

A industrialização do álcool brasileiro em usinas de pequena escala de produção — Uma avaliação econômica

Níbio Milagres Teixeira*
Francisco G.T.C.B. Filho*
Edwin O. Finch*
José Maria Gusman Ferraz*
João Carlos Garcia*

INTRODUÇÃO

Produtores agrícolas e homens de negócios em todo o mundo podem tomar parte hoje num dos mais interessantes processos da nova década. Estamos em meio a uma transição de uma economia que é estritamente dependente de petróleo para uma economia de fontes alternativas de combustíveis líquidos. Governos de países diversos têm anunciado programas que vão estimular os investimentos conjuntos que deverão ser realizados para um futuro energético mais seguro.

Estão sendo criados novos mercados para os agricultores, mais oportunidades de utilização do cientista agrícola e da mão-de-obra rural, ao mesmo tempo em que se racionaliza o desperdício de restos culturais, e materiais de reciclagem que passam a ser considerados lucrativos.

A CRISE ENERGÉTICA E A SOLUÇÃO BRASILEIRA

A natureza da crise nos anos 70 exige soluções de caráter geral e permanente. Algumas soluções poderão ter caráter puramente local e regional, na dependência da vastidão territorial do país e da sua posição geográfica. Por outro lado, algumas soluções adotadas no futuro pelos países desenvolvidos poderão ser igualmente aplicadas pelo Brasil.

As medidas governamentais relacionadas com a limitação de velocidade nas estradas, a um máximo de 80 km/hora, foram uma solução que elevou a taxa de eficiência da transformação e poupança no consumo de gasolina que, de 16,86 bilhões de litros em 1975, passou a 14,54 bilhões de litros em 1976 com redução de 20% em 1 ano.

O combustível agrícola ou biomassa contribui com aproximadamente 31% com perspectiva de ultrapassar os 50% da demanda em 1990. Deverá ser promovida a ocupação de cerca de 20 milhões de hectares de solos de baixo nível de fertilidade, cuja utilização com lavouras seria menos indicada. Acima de 1,0 milhão de empregos diretos serão gerados pelo setor agrícola e mais de 600.000 empregos pelo processamento industrial. Por outro lado, deverá ser acelerada a

ampliação da indústria nacional de equipamentos e de bens de capital.

A produção de etanol permitirá manter inalterada toda a infra-estrutura de transporte rodoviário e a indústria automobilística, além de proporcionar o aumento da oferta de empregos no meio rural e a possibilidade de todo o seu desenvolvimento poder ser feito com recursos nacionais, sem implicar dispêndios de divisas.

A situação brasileira de demanda de energia evoluiu na utilização de petróleo barato na década de 60 a 2 dólares/barril para 42 US\$/barril.

O Brasil hoje processa menos de 1 milhão de barris de óleo cru por dia, craqueando-os em 30% de óleo combustível, 28% de gasolina e 25% de óleo diesel. Em 1980 foram produzidos 4 milhões de m³ de etanol, empregando cerca de 1,2 milhão de hectares de canaviais. A Nação dispendeu mais do que US\$ 10 bilhões para suas importações de petróleo em 1980, o que representava 50% da receita de exportação. A gasolina deve custar cerca de US\$ 45 por barril na refinaria, enquanto que o etanol anidro tem sido exportado à base de US\$ 68 por barril FOB.

O preço atual para o consumidor no Brasil é US\$ 0.77 por litro de gasolina e US\$ 0.47 por litro de etanol hidratado.

Para manter os níveis atuais de consumo diário em 1 milhão de barris/dia o País importou até 700 mil barris/dia, provocando elevado crescimento do déficit financeiro. Assim, de uma despesa de 400 milhões de dólares em 1972, passou-se a um gasto da ordem de 11 bilhões de dólares em 1981. Tais mudanças se refletiram no aumento do nível geral dos preços, pelo fenômeno de "inflação de custos importados".

A inflação que se situava a níveis de 15% em 1973 voltou a crescer para níveis de 110% em 1981.

De acordo com o Balanço Energético Nacional realizado pelo Ministério das Minas e Energia, espera-se que em 1981, o petróleo ainda continue como importante fonte de energia, embora reduzindo sua participação de 42.4% em 1978 para 34.2% em 1987. A energia hidráulica, continuando seu crescimento, deverá chegar a 34.8%, assumindo importância maior que a do petróleo.

Macroeconomia da crise

A solução proveniente do setor agrícola apresenta amplo potencial como se pode constatar nos resultados do censo de 1980:

Dentre todas as contribuições que o setor agropecuário vai oferecer para a solução da crise, o etanol ou álcool etílico se constitui na mais importante.

O Quadro I apresenta alguns valores da contabilidade brasileira em que se observa maior influência da conjuntura internacional de energia.

Na safra 80/81, a área plantada com cana-de-açúcar foi de 2,5 milhões de hectares, em todo o território nacional da qual se espera colher uma produção da

CENSO DE 1980

Área agrícola	360 milhões de ha
Nº de proprietários	5 milhões
Área de lavoura	45 milhões de ha (12%)
Área de pastagens	180 milhões de ha
Área inaproveitável	12 milhões de ha
Área produtiva ociosa	23 milhões de ha
Área de cerrados	280 milhões de ha
(aráveis)	120 milhões de ha
Lavouras: milho	12 milhões de ha com 22 milhões de t
soja	8 milhões de ha com 15 milhões de t
cana	2,5 milhões de ha com 150 milhões de t
trigo	3 milhões de ha com 3,5 milhões de t
feijão	4 milhões de ha com 2 milhões de t
arroz	5,5 milhões de ha com 9 milhões de t
café	2,0 milhões de t (33 milhões de sacos)
mandioca	2,2 milhões de t em 110 mil ha

ordem de 142 milhões de toneladas. A meta do Governo é produzir em 1985 um total de 10,7 bilhões de litros de álcool, sendo 6 bilhões pelas destilarias autônomas e 4,7 bilhões pelas anexas. Para se obter o volume de produção das destilarias autônomas, serão necessários 89,5 milhões de toneladas de cana, exigindo-se uma área de 1,86 milhão de hectares. É preciso, para isso a renovação anual de 373 mil hectares (1,49 milhão serão colhidos, calculando-se uma produção média de 60 toneladas por hectare).

O País obteve em 1981 um preço médio de US\$ 528.53/t para o seu açúcar exportado e faturou US\$ 1.15 bilhão com as 976.076 toneladas exportadas.

O álcool tem o preço mínimo de exportação estabelecido pelo IAA em US\$ 61,00/barril.

O plano da safra 1981/82, divulgado no final de maio de 1981, previu uma produção de 8,2 milhões de t de açúcar e 4,3 bilhões de litros de álcool.

Para que este resultado fosse alcançado, seria necessário efetivar o corte de aproximadamente 160 milhões de toneladas de cana, o que exigiria um acréscimo da produtividade agrícola, em relação aos 2,6 milhões de hectares registrados na última safra. A produtividade de açúcar está em torno de 90 kg/t de cana, enquanto no álcool se obtém 60 litros por tonelada cortada.

O transporte rural e urbano com motores a álcool

O Brasil possui uma frota de 8,5 milhões de carros, dos quais 450 mil são movidos a etanol hidratado (Quadro II).

Estes dados foram calculados pelo Ministério dos Transportes, que estimou o volume de álcool a ser con-

QUADRO I

CONTABILIDADE BRASILEIRA NA CRISE ENERGÉTICA DOS ANOS 70

Item	Unidades	Anos		
		1974	1980	Δ%
Consumo de gasolina	Bilhões de litros	14.09	14.06	(—)
Consumo de óleo diesel	Bilhões de litros	10.66	18.91	(+)
Consumo de álcool	Bilhões de litros	0.19	4.30	(+)
Açúcar produzido	Milhões de toneladas	6.68	8.20	(+)
Cana moída	Milhões de toneladas	79,59	142,00	(+)
Exportação de açúcar	Milhões de toneladas	2,30	0,79	(—)
Redução de exportação de açúcar para mistura álcool/gasolina	Milhões de toneladas	2,00	1,33	(—)
Receita de exportação de açúcar	Bilhões de dólares	1,33	1,15	(—)
Gasto com importação de petróleo	Bilhões de dólares	2,80	9,40	(+)
Sacrifício em divisas para pagamento do petróleo	Milhões de dólares	—	704,94	(n.d.)
Saldo comercial	Bilhões de dólares	—4,69	—2,83	(+)

Fontes: FGV — Agroanalysis e Conjuntura Econômica
Instituto do Açúcar e do Alcool
n.d. — Não disponível

sumido em 1985, com base na produção de 1.930.000 veículos novos movidos exclusivamente a etanol que, somados aos 570.000 veículos convertidos, corresponderiam a 25% do total da Frota, sendo que o restante consumiria gasolina com 20% de etanol. Os investimentos calculados para tal produção de álcool serão da ordem de 6,3 bilhões de dólares.

Para promover a venda de carros a álcool, o Governo ofereceu as seguintes vantagens: (a) postos de serviços abertos aos sábados; (b) etanol 61% mais barato do que a gasolina; (c) vantagens financeiras (36 meses de crédito na compra contra 12 meses para os carros movidos a gasolina, taxa rodoviária menor, etc...)

No Brasil, o início do uso do álcool etílico como combustível foi na década de 20. As primeiras experiências datam de 1923, usando mistura com 65% de etanol. Depois de superados os efeitos da Grande Depressão de 1929, diminuíram os interesses no álcool motor, visto que a gasolina voltava a ser disponível a baixos preços. Contudo, com a Segunda Guerra Mundial, voltou o interesse pelo álcool etílico como combustível devido aos problemas de comércio internacional da gasolina. Em 1942-1943, o Brasil produziu 151 milhões de litros de álcool etílico, dos quais 76 milhões de anidro para mistura à gasolina.

Estudos recentes do Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA) indicam que, se a porcentagem do álcool não ultrapassar 20%, não haverá necessidade de modificações nos motores existentes para gasolina. Nesse caso de adição à gasolina, o álcool deve ser anidro, pois a presença de 1% de água provocará a separação álcool-gasolina.

O limite de 20% é devido ao fato de que a relação combustível/ar é diferente para a gasolina e para o etanol. Para o primeiro é de 1:15 enquanto que para o segundo 1:9. Em misturas com 50% de álcool, sem adaptação do carburador, o consumo de gasolina chega a ser igual ao que era antes da mistura, ou seja, perde-se todo o álcool.

O etanol possui um poder calorífico de 6.400 Kcal/kg, cerca de 60% menos que o da gasolina, de 10.500 Kcal/kg. Todavia, a potência desenvolvida pelo motor quase não depende do poder calorífico, sendo função do calor liberado na queima, da unidade de volume da mistura ar-combustível, que é o calor de combustão e de outras variáveis independentes do combustível co-

mo a cilindrada, a pressão de admissão e o avanço da ignição.

O álcool etílico possui duas outras características favoráveis em relação à gasolina para uso em motores a explosão. A primeira refere-se à sua alta octanagem e a segunda ao alto calor latente de vaporização. A alta octanagem, ou resistência à detonação, permite o uso do álcool em taxas de compressão de 9 a 10:1, podendo ir a 12:1, no caso do álcool retificado (96°GL), enquanto que a gasolina comum só permite o uso em taxas de 6 a 7:1. Maiores taxas de compressão proporcionariam maiores rendimentos térmicos do motor e, por consequência, maiores rendimentos globais.

Com isso, consegue-se aumentar o rendimento global de 27% para uma taxa de compressão de 6:1 para valores de 35% em taxa de 12:1. Desta forma, o efeito do poder calorífico do combustível sobre seu consumo específico (ou seja, o consumo por unidade de potência) sofre a influência de rendimento global, uma vez que o consumo específico é inversamente proporcional ao produto do rendimento global pelo poder calorífico. Com isso, o álcool não tem um consumo específico 60% maior que a gasolina mas 25% maior, em termos teóricos.

Por outro lado, o fato de o etanol ter um calor latente de vaporização, três vezes superior ao da gasolina, permite ao motor a álcool trabalhar com temperaturas mais baixas nos gases de admissão, o que aumenta sua densidade e, portanto, cresce a potência do motor.

Os dados experimentais do CTA apresentaram resultados mais favoráveis que os teóricos com regulagem para potência máxima. Conseguiu-se 20% mais potência e 19% mais consumo para os motores a álcool etílico, enquanto que, para regulagem para mínimo consumo, os motores a álcool apresentavam 6% mais potência e 5% mais consumo que os motores a gasolina.

No caso dos motores Diesel, a utilização do etanol deve ser feita sempre em adição ao óleo diesel. As modificações a serem realizadas são mais simples que as necessárias para os motores a gasolina.

Testes realizados sobre o desempenho de tratores a álcool, no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa, mostram que a equivalência álcool: diesel é de 1.65:1 em termos de consumo. Esse resultado leva a inferir que o uso do álcool só é econo-

QUADRO II

VEÍCULOS A ÁLCOOL EXISTENTES NO TRÂNSITO A PARTIR DE 1979

Mês	Ano	Veículos (mil unidades)			Consumo álcool hidr. mil m ³	Consumo médio litros/mês
		Novos	Adaptados	Acumulado		
	1979	4,6	5,0	9,6	—	—
Jan./Dez.	1980	258,6	33,9	292,6	429,2	533
Jan./Jun.	1981	121,8	12,8	427,2	673,5	306

micamente viável desde que o preço do álcool seja 61% do preço do diesel.

A tecnologia brasileira está sendo desenvolvida com vistas a um projeto de motor nacional para uso exclusivo com etanol. Um motor especialmente desenvolvido para explorar essas propriedades é muito mais aconselhável do que a simples adaptação dos motores existentes.

A Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo possui hoje mais de 250 veículos em experiência piloto na utilização do álcool aditivado no transporte coletivo. A linha de ônibus (Barueri-São Paulo da Viação Urubupungá) foi inaugurada em julho de 1979 e até maio de 1980 foram rodados 350.000 km, transportando 192.000 passageiros e com economia correspondente a 90.600 litros de óleo diesel.

Na utilização do álcool aditivado a bomba injetora apresentou pequenos problemas que já foram sanados, mas o bico injetor ficou limitado a uma vida de apenas 6 mil quilômetros.

Um veículo comercial consome entre 50 e 60 mil litros de combustível por ano; se tomarmos os 10.7 bilhões de litros que o Proálcool prevê para 1985 (e já existem dúvidas de que vamos atingir este nível) vamos descobrir que não darão para rodar 200 mil veículos. A frota brasileira atual é composta de mais de 1.5 milhão de veículos e motores movidos a diesel e em 1985 é esperado que o Brasil tenha de 15 a 16 milhões de veículos rodando. Já dispomos das informações necessárias para converter uma certa parcela da frota para utilizar o álcool aditivado. Junte-se a isso a possibilidade de craquear o petróleo nacional (10 bilhões de litros em 1980) em direção (41,6%) ao diesel e teremos coberto cerca de 65% da demanda de combustível.

Um dos aditivos utilizados no álcool é o dinitrato de dietilenoglicol (DNGEG), cuja rota química ou obtenção se inicia com o próprio álcool catalisado para formar eteno e óxido de eteno, que com o calor, ácido nítrico e sulfúrico geram o produto final.

O Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL)

O vasto setor agrícola, que no passado dependeu exclusivamente do sucesso de suas colheitas cafeeiras, diversificou o plantio no curso do último decênio.

Na esperança de reduzir em 20% as importações de petróleo, o Brasil planeja estar produzindo, por volta de 1985, cerca de 10 bilhões e 700 milhões de litros de álcool combustível extraído da cana-de-açúcar.

O País já possui 400 mil (Quadro II) veículos movidos exclusivamente a álcool e os cientistas estão pesquisando novas utilizações para o produto; aviões movidos a álcool, fogões, motocicletas, geradores rurais e motores de popa.

Reconhecendo a liderança mundial dos brasileiros no setor da tecnologia do álcool, delegações de países produtores de cana-de-açúcar acorreram ao Brasil. Destilarias brasileiras já estão em operação no Quênia, Argentina, Costa Rica, Panamá, México, Nigéria e Costa do Marfim. Nações do Sudeste Asiático já

manifestaram interesse não apenas na tecnologia do álcool mas também nas tentativas brasileiras de substituir o óleo diesel pelo óleo de palmeira.

Para o alcance da meta de 10.7 bilhões de litros de álcool em 1985 já foram analisados 390 projetos de destilarias, das quais 182 anexas a usinas de açúcar e 208 autônomas, o que nos permitirá um aumento de capacidade de produção de álcool da ordem de 8,2 bilhões de litros, que somados a das destilarias existentes antes do Proálcool eleva-se para 9,2 bilhões de litros, correspondendo a 86% da meta programada para 1985, quando, segundo as estimativas oficiais, o Brasil deveria estar consumindo cerca de 21 bilhões de litros de gasolina.

Isto significa uma apreciável poupança de divisas da ordem de 2 bilhões de dólares por ano.

Desde a sua criação em novembro de 1975, o Proálcool propiciou condições para um rápido incremento da produção de álcool no País, basicamente para o atendimento da política de combustíveis automotores na seguinte quantidade (Quadro III):

QUADRO III

PRODUÇÃO NACIONAL DE ÁLCOOL DESDE A CRIAÇÃO DO PROÁLCOOL

Safra	Produção de álcool (m ³)	Acréscimo (%)
1975/76	555.627	
1976/77	664.022	19,5
1977/78	1.470.404	121,4
1978/79	2.490.603	69,4
1979/80	3.396.455	36,4
1980/81	3.702.060	9,0
1981/82*	4.300.000	16,1

* Estimativa. Safra iniciada em 15/04/81

Fonte: IAA/MIC

Ressaltou-se o fato de que em sua fase inicial, o Proálcool baseou-se fundamentalmente na produção em destilarias anexas à usina de açúcar, não só pela existência de parque industrial moderno e ampliado pelos Programas do IAA, como também pela disponibilidade da matéria-prima, que não poderia ser absorvida na produção de açúcar devido à retração verificada no mercado internacional do produto.

Com o iminente esgotamento da capacidade de expansão das usinas de açúcar e destilarias anexas, o Proálcool tende a manter o crescimento da produção em destilarias autônomas, inclusive com utilização de outras matérias-primas além da cana-de-açúcar. Tal fato já se evidencia nos projetos aprovados, que apresentaram uma distribuição conforme demonstrada no Quadro IV.

QUADRO IV

PROJETOS POR TIPO DE DESTILARIA
E POR REGIÃO DE PRODUÇÃO

Tipos	Nº de projetos	Capacidade
		nominal de produção (10 ⁶ l)
<u>Norte/ Nordeste</u>	<u>123</u>	<u>2.585,4</u>
Anexas	60	874,6
Autônomas	63	1710,8
<u>Centro/Sul</u>	<u>266</u>	<u>5509,6</u>
Anexas	122	2374,6
Autônomas	144	3135,0
<u>Brasil</u>	<u>389</u>	<u>8095,0</u>
Anexas	182	3249,2
Autônomas	207	4845,8

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool — MIC

Observa-se, portanto, que em ambas as regiões, as destilarias autônomas superam as anexas não só em número de projetos como em capacidade de produção acrescida, que representa hoje 60% do total do Proálcool.

Esta situação vem ocorrendo desde meados de 1980 e deveu-se, entre outros fatores, a:

- aumento da meta de produção para 10,7 bilhões de litros de álcool em 1985, demonstrando que o Proálcool está em grande expansão e é irreversível;
- assinatura de 2 protocolos entre o Governo, a Anfavea — Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores e as Associações de Retíficas de Motores, visando à colocação em circulação de 1.170.000 veículos movidos a álcool hidratado, até 1985, dos quais 900.000 de fábrica e 270.000 convertidos;
- política de manutenção de preços remunera-

dos para o álcool, com acompanhamento sistemático do processo;

- aprimoramento das linhas de financiamento dos projetos, com criação de condições especiais para cooperativas ou associação de pequenos produtores e maior prazo de carência para as autônomas.
- agilização da comercialização e retirada do álcool das destilarias autônomas. Um dos aspectos que deve ser salientado com grande incremento impresso à implantação de destilarias autônomas é a utilização de matérias-primas não tradicionais, isoladas ou em consórcio, para a produção de álcool, o que tende a aumentar com a pesquisa e desenvolvimento tecnológico que vem sendo conduzido para esse fim.

Os projetos aprovados pelo Programa têm-se concentrado na matéria-prima cana-de-açúcar, mas outras alternativas foram também contempladas (Quadro V).

QUADRO V

PARTICIPAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS NOS
PROJETOS DE DESTILARIAS AUTÔNOMAS

	Projetos		Capacidade na safra	
	%		10 ⁶ litros	%
Cana-de-açúcar	191	92,1	4.532,1	93,5
Aguardante	3	1,4	54,2	1,1
Cana e mandioca	1	0,4	12,0	0,2
Mandioca	11	5,3	235,5	4,9
Sorgo sacarino	1	0,4	3,0	0,1
Coco de babaçu	1	0,4	9,0	0,2
	207	100	4.845,8	100,0

Fonte: ALMEIDA Hugo, Brasil Açucareiro, Junho 1981.

Em termos de participação na produção efetiva de álcool, o Quadro VI mostra o comportamento das destilarias autônomas na evolução do Proálcool.

QUADRO VI

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM DESTILARIAS AUTÔNOMAS

Região	1976/77			1980/81		
	Produção total 1.000 l	Autônomas 1.000 l	Nº de Fábricas	Produção total 1.000 l	Autônomas 1.000 l	Nº de Fábricas
Norte/Nordeste	111.936	19.741	03	646.169	247.957	16
Centro/Sul	552.086	33.108	05	3.055.891	356.163	30
Brasil	664.022	52.849	08	3.702.060	604.120	46

N/NE = AM, PA, MA, PI, CE, RN, PB, PE, SE, AL, BA
C/SUL = ES, RJ, MG, SP, PR, SC, RS, MT, MS, GO

O que se evidencia é o aumento de uma participação de 8% na produção total pelas destilarias autônomas na safra 1976/77 para 16,3% na safra de 1980/81 com tendência a sobrepujar, a curto prazo, a produção das destilarias anexas.

Em conseqüência da descrença da opinião pública frente ao Programa Nacional de Alcool (Proálcool) o governo resolveu recentemente reorientar e esclarecer as diretrizes do Proálcool.

A meta de 10,7 bilhões de litros que seria atingida na safra 1985/86 ficará restrita a 8,5 bilhões de litros (147 mil barris/dia). A destinação provável seria a seguinte:

- 6,1 bilhões de litros de álcool hidratado para abastecer carros a álcool, novos ou adaptados;
- 3,1 bilhões de litros de álcool anidro para adição à gasolina, na proporção de até 20%;
- 1,5 bilhão de litros para álcool químico.

Em outras palavras, uma substituição de 170 mil barris equivalentes de petróleo.

Projetos prioritários

Serão considerados prioritários os projetos que propiciem, preferencialmente, o alcance dos seguintes objetivos:

- menor relação investimento/capacidade de produção;
- melhor utilização tecnológica e econômica de matérias-primas, que resulte na otimização dos processos agrícola e industrial;
- menor custo de adequação da infra-estrutura necessária à produção e utilização do álcool.

Serão também considerados relevantes os objetivos de confiabilidade de produção, desconcentração industrial e redução de desigualdades regionais de renda.

Com a introdução do Proálcool, diversas questões estão por se definir, a primeira delas diz respeito à capacidade de funcionamento pleno das destilarias. Isto porque, com a expansão do Programa, a oferta de matéria-prima passou a ser insuficiente para as exigências das novas destilarias. Para superar este problema, fazia-se necessário o plantio de viveiros para a reprodução de novos canaviais.

A análise econômica do etanol combustível deve se basear no conceito de custo oportunidade, ou no custo das opções de uso do recurso em questão.

Também a análise da competição entre a conversão requer consideração de um país para outro. No Brasil, a fonte principal é a cana-de-açúcar, nos Estados Unidos é o milho e, por conseguinte, os custos oportunidade podem ser bem diferentes.

A industrialização do álcool a partir do sorgo sacarino e cana-de-açúcar

A obtenção de álcool etílico a partir de biomassas é um processo industrial já há muito explorado pelo Homem. Basicamente se efetua a oxidação de hidratos de carbonos por meio de fermentação bacteriológica obtendo-se o vinho que por aquecimento se vaporiza e se condensa em álcool etílico.

Na administração de insumos escassos, os critérios de eficiência da industrialização passam a ser valorizados como objetivo social e econômico, tal que se requer a avaliação do índice de eficiência.

Índices de eficiência

O rendimento industrial de uma destilaria autônoma, expresso em litros de etanol por tonelada de cana esmagada pode ser expresso em:

$$R_i = E_i \times K \times Q_c$$

onde:

R_i = rendimento industrial, variável, entre 52 e 102 litros/ton.

E_i = eficiência industrial, variando entre 68 e 88%.

K = constante representada pela transformação técnica de sacarose/etanol, igual a 64,3 litros.

Q_c = qualidade industrial da cana, em termos de sacarose ou açúcares totais fermentáveis, que oscilam entre 120 e 180 kg/t.

A eficiência industrial (E_i) é um parâmetro inerente aos equipamentos e aos procedimentos, independente da qualidade industrial da matéria-prima e pode ser assim representado:

$$E_i = E_m \times E_f \times E_d$$

onde:

E_m = eficiência da moagem ou a taxa de extração do caldo ou dos açúcares presentes na cana com o equipamento convencional, entre 88 e 94%.

E_f = eficiência da fermentação ou a taxa de conversão em etanol dos açúcares do mosto, entre 88% e 99%.

E_d = eficiência da destilação ou recuperação do etanol presente no vinho, entre 90 e 95%.

Estudos de Rasovsky⁽⁶⁾ deixam evidente que os maiores ganhos, em termos de rendimento industrial, foram obtidos através da qualidade industrial (Q) da matéria-prima, antes que da eficiência industrial da destilaria.

Política de dimensionamento das unidades de produção

A simpatia que as grandes destilarias (120.000 litros/dia) despertam repousa aparentemente nas três razões abaixo descritas:

- a) asseguram, no mais curto prazo, as grandes metas de produção de etanol;

- b) oferecem maiores atrativos à implantação de indústrias subsidiárias, à base de subprodutos do etanol, face à abundância dos mesmos num só local;
- c) deverão beneficiar-se da escala de produção, com a conseqüente elevação dos níveis de eficiência e de produtividade e a equivalente redução dos custos unitários do produto acabado.

O motivo a) é compreensível tendo em vista a necessidade de se romper a inércia das destilarias em ociosidade e em baixa eficiência de operação. O argumento b) é contestável, tendo em vista a implantação de pólos alcooleiros à base de muitas pequenas destilarias. A razão apresentada em c) é absurda, considerando-se que a contribuição do equipamento mecânico, para elevar o rendimento industrial, é de no máximo 17,6%, enquanto a contribuição da matéria-prima, para o mesmo fim, é de 50%.

Uma das desvantagens apresentadas pelos grandes projetos, refere-se à tendência altista que tais projetos acarretam na área financeira. O volume de investimentos requeridos exige uma contrapartida bancária, no sentido de criar recursos financeiros para a continuidade de tais projetos. É bem provável que às taxas de juros vigentes no mercado, os grandes projetos se estabilizem nas gavetas dos agentes financeiros e que a produção real de combustível para movimentar os carros seja comprometida.

Enquanto os países desenvolvidos discutem tais aspectos do financiamento aos megalomaniacos, os produtores e cientistas dos países em desenvolvimento já partiram para soluções imediatas e talvez improvisadas, mas que, no curto e médio prazos, garantem movimentação interna e a produção agrícola de alimentos.

O Quadro VII demonstra algumas características técnicas de indústrias de pequena escala já construídas e em funcionamento, enquanto no Quadro VIII são mostrados os custos de produção em novembro de 1981 para os 3 diferentes tamanhos. As minidestilarias apresentam custo de produção menor, o que torna mais rentável a exploração e de maior eficiência econômica.

As microdestilarias, no modelo proposto, apresentam ociosidades que podem ser corrigidas com vistas ao aumento da eficiência econômica.

A decisão ou escolha de tamanho de exploração envolve componentes políticos e sociais. Se o objetivo é estritamente econômico, as minidestilarias serão recomendadas. Se os objetivos são do tipo social, isto é, se preconiza a criação de oportunidades de emprego e cooperativismo na exploração, os outros tamanhos passam a ser mais vantajosos.

A estrutura de custo em estudos anteriores (por exemplo Teixeira⁽¹²⁾) mostra que em sistema de produção agrícola própria, o álcool de cana-de-açúcar apre-

QUADRO VII

COEFICIENTES TÉCNICOS⁽¹⁾ DIFERENCIADOS PARA TAMANHOS DE DESTILARIA⁽²⁾

Descrição	Unidades	20.000 litros/dia	1.000 litros/dia	120 litros/dia
		Minidestilaria	Microdestilaria	Mini-Microdestilaria
Modelo	—	SICCT-São Paulo ⁽³⁾	EMBRAPA ⁽⁴⁾	ENGEL-São Paulo
Moenda	t/hora	7	2	0,25
Fermentação	m ³	160	20	3,0
Tanque de vinho	m ³	80	4,0	1,0
Produção em 300 dias	litros	6.000.000	300.000	36.000
Volume da coluna	m ³	80	4,7	2,1
Tanque de vinhaça	m ³	240	200	1,0
Tanque de álcool	litros	600.000	30.000	1,0
Caldeira	kg de vapor/hora	2.500	500	15,0
Mão-de-obra de manutenção	dias/homem	28	7	1
Consumo de energia elétrica	HP	70	32,7	8,17
Área de plantio requerida	hectares de:			
	cana	2.000	50	6,0
	sorgo	1.000	40	5,33

⁽¹⁾ Rendimento agrícola: 60 t de cana-de-açúcar/ha, 45 t de sorgo sacarino/ha.

⁽²⁾ Rendimento industrial: 60 l de álcool/l.

⁽³⁾ Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Subsídios para o Programa Nacional de Mini e Microdestilarias de Álcool Carburante em I Seminário Sobre Micro e Minidestilaria de Álcool. Setembro de 1981. São Paulo.

⁽⁴⁾ Baseado na Microdestilaria do CNPMS-EMBRAPA. Sete Lagoas, MG.

QUADRO VIII

COMPONENTES DO CUSTO* DE PRODUÇÃO DE ALCOOL EM 3 TAMANHOS DE EXPLORAÇÃO,
EM 300 DIAS DE OPERAÇÃO INDUSTRIAL

CUSTO POR TAMANHO DA INDÚSTRIA

Componentes de custo	20.000 litros/dia		1.000 litros/dia		120 litros/dia	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%
1) Equipamentos	65.000.000,00	—	6.455.000,00	—	630.000,00	—
2) Mão-de-obra	2.500.000,00	1,0	1.092.000,00	11,00	156.000,00	15,00
3) Manutenção [7,5% de 1)]	4.875.000,00	3,0	1.420.000,00	15,00	47.250,00	4,00
4) Matéria-prima/ano						
Cana (Cr\$ 1.702,00/t)	102.120.000,00	70,00	5.106.000,00	55,00	612.720,00	60,00
Sorgo (Cr\$ 806,84/t)	36.307.800,00	24,00	1.613.680,00	17,00	193.641,60	19,00
5) Total (2 + 3 + 4)	145.802.800,00	100,00	9.231.680,00	100,00	1.009.611,60	100,00
6) Custo por litro	24,30	—	30,77	—	28,04	—
7) Necessidades para 6,0 bilhões de litros (meta do Proálcool):						
Homens/dia	5.600	—	28.000	—	33.300	—
Unidades	200	—	4.000	—	33.300	—

* Não foi levado em consideração o custo do dinheiro (inflação) e/ou taxa de juros sobre empréstimos.

Fonte: Economia Rural, CNPMS-EMBRAPA

senta menor custo em litro industrializado (Cr\$ 11,36) do que o álcool de sorgo (Cr\$ 20,64). Em contrapartida, se a indústria paga a matéria-prima produzida por agricultores da região, o álcool de sorgo passa a ser mais vantajoso.

Os subprodutos

No estágio de desenvolvimento do programa do álcool, as principais restrições se concentram na escassez de alternativas atuais para utilização dos subprodutos. Embora não seja o objetivo deste estudo, há de se ressaltar as possibilidades apontadas na literatura.

Subproduto	Uso Alternativo
Vinhaça	Ração animal
	Biogás
	Biofertilizante
Bagaço	Combustível
	Produção de celulose
	Biogás
	Carvão
	Biofertilizante
	Etanol
	Produção de CO ₂ em casa de vegetação

Balanço energético cultural

O balanço energético cultural é a diferença entre a energia produzida inserida no produto acabado e a energia consumida na produção nos processos agrícola e industrial, nas diversas formas de insumos, equipamentos e força de trabalho.

Recentemente, Silva et alii⁽⁷⁾ estudaram o balanço energético cultural comparativo da cana, da mandioca e do sorgo sacarino para a produção de etanol.

Apoiados nas premissas em que o estudo referido foi fixado, os autores concluíram que para cada unidade de energia consumida na produção de etanol, a cana retorna 4.44 unidades, o sorgo 4.25 e a mandioca é a que menor retorno oferece, com apenas 3.28 unidades na hipótese da utilização total das partes aéreas.

Desenhos Industriais

A Figura 1 ilustra o fluxograma de funcionamento das mini e microdestilarias. A cana ou o sorgo são moídos na moenda de 2 ternos; o caldo é peneirado e bombeado para os tanques de caldo onde é aquecido a 35°C, através de borbotagem do vapor e suplementado com sulfato de amônio ou uréia e superfosfato triplo, transformando-se no mosto que vai ser descarregado nas dornas de fermentação e após 16 a 20 horas dará origem ao vinho. O vinho é descarregado num tanque, sendo daí bombeado para a coluna de destilação, onde

FIGURA 1

FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DAS MINI E MICRODESTILARIAS

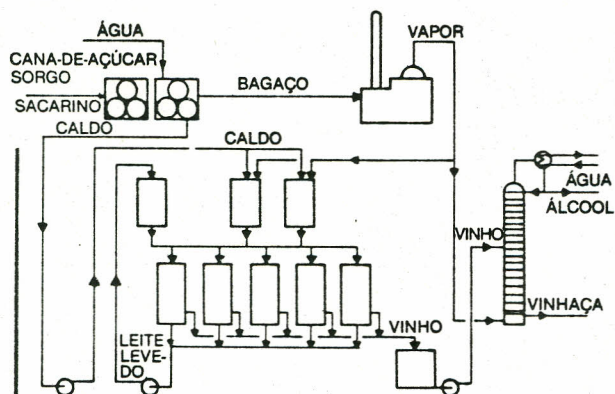
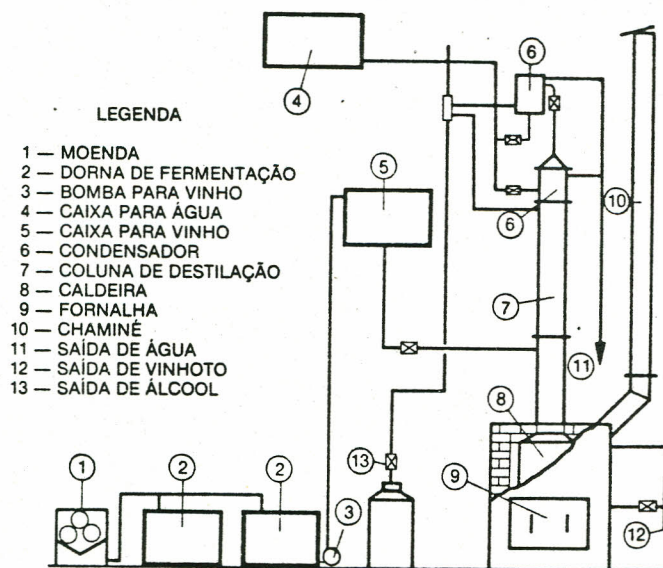


FIGURA 2

SIMPLICIDADE E BAIXO CUSTO NO DESENHO DAS MM-120



é feita a separação e a concentração do álcool nele contido.

Na Figura 2 são mostrados os equipamentos padrões da mini-microdestiladora de produção de 120 litros diários ou 5 litros/hora.

Essas destiladoras se assemelham às anteriores em relação aos itens de operação, mas nelas são feitas simplificações que permitem seu baixo custo de implantação. É eliminado um turno de moenda, as capacidades das dornas são menores e a caldeira é acoplada à coluna de destilação diretamente na fornalha.

O sorgo sacarino e a cana-de-açúcar na exploração do álcool

A orientação econômica do Governo em buscar soluções alternativas de produção de energia mobili-

zou a Embrapa, através do CNPMS, a iniciar em 1976 os estudos de viabilidade da utilização do sorgo sacarino para produção de álcool.

O sorgo é uma espécie pertencente à família da cana-de-açúcar, e que apresenta dentre outras as seguintes características:

- elevada eficiência fotossintética;
- ciclo produtivo relativamente curto (100 a 130 dias), possibilitando manejo mais adequado da área;
- condições favoráveis à mecanização;
- multiplicação por sementes;
- ampla adaptabilidade; e
- possibilidade de aproveitamento do bagaço como fonte de energia para o processo de industrialização e como ração animal.

O sorgo sacarino é similar à cana-de-açúcar no tocante ao processamento e utilização dos colmos que são moídos para a produção de caldo com um teor de açúcares totais variando entre 14 e 18%. Ele difere da cana pelo fato de produzir grãos que podem ser utilizados na alimentação animal, ou ser hidrolisados e sacarificados para a produção de álcool, apresentando nesse caso rendimentos da ordem de 35 litros de álcool por tonelada.

Dentre os cultivares experimentais que estão sendo avaliados, o CMSXS 616 tem apresentado rendimentos de colmos e de açúcares totais que o colocam em destaque. A variedade Wray, trabalhada no sentido de maior produtividade de álcool, apresentou um rendimento de 65 toneladas por hectare no plantio efetuado em dezembro de 1980.

A utilização do sorgo sacarino, como matéria-prima alternativa e complementar à cana-de-açúcar, tem sido a orientação atual a fim de ampliar o período de operação industrial, assegurando a maximização no uso dos fatores e recursos disponíveis.

Nos últimos quatro anos, o CNPMS tem coordenado o Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino, um sistema cooperativo de experimentos anuais, com o objetivo de avaliar os cultivares mais adequados à produção de álcool e identificar regiões ecológicas com potencial para a produção de sorgo sacarino. Um sumário dos resultados obtidos nesse período, em quatro locais da região Centro-Sul, é apresentado no Quadro IX.

O sorgo como componente do sistema rural de bioenergia

O desenvolvimento de investigações visando contornar a conjuntura atual estimula a realização das fontes e formas de energia em trabalhos sobre várias matérias-primas consideradas energéticas.

Tais pesquisas visam diminuir a importação de insumos energéticos no setor agroindustrial e seu princípio básico é a captação de energia solar na forma de biomassa e a posterior transformação dessa em combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos. Na utilização

QUADRO IX

RESULTADOS OBTIDOS EM QUATRO LOCAIS⁽¹⁾, DURANTE TRÊS ANOS AGRÍCOLAS (77/78, 78/79, 79/80) E DADOS PRELIMINARES PARA 1980/81

Cultivares	Maturação (dias)	Massa Verde Total (t/ha)	Colmos		Folhas		Paniculas		BRIX (Graus)	Quant. de caldo (%) ⁽³⁾
			(t/ha)	(%) ⁽²⁾	(t/ha)	(%) ⁽²⁾	(t/ha)	(%) ⁽²⁾		
BR 500 (Rio)	122	45,8	35,2	76,8	6,9	15,1	3,7	8,1	18,4	58
BR 501 (Brandes)	133	52,0	39,0	74,9	9,1	17,6	3,9	7,5	20,1	28
BR 503 (Theis)	114	47,3	37,4	79,1	5,9	12,5	4,0	8,4	15,1	61
BR 602 (Híbrido)	128	60,9	47,5	77,9	8,2	13,4	5,2	8,7	17,8	59
CMS-X6-616 (Wray)	126	88,4	65,9	84,0	10,4	13,3	2,1	2,7	18,8	59

⁽¹⁾ Sete Lagoas (MG), Araras e Ribeirão Preto (SP) e Pelotas (RS)

⁽²⁾ % em relação à massa verde total

⁽³⁾ % em relação à massa de colmos despalhados.

de biomassa para fins energéticos pode-se destacar a realização de pesquisas com microdestilarias e com biodigestores, sendo que, no conjunto de projetos já implantados nas Unidades da Empresa, merece destaque o Sistema Rural de Bioenergia do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS).

O sistema é pioneiro na sua concepção por efetuar a operação integrada de uma microdestilaria, um

biodigestor e um conjunto de eletricidade. Por suas peculiaridades, o sistema também contribui para minimizar os efeitos poluidores que os subprodutos das destilarias podem causar ao meio ambiente.

A idéia geral do Sistema (Figura 3) reside na captação de energia solar, na forma de biomassa, e sua transformação em insumos (combustíveis e fertilizantes) utilizáveis nas diversas fases da produção agrícola.

O sorgo sacarino, neste sistema, ajuda a composição do binômio sorgo-cana dada sua viabilidade como sistema de cultivo e como matéria-prima industrial.

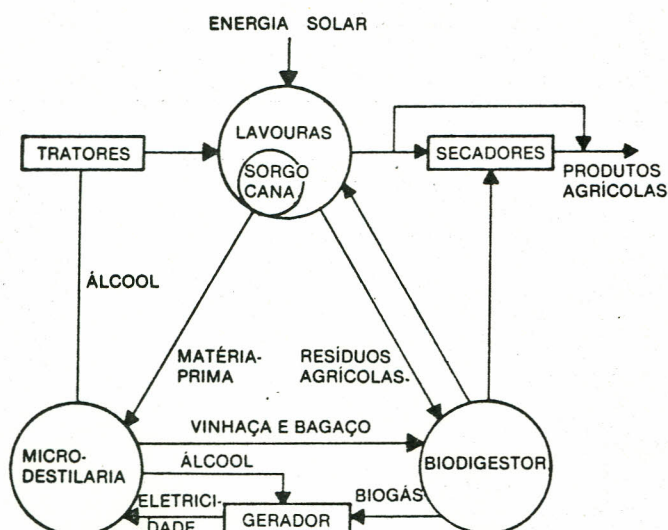
O sorgo sacarino, além disso, tem uma velocidade de multiplicação que é, pelo menos, 25 vezes maior do que a da cana. Os grãos do sorgo sacarino, usados como ração animal, financiam parte dos custos de produção do sistema calculados em Cr\$ 8 milhões de cruzeiros na fase de implantação.

No sistema integrado as mini e microusinas produzirão, além do álcool:

- Grande parte do adubo necessário para toda a área agrícola, representado pela vinhaça, tratada com reforço de nitrogênio, pela adição do estrume do gado, na fermentação metanogênica.
- Metano na forma de biogás, obtido pela fermentação metanogênica da vinhaça, em tanque especial ao que se adiciona, diariamente, certa quantidade de estrume do gado, para garantir o suprimento de nitrogênio.
- Energia elétrica a partir de turbogerador, em quantidade que permita o abastecimento próprio e a venda do excedente.

FIGURA 3

FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO SISTEMA RURAL DE BIOENERGIA



- d) Silagem, obtida pelo aproveitamento das sobras das colheitas da cana ou sorgo, sobras essas representadas pelas folhas e ponteiros.
- e) Grão de sorgo que, complementado, constituirá a ração adequada para nutrição das vacas leiteiras ou bezerros de engorda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, HUGO. *Proálcool é meta irreversível do governo*. Brazil Açucareiro. Jun. 1981.
2. LEITÃO, DORADAME MOURA. *O etanol como fonte de energia*. Brasil Açucareiro. Janeiro 1979. Vol. 93.
3. STUMPF, URBANO ERNESTO. *"Equipamentos e Motores na Produção e Uso do Etanol"*. Exposição na Semana da Tecnologia Industrial - "Etanol: Combustível e Matéria-prima". MIC-STI, Dezembro, 1976.
4. SARAIVA, LUIS AUGUSTO. *Debata sobre o álcool aditivado em substituição ao óleo diesel*. Energia, Vol. 11, n.º 8. Maio/Junho de 1980.
5. CERRI, PEDRO L.; & SARTONI, MARCOS A. *Mesa-redonda sobre o álcool aditivado em substituição ao óleo diesel*. Energia, vol. 11, n.º 8. Maio/Junho de 1980.
6. RASOVSKY, E.M. *Álcool. Destilarias*. Rio de Janeiro, Instituto do Açúcar e do Álcool. 1973. Col. Canavieira, 12.
7. SILVA, S.G. et alii *Balanço energético cultural da produção de álcool etílico de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino, fase agrícola e fase industrial*. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro 99 (6) 452-463.
8. DANTAS, BENTO. *Contribuições do setor agropecuário para a solução da crise energética*. Brasil Açucareiro, março de 1980. n.º 3.
9. TRINDADE, SÉRGIO. *Proálcool. A necessidade de assumir riscos*. Jornal do Brasil 25/10/81.
10. ALÉCIO VAZ PRIMO. *Diretor do Banco do Brasil*. Congresso Interamericano sobre Agricultura e Produção de Alimentos — OEA, Setembro 1981.
11. FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS *Cana-de-açúcar*. Agroanalysis. Setembro 1981.
12. TEIXEIRA, N.M. et alii *Avaliação Econômica da Produção de Álcool em Microusinas de 700 litros diários*. CNPMS, EMBRAPA. 1981.
13. SHAFFERT, R.E. *Sorghum as an Energy Source*. Palestra proferida no Simpósio Sorghum in the 80's. IDERADAB. Índia. Novembro de 1981. □

VENDA DE ANAIS

Os Anais do Simpósio Franco-Brasileiro sobre Energia de Biomassa e Economia de Energia, realizado no IPT-SP em 21, 22 e 23 de setembro de 1981, poderão ser adquiridos do Centro Francês de Informação Industrial e Econômica ao preço de Cr\$ 2.500,00 por exemplar.

Trata-se de um volume de aproximadamente 200 páginas, contendo os seguintes discursos e trabalhos:

- *Discurso de abertura: Ilmo. Sr. Osvaldo Palma* — Secretário da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.
- *Discurso Sr. François Rey-Coquais* — Cônsul-Geral da França em São Paulo.
- *Economia de Energia por Compressão Mecânica de Vapor em Concentração e Destilação*.
Armand Levy — CGE Alsthom do Brasil.
- *Carbonização da Madeira e Tratamento de Materiais Pirogenos*.
Jean-Louis Cade — Fosfanil/Usines Lambiotte.
- *Motores a Gás Pobre: Perspectivas de Utilização na Tracção Rodoviária e Agrícola*.
Jean-François Molle — CEMAGREF — Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts.
- *Novos Processos de Extração de Líquidos Açucarados ou Protéticos a partir de Vegetais*.
Jacques Chaboseau — Alsthom-Atlantique.
Armand Levy — CGE Alsthom do Brasil.
- *Queimadores a Carvão para Fornos de Usinas de Cimento*.
Robert de Barros — Pillard do Brasil.
- *Processos Visando Economia de Energia em Ciclos de Baixa Temperatura*.
Roger Dumon — Creusot-Loire.
- *Mini-Centrals de Biomassa*.
Jacques Chaboseau — Alsthom-Atlantique.
Armand Levy — CGE Alsthom do Brasil.
- *Ciclos de Recuperação de Calor Perdido em Motores Térmicos*.
Jacques Chaboseau — Alsthom-Atlantique.
- *Novas Tecnologias de Gaseificação de Materiais Vegetais por Via Seca*.
Jean-François Molle — CEMAGREF — Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.
- *Gasôgenos a Leitos Fixos e Circuitos Inversos*.
Robert de Barros — Pillard do Brasil.
- *Gaseificação da Madeira em Leito Fluidizado e Produção de Metanol*.
Roger Dumon — Creusot-Loire.
- *Alternativas de Produção de Combustível a partir da Biomassa*.
Jacques Carré — COMES — Commissariat à l'Energie Solaire.
- *Programa de Energia do Estado de São Paulo (Título dos Capítulos)*.
Prof. Vicente Chiaverini — Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia.
- *Discurso do sr. Guy Paillet* — Conselheiro Comercial da França em São Paulo.
- *Discurso do Prof. Vicente Chiaverini* — Vice-Presidente Executivo do Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia.

As solicitações para aquisição destes Anais deverão ser acompanhadas de cheque nominal no valor correspondente e dirigidas ao Centro Francês de Informação Industrial e Econômica — CEFI, Rua Araquan, 63 — Caixa Postal 30791 — CEP 01000 — São Paulo-SP — Tels.: (011) 257-9552 e 257-3464 — Telex 1124305 CCFRBR.