processos agrícola e industrial. A utilização de resíduos da cultura (bagaço) na fase industrial diminui sensivelmente o gasto energético (Hopkinson Junior & Day Junior 1980), não só em cana-de-açúcar, mas também em mandioca e sorgo sacarina (Silva et al. 1976). Também a diminuição do consumo energético da fase agrícola afeta de maneira sensível o balanço energético, como quando se compara a cultura da cana-de-açúcar no Havai (Heichel 1976) e em São Paulo (Silva et al. 1978).

A comparação de sistemas de cultivo em diferentes locais torna-se um pouco difícil quando as condições de clima e solo e a produtividade de cada região são diversas. Para melhor estimar o custo energético entre áreas com e sem mecanização e diminuir a interação com o clima, genótipos e métodos de cultivo, procurou-se uniformizar os dois primeiros fatores.

Uma situação peculiar de lavoura de cana-de-açúcar é encontrada no município de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, na zona litorânea, junto à AGASA - Açúcar Gaúcho S.A.

¹ Aceito para publicação em 20 de dezembro de 1985.

² Prof. - Titular, Dep. de Fitot. UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001 Porto Alegre. Pesquisador do CNPq.

³ Aluno do Curso de Agronomia da UFRGS. Bolsista da PROPEP/UFRGS.

⁴ Profa. - Adjunta, Dep. de Estat. da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91500 Porto Alegre, RS. Pesquisadora do CNPq.

A usina de processamento de cana-de-açúcar está situada exatamente no limite entre a zona de pequenas propriedades que utilizam alguns insumos e somente tração animal, e a zona de propriedades maiores que utilizam mais insumos e tração mecânica. As condições climáticas variam pouco, pois ambos os tipos de propriedades estão situados num raio de, aproximadamente, 50 km da usina. As pequenas propriedades estão situadas em zonas mais altas, com bastante declividade, e as grandes propriedades, em zonas planas, de várzeas. A ausência de tração mecânica nas áreas de pequenas propriedades, com declividade, vem a ser compensada pelo trabalho animal e pelo trabalho do homem.

A força humana tem pouca representatividade nos custos energéticos de lavoura mecanizada. Hopkinson Junior & Day Junior (1980) estimam os gastos em 0,3% do total para lavouras da Louisiana (EUA) e Silva et al. (1978) em 2,96% para lavouras de São Paulo. Um incremento da utilização do trabalho manual poderá vir a beneficiar o balanço energético, pois substitui a onerosa tração mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de condução das lavouras e maquinário foram levantados junto à AGASA - Açúcar Gaúcho S.A., no município de Santo Antônio da Patrulha, RS, levando-se em conta o sistema de cultivo empregado e insumos utilizados, na média, pelos agricultores que vendem a cana-de-açúcar àquela Empresa.

Cada tipo de lavoura de cana-de-açúcar foi estimada com três anos de duração: cana-planta, no primeiro ano; soca, no segundo ano; e ressoça, no terceiro ano. Em cada ano, para cada lavoura, foram computados os recursos utilizados e as operações de preparo do solo, plantio, tratamentos culturais e colheita.

Custos de energia

Energia - O custo energético das operações agrícolas foi calculado com base no gasto de energia na fabricação dos insumos (adubos), no desgaste das máquinas empregadas, no valor energético produzido pelos combustíveis e no gasto de energia observado no trabalho humano.

Os valores adotados foram os seguintes:

Trabalho humano:

1. Operário = 0,544 Mcal/hora de trabalho (Pimentel et al. 1973).
2. Insumos (Pimentel et al. 1973).
Calcário = 100 Mcal/t.

Nitrogênio = 18,52 Mcal/kg.
Fósforo = 3,35 Mcal/kg.
Potássio = 2,31 Mcal/kg.
Herbicida = 24,25 Mcal/kg.
Inseticida = 24,25 Mcal/kg.
Óleo diesel = 8,454 Mcal/litro.

3. Maquinário.

O maquinário utilizado na condução da lavoura (tratores, caminhões e equipamentos) tem custo energético de produção estimado em 25.000 Mcal/t de equipamento (Pimentel et al. 1973). Considera-se uma média de 0,2 t/ha de equipamento para a área de cana-planta e 2/3 deste valor para as áreas de soca e ressoça.

Consumo de combustível das máquinas - As máquinas utilizadas e o seu consumo de combustível, na média das operações são as seguintes:

Trator de 65 HP - consumo de 6 litros de óleo diesel/h.
Trator de 95 HP - consumo de 13 litros de óleo diesel/h.
Caminhão de 130 HP - roda 4 km/litro de óleo diesel.

Operações de lavoura

Obtenção de mudas para cana-planta - A instalação da lavoura exige a quantidade de 8 t/ha de mudas. Para a obtenção destas mudas na lavoura mecanizada, são necessárias as seguintes operações: corte (3 t/dia/homem) carregamento do caminhão (30 min, 3 homens e 1 carregadeira de 65 HP), transporte com caminhão de 130 HP e descarregamento do caminhão (40 min).

A mão-de-obra necessária é a seguinte:

Corte - 3,33 hh/t por 8 t = 26,64 hh (hh = homem/hora).
Carregamento de mudas - 0,25 hh/t - por 8 t = 2 hh.
Descarregamento de mudas = 0,11 hh/t - por 8 t = 0,88 hh.
Motorista/caminhão = 1,8 t/hh - por 8 t = 4,4 hh.

Para lavoura não-mecanizada, só há o custo energético do corte estimado em 2 hh/t ou 16 hh/8 t. O custo de operação de transporte de mudas é desprezível, pois a lavoura de muda situa-se geralmente, ao lado da lavoura a ser instalada.

Preparo do solo e plantio - As operações de preparo do solo e aplicação de corretivo na área mecanizada e de cana-planta consistem de uma aração (6 h/ha, com trator de 95 HP, 1 operário), uma gradagem (4 h/ha com trator de 95 HP, 1 operário), uma aplicação de calcário (2 h/ha, trator de 65 HP, 1 operário) e uma operação de nivelamento (2 h/ha, trator de 95 HP, 1 operário).

A operação de preparo do solo da lavoura não-mecanizada consiste da aração a tração animal, com tempo de 80 h/ha.

O plantio e a adubação na área mecanizada feitos com plantadeira exigem 1,5 h de um trator de 95 HP e 1,5 h de um trator de 65 HP, num total de 84,6 hh. Manualmente, exige-se a abertura de sulcos e a colocação de mudas e adubo, o que é feito com 115 hh de trabalho por ha.

Na área mecanizada, colocam-se, para a cana-planta, calcário (3 t/ha), nitrogênio (85 kg/ha, em duas aplicações), fósforo (153 kg/ha) e potássio (81 kg/ha).

Na área não-mecanizada, utilizam-se as seguintes quantidades de adubos no plantio novo: nitrogênio (77 kg/ha), fósforo (90 kg/ha) e potássio (45 kg/ha).

Na soca e/ou ressoça, na lavoura mecanizada, são aplicados nitrogênio (81 kg/ha), fósforo (72 kg/ha) e potássio (36 kg/ha). Já a soca ou ressoça da área não-mecanizada recebe nitrogênio (74 kg/ha), fósforo (72 kg/ha) e potássio (36 kg/ha).

Tratos culturais - Os tratos culturais feitos na lavoura mecanizada e cana-planta são os seguintes: adubação de cobertura (3 hh/ha com trator de 65 HP em 1,5 h), aplicação de 3 kg/ha de herbicida (3 hh/ha com trator de 65 HP em 1,5 h), distribuição de vinhoto (8,5 h/ha de um caminhão que percorre 60 km). Para a lavoura não-mecanizada há apenas a capina, que toma 350 hh/ha.

Na soca ou ressoça as operações são as seguintes: nivelamento (2 h/ha com trator de 95 HP e 2 hh/ha), cultivo e adubação (1,5 h/ha com trator de 95 HP e 1,5 hh/ha), aplicação de herbicida (1,5 h/ha com trator de 65 HP e 3 hh/ha e aplicação de vinhoto (8,5 hh/ha). Na lavoura não-mecanizada há a lavra para adubação e capina, num total de 260 hh/ha.

Colheita e transporte - O corte é feito com trabalho humano na área mecanizada (2 hh/t de cana). Já o carregamento é feito com carregadeira de 65 HP, que carrega a produção de 1 ha de cana-planta (90 t) em 3 h 30 min. No caso da soca (60 t/ha), o tempo despendido pela carregadeira é de 2 h 30 min/ha, e na ressoça (50 t/ha), de 2 h/ha.

Na lavoura não-mecanizada, com as mesmas produções da outra área, o corte e carregamento é feito manualmente, dispendendo-se 7 hh/t de cana.

O transporte é feito na distância média de 30 km, utilizando-se um caminhão de 130 HP, que leva 9 t de cana por viagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo do custo energético das lavouras em comparação foi subdividido nos seguintes itens: insumos (Tabela 1), mão-de-obra (Tabela 2) e combustíveis (Tabela 3).

Os insumos representam 37,6% do custo total de energia da lavoura mecanizada e 51,3% da lavoura não-mecanizada (Tabela 1). Os insumos são o segundo item de maior consumo de energia na lavoura mecanizada e o primeiro item na lavoura não-mecanizada. Os insumos mais onerosos são o adubo nitrogenado e o adubo fosfatado, em um ou outro tipo de lavoura (Tabela 1). Ambas têm um uso elevado de insumos, sendo um pouco menor na lavoura não-mecanizada. A lavoura mecanizada, objeto deste trabalho, se diferencia das lavouras estudadas por Silva et al. (1978), em São

Paulo, pelo maior uso de insumos. São usados, na cana-planta, em maior quantidade, nitrogênio (85 vs 65 kg/ha), fósforo (153 vs 100 kg/ha) e combustíveis. Se, no entanto, compararmos os dados obtidos com os cálculos por Hopkinson Junior & Day Junior (1980), observamos um paralelismo maior, especialmente no nitrogênio, embora o consumo de combustível continue ainda sendo maior. Esta comparação mostra a necessidade do estudo detalhado da formulação correta da adubação visando o uso complementar dos efluentes da destilaria (vinhoto). Os insumos tem uma redução sensível na soca e ressoça, em comparação com o plantio novo na área mecanizada. Eles permanecem quase no mesmo valor na área não-mecanizada, em função dos cortes (Tabela 1).

O uso de máquinas é o item que diferencia os dois tipos de lavoura. O único uso mecanizado nas pequenas propriedades é o caminhão, que transporta a cana colhida para a usina. Na área mecanizada, o custo energético das máquinas é o terceiro item mais oneroso, representando 6,8% na média de três anos (Tabela 4) e sendo mais intensa a sua utilização no primeiro ano. A proporção do gasto energético com máquinas é inferior ao calculado em São Paulo (Silva et al. 1976) e em Louisiana, Estados Unidos (Hopkinson Junior & Day Junior 1980).

Decorrente do uso de máquinas é o consumo de combustível que é 3,12 vezes maior na lavoura mecanizada (Tabela 4) em relação à não-mecanizada. O custo de energia de óleo diesel é extremamente alto, sendo o combustível o principal item no balanço energético geral da lavoura mecanizada (Tabela 4). O maior consumo de óleo dá-se no preparo do solo e plantio, quando da instalação da lavoura (Tabela 3). O segundo item é o transporte da cana à usina, que equivale, aproximadamente ao gasto em tratos culturais, tanto na soca como na ressoça (Tabela 3). Máquinas e combustíveis totalizam 9.476,8 Mcal (ou 55,3%) na soma de três anos em lavoura mecanizada versus 3.163,0 Mcal (ou 31,3%) no outro tipo, com diferença de 6.313,8 Mcal.

Em comparação com estes valores, a mão-de-obra exige somente 365,1 Mcal (mecanizado) contra 1.353,4 Mcal (não-mecanizado), com diferença de 988,3 Mcal (Tabela 4). Obviamente, a mão-de-obra sofre um considerável incremento na la-

TABELA 1. Utilização de insumos por hectare na cana-planta, soca e ressoca, em dois tipos de lavoura de cana-de-açúcar, Santo Antônio da Patrulha, RS, 1983.

Insumo	Lavoura mecanizada						Lavoura não-mecanizada						
	Quantidade			Custo energético (Mcal)			Quantidade			Custo energético (Mcal)			
	Cana-planta	Soca/ressoca (%)	Cana-planta (%)	Soca/ressoca (%)	Cana-planta (%)	Soca/ressoca (%)	Cana-planta	Soca/ressoca	Cana-planta (%)	Soca/ressoca (%)	Soca/ressoca (%)		
Calcário	3 t	-	300,0 (11,3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrogênio	85 kg	81 kg	1.574,2 (59,5)	1.500,1 (79,1)	77 kg	74 kg	1.426,0 (77,8)	1.370,5 (80,9)					
Fósforo	153 kg	72 kg	512,5 (19,4)	241,2 (12,7)	90 kg	72 kg	301,5 (16,5)	241,2 (14,2)					
Potássio	81 kg	36 kg	187,1 (7,1)	83,2 (4,4)	45 kg	36 kg	104,0 (5,7)	83,2 (4,9)					
Herbicida	3 kg	3 kg	72,7 (2,7)	72,7 (3,8)	-	-	-	-					
Total	-	-	2.646,5 (100)	1.897,2 (100)	-	-	1.831,5 (100)	1.694,9 (100)					

Fonte: Os dados de quantias de insumos, mão-de-obra e operações agrícolas foram coletados junto à AGASA - Açúcar Gaúcho S.A., em Santo Antônio da Patrulha, RS.

TABELA 2. Utilização de mão-de-obra por hectare na cana-planta, soca e ressoca, em dois tipos de lavoura de cana-de-açúcar, Santo Antônio da Patrulha, 1983.

Operação	Lavoura mecanizada						Lavoura não-mecanizada					
	Horas/homem			Custo energético (Mcal)			Horas/homem			Custo energético (Mcal)		
	Cana-planta	Soca	Ressoca	Cana-planta	Soca	Ressoca	Cana-planta	Soca	Ressoca	Cana-planta	Soca	Ressoca
Obtenção de mudas	30,0	-	-	16,32	-	-	16,0	-	-	8,70	-	-
Preparo do solo e incorporação de calcário	14,0	-	-	7,62	-	-	80,0	-	-	43,52	-	-
Plantio	84,5	-	-	45,97	-	-	115,0	-	-	62,56	-	-
Tratos culturais	14,5	15,0	15,0	7,88	8,16	8,16	350,0	260,0	260,0	190,40	141,44	141,44
Colheita e corte*	180,0	120,0	100,0	97,92	65,28	54,40	600,0	400,0	333,0	326,40	217,60	181,15
Colheita-carregamento	10,5	7,5	6,0	5,71	4,08	3,26	-	-	-	-	-	-
Motorista-caminhão	33,5	22,0	18,5	18,22	11,97	10,06	33,5	22,0	18,5	18,22	11,97	10,06
Total	367,0	164,5	139,5	199,64	89,49	75,88	1.194,5	682,0	611,5	649,80	371,01	332,65

* Na área não-mecanizada: inclui-se, neste total, o corte e carregamento.

TABELA 3. Consumo de combustível por hectare em dois tipos de lavouras de cana-de-açúcar, Santo Antônio da Patrulha, 1983.

Operação	Óleo diesel (litro)	Custo energético (Mcal)
Lavoura mecanizada		
1. Cana-planta		
Preparo do solo	228,0	1.927,51
Aplicação de calcário	26,0	219,80
Obtenção de mudas	6,5	54,95
Plantio e adubação	48,0	405,79
Tratos culturais	69,0	583,32
Colheita	150,0	1.268,10
Total	527,5	4.459,40
2. Soca		
Tratos culturais	116,0	980,66
Colheita	122,5	1.035,60
Total	238,5	2.016,30
3. Ressoca		
Tratos culturais	116,0	980,66
Colheita	101,0	853,8
Total	217,0	1.834,5
Lavoura não-mecanizada		
Transporte por caminhão		
Cana-planta	150	1.268,1
Soca	90	760,9
Ressoca	75	634,0

Fonte: os dados de quantias de insumos, mão-de-obra e operações agrícolas foram coletados junto à AGASA - Açúcar Gaúcho S.A., em Santo Antônio da Patrulha, RS.

voura não-mecanizada, mas isto não se reflete de maneira tão sensível no gasto energético total (Tabelas 2 e 4). Em ambas as lavouras, a colheita é a operação que mais exige mão-de-obra, pois o corte é, todo ele, feito manualmente (Tabela 2). Na área não-mecanizada, a exigência de mão-de-obra é grande na operação de tratos culturais que são efetuadas mecanicamente na lavoura de grandes propriedades (Tabela 2).

No cálculo do gasto energético total da lavoura de cana-planta, o custo energético da produção de mudas foi estimado em 10% do custo da lavoura (Tabela 4).

Comparando-se os custos das duas lavouras, observa-se que o sistema de cultivo que emprega

o trabalho manual ao invés de máquinas reduz sensivelmente o gasto energético, especialmente pela redução dos combustíveis (maior produção), dos adubos e do custo em energia das máquinas. A redução global é de 6.977,4 Mcal/ha na soma de três anos de cultura.

Dentro destes valores globais, a economia energética proporcionada pelo trabalho manual em relação ao mecanizado é pequena, se comparada às duas lavouras. Ela, no entanto, mostra que os altos gastos de adubos minerais e combustível devem ser reduzidos na área mecanizada, a fim de se obter o maior saldo energético na produção de álcool. Geralmente, os cálculos do balanço energético da cana-de-açúcar têm tido saldo positivo, como os

TABELA 4. Gasto energético (Mcal/ha) da produção da cana-de-açúcar com dois tipos de lavouras, Santo Antônio da Patrulha, 1983.

Item	Cana-planta		Soca		Ressoca		Total	
	Mecanizada (%)	Não-mecanizada (%)						
Máquinas	500,0 (5,8)	166,7* (3,8)	333,3 (7,7)	166,7* (5,6)	333,3 (8,1)	166,7* (5,9)	1.166,6 (6,8)	500,0 (4,9)
Combustível	4.459,4 (51,4)	1.268,1* (2,2)	2.016,3 (46,5)	760,9* (25,4)	1.834,0 (44,3)	634,0* (22,4)	8.310,2 (48,5)	2.663,0 (26,2)
Mão-de-obra	199,7 (2,3)	649,8 (14,9)	89,5 (2,1)	371,0 (12,4)	75,9 (1,8)	332,6 (11,8)	365,1 (2,1)	1.353,3 (13,3)
Insumos	2.646,5 (30,5)	1.831,5 (42,1)	1.897,2 (43,7)	1.694,9 (56,6)	1.897,2 (45,8)	1.694,9 (59,9)	6.440,9 (37,6)	5.221,3 (51,3)
Mudas**	867,3 (10,0)	435,1 (10,0)	-	-	-	-	867,3 (5,0)	435,1 (4,3)
Total	8.672,9	4.351,2 (100)	4.336,3	2.993,5 (100)	4.140,9	2.828,2	17.150,1 (100)	10.172,7 (100)

* Refere-se aos caminhões que transportam a cana da lavoura até a destilaria.

** O custo energético da produção da lavoura de muda foi calculado em 10% do total.

feitos por Silva et al. (1978). Eles estimaram um saldo energético de 21.345 Mcal/ha/ano ou 1,43 vez o total de energia consumida, considerando-se o uso do bagaço, cujo valor quase equivale ao do álcool obtido. Quando o bagaço não foi computado, o valor energético do álcool (18.747 Mcal/ha) ainda foi superior, embora em menor grau, ao gasto dispendido (14.952 Mcal/ha), sendo a fase agrícola (4.138 Mcal/ha) a metade da fase industrial (10.814 Mcal/ha).

Quando não há resíduos da cultura para serem utilizados para suprir as necessidades energéticas do processo industrial, o saldo energético aproxima-se de zero. É o caso dos balanços energéticos para a obtenção de álcool a partir de mandioca (Silva et al. 1978) ou de grãos de milho (Chambers et al. 1979).

Estas variações nos sistemas de obtenção da matéria-prima devem ser considerados com muita atenção, quando a mecanização vai ser utilizada em larga escala, pois máquinas e combustível têm peso substancial no balanço energético total.

CONCLUSÕES

1. Na produção de álcool, o custo energético da fase agrícola (inferior ao da fase industrial) é substancialmente menor em lavouras não-mecanizadas do que em lavouras mecanizadas.

2. Os adubos minerais e o combustível tem um peso substancial no gasto energético das lavouras mecanizadas.

3. O custo energético da mão-de-obra é superior na lavoura não-mecanizada, mas não representa uma grande fração do custo total.

4. O maior custo energético se dá na cana-planta reduzindo sensivelmente na soca e rressoca.

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro Agrônomo Alceu Dimmer e à Açúcar Gaúcho S.A. (AGASA) os agradecimentos pelas informações fornecidas que puderam viabilizar a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CHAMBERS, R.S.; HERENDEEN, R.A.; JOYCE, J.J. & PENNER, P.S. Gasohol: does it or doesn't it produce positive net energy? *Science*, 206:789-95, 1979.
- HEICHEL, G.H. Agricultural production and energy resources. *Am. Sci.*, 64:64-72, 1976.
- HOPKINSON JUNIOR, C.S. & DAY JUNIOR, J.W. Net energy analysis of alcohol production from sugar cane. *Science*, 207:302-4, 1980.
- PIMENTEL, D.; HURD, L.E.; BELOTTI, A.C.; FORSTER, M.J.; OKA, I.N.; SHOLES, O.D. & WHITMAN, R.J. Food production and the energy crisis. *Science*, 182:443-9, 1973.
- SILVA, J.G. da; SERRA, G.E.; MOREIRA, J.R. & GONÇALVES, J.C. Balanço energético cultural da produção de álcool etílico da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino; fase agrícola e industrial. *Brasil açuc.*; 6:452-65, 1976.
- SILVA, J.G. da; SERRA, G.E.; MOREIRA, J.R.; GONÇALVES, J.C. & GOLDENBERG, J. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science*, 201:903-6, 1978.