

Efeitos Ambientais do Programa Nacional do Álcool*

IVANILDO HESPANHOL (**)

INTRODUÇÃO

A medida que a tecnologia evolui em função da crescente aspiração de progresso material que norteia o homem deste século, maiores são os volumes e a complexidade dos resíduos a serem tratados e dispostos no meio ambiente.

Nos Estados Unidos, por exemplo, são colocados no mercado consumidor mais de 300 novos produtos químicos por ano. As conseqüências dessa prodigiosa solicitação do mercado são catastróficas sobre os sistemas de tratamento de resíduos e sobre os recursos hídricos naturais (1).

Além dessa poluição crescente e cada vez mais sofisticada, as fontes de energia, agora não apenas em função da expansão tecnológica mas também devido à exaustão dos recursos não renováveis, vêm se transformando, no sentido de gerar preocupações ecológicas e ambientais cada vez mais sérias.

Como mostra o Quadro 1, a fissão nuclear, que representa um grande perigo potencial ao meio ambiente e que tinha em 190 uma mera participação de 0,1% no consumo mundial de energia, ocupará um valor estimado em 6,7 no ano de 1980. Os derivados de petróleo, por sua vez, evoluirão de 30% a 42,2% de 1960 a 1980.

No que se refere especificamente ao aumento da utilização de derivados de petróleo, o Brasil ocupa hoje, uma situação que merece ser considerada com maiores detalhes no que concerne à poluição do meio ambiente. Isso, porque o consumo desse tipo de energia causará, devido às metas governamentais nesse setor, um aumento considerável da produção de álcool, gerando inevitavelmente uma quantidade muito maior de resíduos a serem dispostos nos nossos já poluídos corpos hídricos.

Este trabalho tem por objetivo levantar problemas de poluição e de saúde pública envolvidos com a produção de álcool etílico e a sua utilização em motores de combustão interna, assim como sugerir pesquisas e medidas que deverão ser consideradas pelas entidades governamentais competentes a fim de minimizar efeitos negativos e irreversíveis em nosso meio ambiente.

A ORIGEM DA INDÚSTRIA AÇUCAREIRA NO BRASIL E OS PRIMÓDIOS DA POLUIÇÃO (3)

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum*, segundo a classificação de Lineu) é uma gramínea originária da Índia (4). Existem referências sobre seu plantio e utilização como fonte de açúcar antes do início da era Cristã na China, Tibet, Ceilão, Egito, Síria, Marrocos, Espanha, Itália, tendo chegado ao Brasil em torno de 1530 (5). A cana de açúcar encontrou no Brasil condições ideais de desenvolvimento e pouco antes da invasão holandesa, por volta de 1630, 100 engenhos em Pernambuco, 20 em Itamaracá, 20 na Paraíba, 50 na Bahia e 40 no Rio de Janeiro já se encontravam operando (6). Toda a costa brasileira, quente e úmida associada a um solo de boa qualidade fez com que a cana de açúcar

QUADRO 1 — PARTICIPAÇÃO DE FONTES PRIMÁRIAS NO CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA (2)

Fonte de Energia	ANO				
	1960	1975	1970	1975	1980
Derivados de Petróleo	30,0	36,5	40,4	41,7	62,2
Combustíveis sólidos	50,0	40,0	33,2	28,4	24,7
Gás Natural	14,3	17,3	19,6	21,5	20,4
Hídrica	5,6	6,0	6,4	6,3	6,0
Fissão nuclear	0,1	0,2	0,4	2,1	6,7

(*) Trabalho apresentado no X Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Manaus. Janeiro de 1979.

(**) Superintendente de Pesquisa da CETESB e Prof. da Escola Politécnica da USP.

predominasse rapidamente sobre a criação de gado que, em pouco tempo foi praticamente extinta.

No século XVI e XVII completaram-se os três elementos constitutivos da organização agrária do Brasil colonial: a grande propriedade, a monocultura e o trabalho escravo (7), dando origem à sociedade opulenta dos senhores de engenho.

Esse desenvolvimento prosseguiu em ritmo acelerado até que no início do século XVIII, devido à ampliação da produção açucareira nas Antilhas, viu-se o Brasil com extrema dificuldade para a colocação de sua produção no mercado externo. A produção, entretanto, mesmo limitada ao consumo interno continuou subindo devido ao aumento do poder aquisitivo, principalmente dentro das áreas urbanas.

Apenas após a crise de 1929, ocorreu a intervenção estatal na economia açucareira, através do Plano Chadbourne, surgido para disciplinar a oferta de açúcar no mercado mundial (4). Desde então, o governo passou a se dedicar com maior interesse à economia açucareira: a partir de 1.º de julho de 1931 passou a vigorar o decreto que regulamentava a mistura de 5% de álcool à gasolina (Decreto 19717, de fevereiro de 1931) e a 1.º de junho de 1933 foi criado o Instituto do Açúcar e do Alcool — IAA, com a finalidade de manter o equilíbrio interno entre as safras anuais de cana e o consumo de açúcar, mediante aplicação obrigatória de uma quantidade de matéria-prima ao fabrico do álcool.

Do ponto de vista técnico, a evolução do processamento industrial foi relativamente lenta e muito provavelmente, restringida pela própria condição social do "senhor de engenho" que não se interessou por avanços tecnológicos, uma vez que a alta rentabilidade do empreendimento não os faziam oportunos ou atrativos.

Com relação ao controle da poluição, a própria condição histórica da instalação dos engenhos condicionou, de início o problema a soluções bastante difíceis, pois tradicionalmente estes foram se instalando nos espigões (para se utilizar das ferrovias e para fugir às epidemias, principalmente de malária, que grassavam nas zonas baixas e alagadiças). Os pequenos volumes de água dos corpos receptores de espigão nunca foram suficientes para uma diluição adequada dos resíduos e, com o aumento crescente da produção, a reação das populações contra a degradação do meio ambiente e a implantação de entidades oficiais de controle tornaram o problema de solução cada vez mais crítica. Se medi-

das especiais não forem tomadas, é muito provável que esta situação venha a se agravar mais ainda com a institucionalização do Programa Nacional do Alcool (Decreto n.º 76.593, de 14/11/175) que visa o atendimento das necessidades dos mercados internos e externo e a política dos combustíveis automotivos.

O PROCESSO INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ALCÓOL ETÍLICO ATRAVÉS DA CANA DE AÇÚCAR

AÇÚCAR

O processamento industrial da cana de açúcar consiste essencialmente na extração do caldo de cana (garapa), precipitação e filtração das impurezas utilizando leite de cal e dióxido de enxofre, evaporação, cozimento, cristalização e secagem dos cristais de açúcar. Um grande volume de água é utilizado e diversos efluentes, sólidos ou líquidos, com características diferentes são, contínua ou intermitentemente, produzidos. Um subproduto importante é o melaço ou mel final que, no Brasil, é normalmente utilizado para a fabricação de álcool etílico. O processo, como mostrado esquematicamente na Figura 1, se inicia com a lavagem da cana. Esta fase não é muito importante no Brasil, pelo fato de se utilizar colheita manual, o que produz cana relativamente limpa. Entretanto, devido à falta de mão-de-obra, existe uma grande tendência a se utilizar os sistemas de colheita mecanizada. Nessas condições, a lavagem poderá vir a ser importante na eliminação de pedrisco, terra, palha e eventualmente de argila que causa interferência na fase de descoloração do caldo misto (8).

A lavagem, que é efetuada simultaneamente com o transporte da cana para a moenda, utiliza grandes volumes de água, ou seja, em torno de 5 m³ por tonelada de cana. Após a lavagem, a cana passa por um sistema de facas onde é desfibrada sendo em seguida conduzida até a moenda, onde é esmagada para a retirada da garapa. Antes de atingir os moinhos a cana é embebida com água quente. Os volumes utilizados são de aproximadamente 0,3 m³/t à temperatura aproximada de 40°C. Uma prática recomendável é a utilização da água condensada dos evaporadores. A experiência tem demonstrado que a utilização de água quente traz algumas vantagens sobre a água fria, principalmente no que se refere à evaporação do bagaço em trânsito e pequena melhora na extração. (9)

O caldo misto assim produzido (1 m³/t) é peneirado para remoção das partículas de fibra e em seguida é preparado para a operação unitária de clarificação.

O condicionamento do caldo misto para a clarificação depende, evidentemente, do tipo de açúcar a ser fabricado. No caso de açúcar sulfitado, por exemplo, ele passa pelas colunas de adsorção de gás sulfuroso (SO₂) e depois recebe leite de cal (calagem) indo posteriormente para os aquecedores, onde a temperatura é mantida em torno de 93°C. Este tratamento, baseado em cal e calor, forma um precipitado de sais insolúveis de cálcio, albumina coagulada, ceras, graxas e que contém a maior parte dos sólidos em suspensão que não foram retidos na operação de peneiramento. A cal adicionada contribui também para a neutralização dos ácidos e para a precipitação de proteínas e pectinas (8).

No caso de fabricação de açúcar bruto a sulfitação não é utilizada, devido ao aumento de incrustação nos evaporadores, acréscimo de cinzas no açúcar produzido e, evidentemente, ao seu custo adicional.

Outros compostos químicos, entretanto, podem ser utilizados na fase de clarificação, entre os quais, cabe mencionar: fosfatos solúveis (P₂O₅) para decantação rápida, maior eliminação de colóides, menor quantidade de sais de cálcio, caldo mais claro e açúcar de melhor qualidade; bentonita, como auxiliar de floculação; polieletrólitos como auxiliares de floculação e melhora decantação (10); carvão ativado, como adsorvente de odor e sabor de caldo misto (8).

A clarificação é efetuada geralmente em clarificadores de bandeja tipo Door. O lodo resultante é removido por recalque do fundo dos clarificadores e submetido à filtração à vácuo. O resíduo sólido ou torta proveniente da filtração a vácuo (0,04 t/t) é utilizado como fertilizante e o caldo filtrado retorna à moenda para ser utilizado como água de embebedimento.

O caldo clarificado, com uma concentração aproximada de 16° Brix é encaminhado aos evaporadores de múltiplo efeito, normalmente constituídos por baterias de 3 ou 4 unidades.

O vácuo necessário para os evaporadores é obtido através da condensação do vapor.

Os volumes de água utilizados nos evaporadores são elevados (7,5 m³/t) podendo atingir valores muito maiores quando se utilizam jatos múltiplos.

A água condensada em cada estágio dos condensadores (0,55 m³/t) é utilizada como água de embebedimento

FIGURA 1 - Fluxograma da fabricação de açúcar e álcool etílico

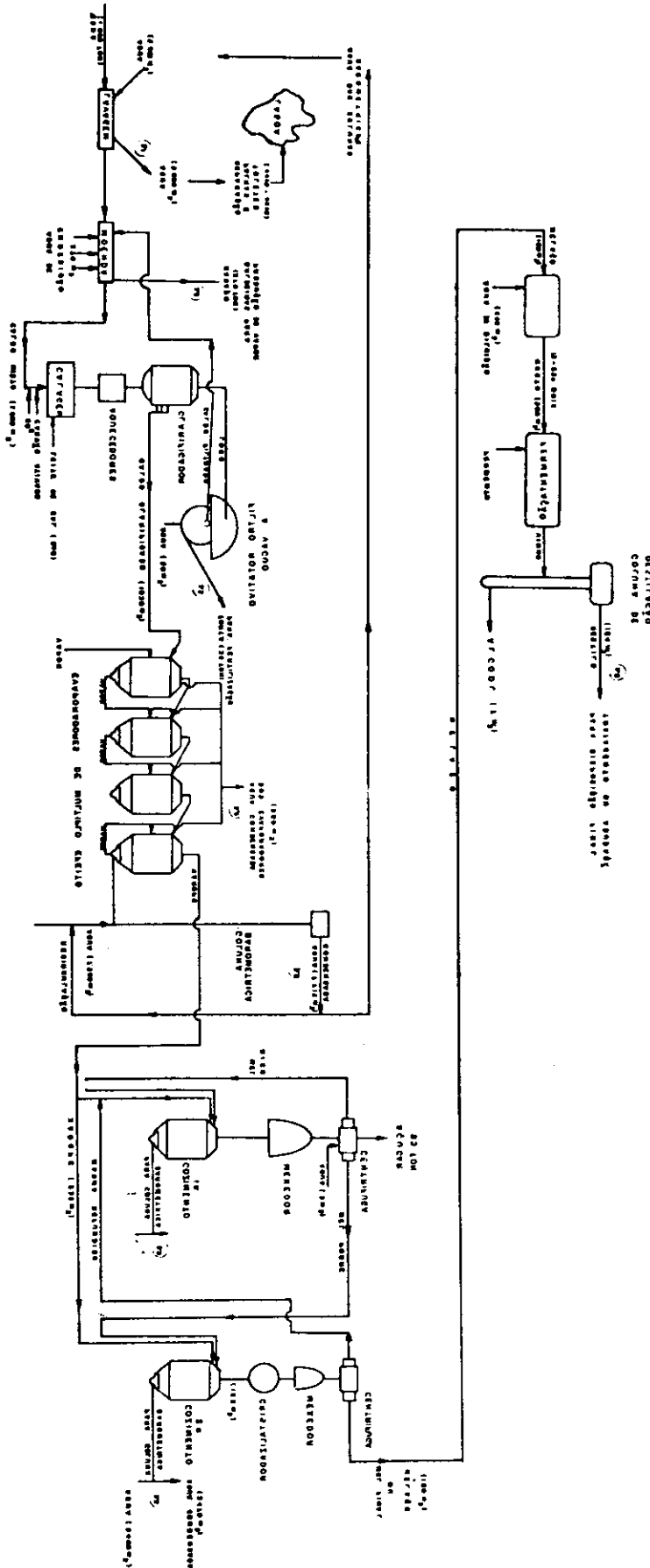


Figura 1 - Fluxograma da fabricação de açúcar e álcool etílico.

ou retorna às caldeiras para produção de vapor. Neste último caso, deve ser examinada com frequência pois a presença de açúcar poderá contaminar as águas utilizadas nas caldeiras.

A fase seguinte é a do cozimento cuja função é a de produzir e desenvolver os cristais de açúcar a partir do xarope concentrado nos evaporadores (2,35 m³/t). Esta é uma fase do processamento extremamente delicada e que exige um controle acurado e constante. É efetuado em temperaturas de aproximadamente 61°C ou inferiores para evitar caramelização ou aumento de coloração do xarope. Utilizam-se duas, três ou quatro câmaras de cozimento operando em série como mostra a Figura 1.

Depois que a massa cozida é levada à consistência máxima, é necessária a utilização dos cristalizadores porque na câmara de cozimento ocorre uma redução rápida de velocidade de cristalização devido às elevadas viscosidades e ao estado próximo de esgotamento atingido pela massa. A força motriz da cristalização é a sobre-saturação, criada pela diminuição da solubilidade da massa cozida. Nas câmaras de cozimento a solubilidade é diminuída através de evaporação da solução, enquanto que nos cristalizadores, devido às grandes áreas disponíveis para troca de calor, a cristalização pode prosseguir ainda mais devido ao esfriamento da massa cozida.

Essa fase final de cozimento e cristalização é também indicada na Figura 1.

O xarope adentra às 1.ª e a 2.ª câmaras simultaneamente e, após o cozimento, o produto é centrifugado dando origem ao açúcar (0,10 t/t), mel rico que retorna à 1.ª câmara e mel pobre que passa para a 2.ª fase de cozimento. O xarope, após a 2.ª fase de cozimento, é cristalizado sendo em seguida centrifugado. Da centrifuga remove-se o magma (que é novamente diluído retornando para a 1.ª câmara para recozimento) e o mel final ou melaço, 0,10 m³/t).

As câmaras de cozimento são também equipadas com evaporadores e colunas barométricas, sendo nesse caso, o consumo de água menor do que no caso dos evaporadores (3,5 m³/t).

ALCOOL ETÍLICO

A composição média do melaço após a centrifugação final é a seguinte: 20% de água, 62% de açúcares, 8% de cinzas, 3% de materiais nitrogenados e 7% de outros, tais como gomas e ácidos. Dos 62% referentes a açúcares, distingue-se 32% de sacarose, 14% de dextrose

e 16% de levulose, englobando portanto, em torno de 50% de açúcares fermentáveis. (11)

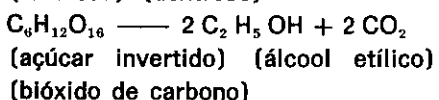
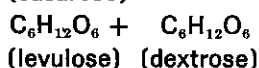
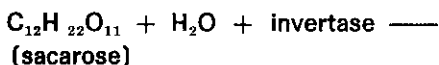
O melaço pode ser utilizado para diversas finalidades entre as quais: produção de leveduras, vingare, ácido cítrico, ácido láctico, álcool butírico e acetona (9). Pode ainda, ser utilizado para a alimentação de animais, ou como aglomerante para areia de fundição (12).

No Brasil, entretanto, as produções de açúcar e álcool estão tradicionalmente vinculadas, sendo praticamente todo o melaço produzido encaminhado para o processo de fermentação.

A fase inicial da fabricação consiste na diluição do melaço até formar um mosto com concentração variável de 15 a 25° Brix. A correção do mosto é necessária apenas quando a fermentação é feita diretamente de caldo misto. Neste caso, juntam-se fosfatos, sais de amônia e vitaminas. Quando se trabalha com melaço, entretanto, apenas a diluição cuidadosa é suficiente.

O inóculo utilizado para a fermentação é preparado com leveduras, sendo as espécies mais comuns no Brasil o *Saccharomyces cerevisiae* e o *Saccharomyces uvarum*.

A fermentação, por ação das leveduras, inverte a sacarose para, em seguida, converter o açúcar invertido em álcool etílico e bióxido de carbono, de acordo com as reações.



O processo de fermentação dura aproximadamente 24 horas e o seu controle é efetuado através dos parâmetros seguintes: tempo de fermentação, odor, aspecto de espuma, temperatura, densidade do mosto, açúcares no mosto e variação de acidez (11).

O produto da fermentação é um substrato açucarado denominado vinho, constituído de água (88 a 93%), etanol (12 a 7%), bióxido de carbono, células de levedura, bactérias, sais minerais, açúcares não fermentados e outras impurezas em suspensão.

O vinho é em seguida destilado em operação contínua dando origem ao flegma que é um líquido alcoólico possuindo de 40 a 50% de álcool em volume. O flegma passa em seguida pelas colunas de retificação, onde atinge uma concentração alcoólica máxima de 97,2%. Se o álcool for destinado à mistura com

gasolina para ser utilizada em motores de combustão interna, deverá passar ainda por um processo de desidratação com emprego de arrastadores para atingir uma concentração de 99,9% de tanol. No Brasil o benzol é o composto mais comumente utilizado como arrastador (11).

A produção de álcool etílico conforme o esquema indicado na Figura 1 é da ordem de 7 m³ por 1.000 toneladas de cana. No caso de fabricação direta de álcool, a partir do caldo, a produção é de 67 m³ por 1.000 toneladas de cana.

CARACTERÍSTICAS E DISPOSIÇÃO DOS DESPEJOS DAS INDÚSTRIAS DE AÇÚCAR E ALCOOL

As características dos resíduos da indústria de açúcar e álcool são bastante variáveis, devido às diferentes concentrações de açúcar da matéria-prima (que por sua vez varia com condições climáticas ou durante estocamento prolongado); características locais de operação e manutenção, volume de água disponíveis, e reciclagem de águas servidas.

Os resíduos poderiam ser basicamente classificados como sazonais, de vazão contínua mas extremamente variável durante a safra, com concentrações de DBO, DQO, Cor e Sólidos Suspensos Totais variando em faixa bastante ampla, elevada concentração de sólidos dissolvidos totais, elevada demanda de cloro, deficiente em nutrientes, com temperatura elevada, livre de coliformes fecais, mas podendo apresentar coliformes totais. Conforme indicado na Figura 1, os principais resíduos oriundos da manufatura de açúcar e álcool são os seguintes:

- águas de lavagem de cana;
- bagaço;
- torta;

água condensada dos evaporadores;

água condensada das colunas barométricas;

restilo.

Além desses, devem ainda ser considerados:

águas oriundas da limpeza dos tubos dos evaporadores;

água de lavagem dos tanques de fermentação;

lama de cal oriunda da calagem, lavagem de pisos (vazamentos e espirros), esgotos domésticos etc.

Como esses resíduos apresentam características diversas, serão considerados separadamente com relação à sua tratabilidade ou condições de reciclagem dentro da própria usina.

ÁGUAS DE LAVAGEM DE CANA

Os volumes utilizados e as características das águas de lavagem dependem, como mencionado anteriormente, do sistema de coleta de cana.

Na Louisiana, Estados Unidos, onde se utilizam coletores mecânicos, as vazões necessárias para lavagem são de 30 a 300 l/s e as águas residuárias finais podem apresentar uma concentração de sólidos suspensos em torno de 2.000 mg/l (13).

Uma grande parte deste material suspenso se apresenta em estado coloidal, estabilizado por compostos orgânicos atuando como colóides protetivos, o que provavelmente inibiria a operação de coagulação com os compostos químicos tradicionais (14).

No Brasil, onde ainda se efetua a colheita manual, os volumes médios são de aproximadamente 5 m³ por tonelada de cana.

Levantamentos efetuados pela CETESB na Usina Ester, no Município de Cosmópolis, Estado de São Paulo (15), indicaram a composição média mostrada no Quadro 2.

QUADRO 2 — CARACTERÍSTICAS DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE CANA. USINA ESTER, COSMÓPOLIS, ESTADO DE SÃO PAULO (15)

Vazão Média	24.000 m ³ /dia
pH	4,8
Resíduo sedimentável	3,8 ml/l
DBO 5,20°C	203 mg/l
DQO	428 mg/l
Carga Diária de DBO 5,20°C	4.900 kg/l
Equivalente populacional	90.000 habitantes

Estudos de aeração em sistema contínuo realizados em laboratório com as águas de lavagem cujas características são apresentadas no quadro 2, demonstraram uma redução média de DBO de 94% (15).

Nesses estudos, constatou-se a necessidade de adição de fósforo, pois

sua concentração nos resíduos era extremamente pequena. Os resultados de atividade microbiana foram realizados com o auxílio do respirômetro de Warburg e são mostrados no Quadro 3.

As experiências prosseguiram em escala piloto, tendo-se utilizado um

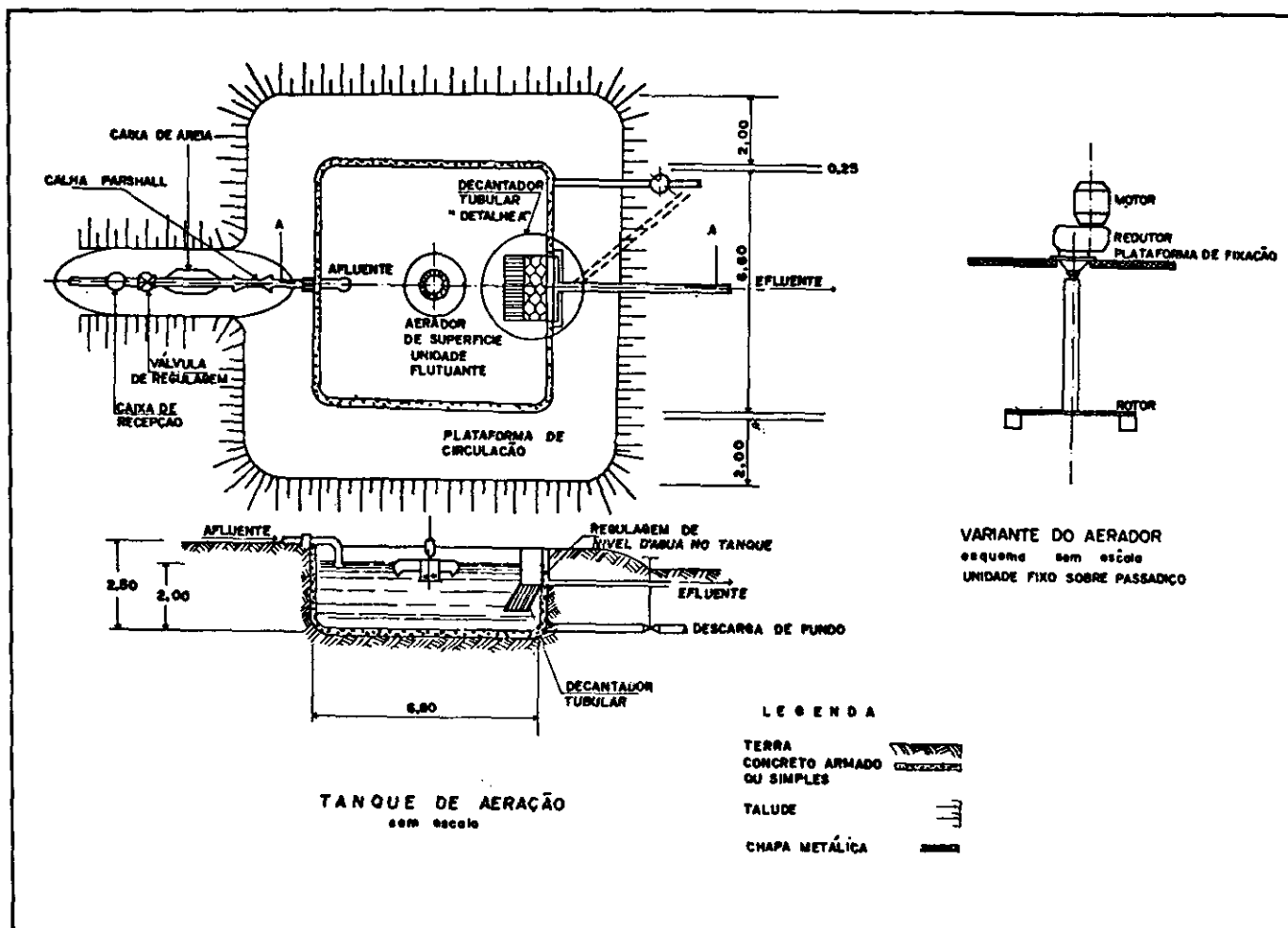


FIGURA 2 - Projeto do tanque experimental mecanicamente armado para água de lavagem de cana - Usina Açucareira ESTER S.A.

QUADRO 3 — ATIVIDADE MICROBIANA EM ÁGUAS DE LAVAGEM DE CANA EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES (15)

Tempo (mín.)	Amostra "A" sem adição de Fósforo	CONSUMO DE OXIGÊNIO (mg/l)					
		DBO		N		P	
		100	5	1	100	10	2
10	0,000		0,752		0,750		
30	0,763		2,285		2,249		
50	1,527		3,810		3,748		
70	2,290		4,575		4,498		

tanque experimental aerado mecanicamente como esquematizado na Figura 2. Neste experimento observou-se para um tempo de detenção hidráulico de 21 horas e 30 minutos a remoção de 92% na DBO e de 93% na DQO.

De maneira geral, as águas de lavagem de cana são susceptíveis de serem tratadas biologicamente. Seria desejável que maiores cuidados fossem tomados com relação ao arraste de terra durante a fase de colheita da cana e que os sólidos suspensos, grosseiros e toletes de cana carreados pela água de lavagem fossem eliminados através de um sistema de peneiramento (cush-cush).

BAGAÇO

O bagaço não apresenta maiores problemas com relação à sua disposição final e pode mesmo ser considerado como um subproduto da produção de açúcar. Consiste de material celulósico, fibroso, contendo de 5 a 10% de garapa residual e 40 a 50% de água de saturação. A produção aproximada é de 0,30 toneladas por tonelada de cana esmagada. Seu valor calórico é considerado razoável (valores médios de 4.640 cal/g ou 8.350 BTU/lb de bagaço isento de cinzas) razão pela qual tem sido utilizado com êxito como combustível na geração de vapor dentro

dos próprios engenhos de açúcar. Em alguns casos, é utilizado como polpa para a fabricação de papel ou papelão, isolante térmico ou como parte constituinte de ração para gado.

TORTA

A torta é oriunda da filtração a vácuo do lodo retido nos clarificadores e é composta de resíduos solúveis e insolúveis originados na fase de calagem. Os volumes produzidos variam com o tipo de cana, condições de colheita e moagem, eficiência dos filtros e quantidade de cal utilizada. Valores médios brasileiros estão em torno de 0,040 toneladas por tonelada de cana moída.

A torta tem aproximadamente 0,20% de sucrose e apresenta elevados valores de DBO, o que torna potencialmente viável a possibilidade de utilização de lagoas anaeróbias no seu tratamento, embora se antecipe a possibilidade do desenvolvimento de cheiro forte e desagradável.

ÁGUA CONDENSADA DOS EVAPORADORES

As águas condensadas dos evaporadores, apesar de possuírem DBO

elevada (500 a 1.000 mg/l), não se constituem em sério problema de tratamento devido aos pequenos volumes apresentados (0,55 m³ por tonelada de cana moída) e a possibilidade de reciclagem dentro da própria usina de açúcar.

A Usina São Martinho, situada no Município de Pradópolis, Estado de São Paulo, acumula aproximadamente 600 litros de água dos evaporadores de cana e recicla aproximadamente 180 litros por tonelada, distribuídos da seguinte maneira:

- lavagem de açúcar nas turbinas — 10 l/t de cana;
- diluição de méis — 70 l/t de cana;
- queima e preparo de leite de cal — 50 l/t de cana;
- lavagem da torta dos filtros — 50 l/t de cana;
- Total — 180 l/ de cana.

O excesso das águas condensadas é misturado ao restilo para a disposição na lavoura de cana como será verificado posteriormente.

Algumas indústria ainda utilizam parte das águas condensadas nos evaporadores (principalmente a do primeiro efeito) para a geração do vapor. Se esta prática for observada, deve-se examinar freqüentemente as águas condensadas pois a presença de açúcar poderá contaminar as águas de produção de vapor. Outras indústrias ainda empregam essas águas como água de embebição.

ÁGUA CONDENSADA DAS COLUNAS BAROMÉTRICAS

Estas águas representam, sob o ponto de vista de volume, a maior carga poluidora resultante das usinas de açúcar e álcool.

Incluindo as águas das colunas barométricas dos evaporadores e do cozimento, atinge-se valores médios de 12 m³ de água por tonelada de cana processada.

No caso de se utilizarem jatos múltiplos, esses valores podem ser muito mais elevados atingindo a casa dos 20 m³ por tonelada.

Essas águas, dependendo das características e da operação dos condensadores, podem apresentar DBO variável de 10 a 300 mg/l, pequena concentração de sólidos sedimentáveis, pH geralmente dentro da zona ácida e temperatura elevada.

Amostras colhidas junto às colunas barométricas de várias usinas do Estado de São Paulo, apresentaram os seguintes resultados médios (16).

DBO _{5,20° C}	132	mg/l
Resíduo total	0,176	g/l
Sólidos sedimentáveis	0,4	ml/l
pH	6,9	

Oxigênio dissolvido ... 3,6 mg/l
Temperatura 35 — 40° C

A grande variação nos valores de DBO apresentados por esse resíduo está vinculada ao problema de arraste de açúcar durante a fase de evaporação e posterior condensação nos condensadores e colunas barométricas. O arraste é diretamente proporcional ao vácuo exercido e ao nível do caldo clarificado nos evaporadores e inversamente proporcional ao tamanho das gotículas de vapor (com película de caldo) formadas. Altos valores de vácuo, principalmente no último efeito dos evaporadores, níveis de caldo acima dos níveis considerados como ótimos e a formação de partículas muito pequenas (névoa) de caldo fazem com que o arraste seja elevado, aumentando a concentração de açúcar na água condensada. O arraste é função também dos tipos de condensadores utilizados e dos dispositivos instalados interna ou internamente a eles para, respectivamente limitar o carreamento ou recuperar o material carreado.

Experiência utilizada na Usina Ester (15), já referida anteriormente neste trabalho, constataram uma perda diária de aproximadamente 400 g de açúcar por kg dias nas águas dos condensadores das colunas barométricas e jatos múltiplos. O Quadro 4, em seguida, mostra a perda percentual ocorrida, indicando que o arraste é função do tipo de evaporador utilizado e características de operação do sistema.

Esses estudos culminaram com a recomendação de instalação de limitadores e separadores de arraste nas colunas barométricas e jatos múltiplos.

A Usina São Martinho, também já referida neste trabalho, vem desde 1970 elaborando estudos visando reduzir as perdas por arraste nos evaporadores. Para a safra de 1970 foram instalados separadores de arraste do tipo externo, ou recuperadores; projetados pela própria Usina. Estes são recuperadores do tipo cônico, contando na sua parte inicial duas grades de ferro com diâmetro de 1/2" e espaçamento de 1.1/2". As grades de ferro foram espaçadas de aproximadamente 0,50 m e entre elas foi colocado material cerâmico de enchimento. Na sua parte final foram colocadas 6 carreiras de vigas U (4" x 1.5/8"), colocadas alternadamente, cada carreira em posição ortogonal à seguinte. Os diâmetros das tubulações de entrada e saída são de 1,0 m e o diâmetro máximo, aproximadamente no centro do dispositivo é de 3,12 m. O xarope condensado é recolhido imediatamente após a bateria de vigas e retorna aos evaporadores.

**QUADRO 4 —
ARRASTE PERCENTUAL DE AÇÚCAR
NOS EVAPORADORES DA
USINA ESTER (12)**

Procedência		Perda Percentual (%)
Coluna Barométrica	A	1,6
Coluna Barométrica	B	0,3
Coluna Barométrica	C	5,8
Jato Múltiplo	D	2,3
Jato Múltiplo	E	3,3
Jato Múltiplo	F	7,8
Jato Múltiplo	G	0,4
Coluna Barométrica	H	10,2
Coluna Barométrica	I	4,6
Coluna Barométrica	J	55,4
Coluna Barométrica	K	8,3

Esses recuperadores externos foram instalados em todas as câmaras de cozimento e no último efeito dos evaporadores múltiplos, conseguindo-se uma redução da DBO de 150-250 mg/l para 20-30 mg/l.

A partir de 1974, foram instalados no segundo, terceiro e quatro efeitos, novos evaporadores, com maior diâmetro para reduzir a velocidade de saída do vapor e equipados com o separador centrífugo tipo Weber (17), como mostrado na figura 3. A média de 316 mg/l de DQO observada nos anos de 1972 e 1973 para os três efeitos mencionados foi reduzida para 61 mg/l (redução de 81%).

De uma maneira geral, pode-se reduzir o arraste de açúcar de 3% para valores inferiores a 0,1% observando-se as seguintes recomendações básicas (16): manter o vácuo dentro dos limites estabelecidos para cada um dos efeitos do sistema de evaporação (ver Quadro 1); alimentar os evaporadores pelo fundo de cada unidade para evitar espirros e formação de partículas muito pequenas; não sobrecarregar os evaporadores para não permitir que o nível do caldo clarificado atinja níveis acima daqueles especificados como ótimos; prover todos os evaporadores com separadores internos e manter um sistema sob vigilância contínua analisando freqüentemente o conteúdo de açúcar das águas condensadas oriundas de cada um dos efeitos.

Apesar da reação de carga orgânica biodegradável os grandes volumes de águas servidas oriundas das colunas barométricas necessitam ser convenientemente tratados e dispostos.

Essas águas podem ser utilizadas, em parte, para a operação de lavagem de cana e ser, em parte, recirculadas nos evaporadores. Embora a lavagem da cana possa utilizar essas águas diretamente, a recirculação em circuito fechado por período prolongado poderia causar problemas se

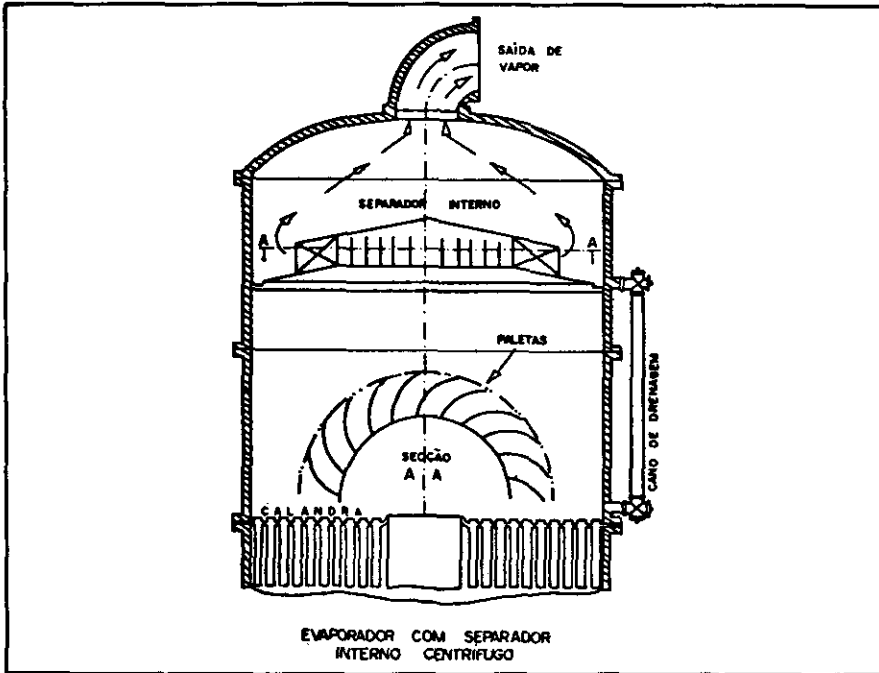


FIGURA 3 - Esquema do separador centrífugo interno tipo WEBRE (17).

cuidados especiais não forem considerados. O primeiro aspecto é com relação à temperatura. Sendo esta de aproximadamente 40° C na coluna barométrica, deve-se dispor de um sistema trocador de calor que faça com que a água atinja temperaturas próximas a 20° C para que se obtenha as diferenças térmicas terminais especificadas. Outros pontos importantes são os que se referem ao rápido consumo de oxigênio dissolvido que causam sua septicidade, e ao desenvolvimento de fungos e leveduras que se depositam nas paredes internas das tubulações. Os problemas relativos à temperatura e deficiência de oxigênio são resolvidos com relativa facilidade, utilizando-se um sistema de bocais a fim de obter nebulização suficiente para produzir reaeração a resfriamento nos níveis desejados. Com relação ao desenvolvimento de fungos e leveduras, tem-se obtido relativo sucesso nas Usinas do Estado de São Paulo com a utilização de pentaclorofenol como desinfetante.

As águas das colunas barométricas são também passíveis de serem tratadas em lagoas de estabilização facultativas.

Estudos realizados nos laboratórios da CETESB (16) indicaram uma remoção da DBO da ordem de 92% quando se observam períodos médios de detenção hidráulica de 7 dias e taxas de aplicação variando entre 100 a 150 kg DBO/ha.dia.

Devido à baixa concentração de nutrientes nas águas condensadas das colunas barométricas, deve-se fazer correções de maneira a se manter as seguintes proporções:

DBO	17	DBO	90
— = —		— = —	
IN	1	P	1

RESTILO

O restilo ou vinhaça, embora seja produzido em volumes muito pequenos quando comparado com os ou-

tros resíduos oriundos das usinas de açúcar e álcool, é o que tem causado maiores controvérsias devido aos efeitos negativos que provoca nos cursos de água quando disposto sem tratamento conveniente.

Esse resíduo tem uma coloração verde-castanha, turbidez elevada, pH variando entre 2 a 8, temperatura aproximada de 100° C, elevada concentração de sólidos sedimentáveis e DBO oscilando entre 7.000 a 2.000 mg/l. Os volumes médios produzidos estão em torno de 0,36 m³ por tonelada de cana processada e sua composição, de acordo com o Instituto Zimotécnico da Escola de Agronomia Luiz de Queiroz (10) é resumida no Quadro 5.

QUADRO 5 — CARACTERÍSTICAS DO RESTILO DE USINAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL (18)

Constituintes	Límites
Água	89,0 a 94,0 %
Sólidos Totais	6,0 a 11,0 %
Matéria Orgânica	4,0 a 8,0 %
Matéria Mineral	1,0 a 2,6 %
Nitrogênio	1,0 a 3,5 g/l
Fósforo	0,4 a 2,0 g/l
Cálcio	2,0 a 4,0 g/l
Potássio	9,0 a 13,0 g/l
Magnésio	0,8 a 1,5 g/l
pH	3,7 a 5,9

QUADRO 6 — ANÁLISES DE RESTILO DE MELAÇO E MANDIOCA (19)

Componentes	Restilo "in natura"		Restilo concentrado	
	Melaço (%)	Mandioca (%)	Melaço (%)	Mandioca (%)
Sólidos totais	4,60 — 8,50	2,40	60,00	60,00
— orgânicos	3,70 — 6,50	2,18	—	—
— minerais	0,90 — 2,00	0,22	—	—
Açúcares redutores	0,66 — 0,95	0,68	7,10	17,12
CHO	1,15 — 2,40	1,16	16,50	28,50
Nitrogênio (Kjeldahl)	0,06 — 0,10	0,04	1,01	1,06
Proteína bruta (Nx6,25)	0,375 — 0,625	0,25	6,33	6,62
Proteína (biureto)	0,34 — 0,57	0,23	5,45	6,30
Cinzas	1,16 — 1,46	0,23	17,60	8,10
pH	4,5 — 5,0	5,0	4,5	5,0
Glicerol	1,58 — 2,62	0,73	3,50	17,05
Gomas	0,08 — 1,00	0,60	9,0	15,42
Fibras	0,03 — 0,05	0,014	0,50	0,32
Gorduras	0,00 — 0,12	0,003	0,72	0,03
Ceras	0,01 — 0,03	0,10	0,18	0,16
Sílica (em SiO ₂)	0,005 — 0,009	0,003	0,26	0,09
Ferro (em Fe ₂ O ₃)	0,01 — 0,05	0,030	0,36	1,00
Alumínio (em Al ₂ O ₃)	0,01 — 0,03	0,010	0,26	0,35
Cálcio (em CaO)	0,36 — 0,52	0,009	2,40	0,40
Magnésio (em MgO)	0,10 — 0,16	0,009	0,86	0,60
Fósforo (em P ₂ O ₅)	0,02 — 0,04	0,020	0,55	0,52
Sódio (em Na ₂ O)	0,004 — 0,007	0,009	0,70	0,35
Potássio (em K ₂ O)	0,58 — 0,78	0,110	7,00	3,24
Cloretos (em NaCl)	0,19 — 0,30	0,011	1,70	0,35
Sulfatos (em SO ₄ ⁻²)	0,37 — 0,81	0,006	5,63	0,19
Manganês (em MnO)	Traços	0,005	Traços	0,17
Iodo	Traços	nihil	Traços	nihil
Cobres	Traços	Traços	Traços	Traços
DBO ₅ 20°C	2,31 — 2,89	1,89	—	—
DQO	5,75 — 7,25	2,34	—	—

Dados mais recentes e completos foram publicados pelo Instituto Nacional de Tecnologia (19) e estão consubstanciados no Quadro 6.

O restilo contém ainda pequenas quantidades de açúcares não fermentados e elevada concentração de substâncias orgânicas tais como, dextrinas, melanoidinas, resinas, gomas, amidos, ácidos orgânicos e aminoácidos, que entram rapidamente em fermentação. Pode conter, ainda, elevada concentração de enxofre (8). Com essas características o restilo entra facilmente em decomposição despreendendo odor de gás sulfídrico.

Quando descarregado diretamente em rios de vazão insuficiente para provocar uma diluição compatível, gera efeitos desastrosos principalmente com relação à flora e fauna existentes. Sua elevada DBO provoca uma rápida exaustão do oxigênio dissolvido, condição que é agravada por sua temperatura elevada uma vez que nessas condições a solubilidade do oxigênio no meio líquido é diminuída e a atividade vital dos organismos aumentada significativamente, necessitando de maiores quantidades de oxigênio dissolvido.

Um agravante dessa condição é que o lançamento dos resíduos coincide com o período da seca, exatamente quando a vazão dos córregos atinge seus limites inferiores.

O Quadro 7 mostra as vazões médias mensais do Rio Piracicaba para o ano de 1968, indicando, durante o período da safra (julho a novembro) as variações de pH e DBO provocadas pelo lançamento do restilo (20).

TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DO RESTILO

Existem várias possibilidades para o tratamento do restilo mas poucas demonstraram, até o presente, que são viáveis do ponto de vista econômico.

QUADRO 7 — VARIÇÃO DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS, pH E DBO DO RIO PIRACICABA - 1968 (20)

Mês	Vazão (l/s)	pH	DBO (mg/l)
Fevereiro	122,0	6,9	2,4
Março	123,0	7,0	1,8
Abril	97,0	7,0	2,6
Maio	73,6	7,0	1,8
Junho	65,0	7,0	3,8
Julho	55,7	6,9	12,8
Agosto	55,4	6,8	25,1
Setembro	46,3	6,6	22,7
Outubro	56,3	6,7	17,5
Novembro	41,7	6,8	13,8
Dezembro	61,8	7,3	3,4

Os sistemas ou processos de tratamento, ou utilização do restilo, poderiam ser classificados genericamente como: de concentração, químico ou físico-químicos, biológicos, produção de biomassa (fungos, leveduras e actinomicetos) e disposição direta ou solo.

CONCENTRAÇÃO DO RESTILO

A concentração do restilo da cana de açúcar a 60° Bx através de evaporadores de múltiplos efeitos, permitirá a utilização dos compostos orgânicos e minerais existentes, principalmente potássio, como fertilizante (21).

Outros sistemas de concentração envolvem a evaporação e infiltração em tanques rasos de terra visando a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio para utilização como fertilizante. Desses sistemas é conhecido na região nordeste do Brasil, principalmente no Estado de Pernambuco o "processo Tiborcal", desenvolvido pelo Professor Manoel F. Jayme Galvão (22), no qual o restilo é floculado com adição de cal e colocado em tanques de terra de 5 x 10 metros e com 0,50 m de profundidade. Após a infiltração e evaporação de parte da fase líquida, o resíduo sólido, com aproximadamente 10% de umidade é aplicado nas lavouras de cana na proporção de 0,40 kg por metro linear.

Não se possui, entretanto, experiência da utilização desse sistema no Estado de São Paulo mas existem referências considerando que é anti-econômico para grandes usinas (23).

TRATAMENTOS QUÍMICOS

Os tratamentos químicos ou físico-químicos são baseados na floculação de substâncias orgânicas dissolvidas sob a forma de sais de cálcio insolúveis (24), obtendo-se a remoção de 40 a 50% da DBO. Os lodos resultantes atingem pH acima de 8,0 e podem portanto, serem secados ao ar sem perigo de putrefação.

Quando o restilo é sulfídrico, isto é, quando a fermentação é efetuada com mosto corrigido com ácido sulfúrico, o tratamento pode ser também efetuado utilizando-se bauxita como floculante. Esta, neutraliza em parte o ácido sulfúrico produzindo sulfato de alumínio. Também, nesse caso, a remoção de DBO máxima oscila entre 40 a 50% apenas.

TRATAMENTOS BIOLÓGICOS

Os tratamentos biológicos são provavelmente os que apresentam maior

potencialidade no tratamento de restilo de cana-de-açúcar.

A digestão anaeróbia parece ser o processo unitário biológico mais recomendável, face à elevada concentração orgânica do restilo e face à possibilidade de recuperação de energia, uma vez que o metano produzido torna este processo altamente recomendável do ponto de vista econômico.

PRODUÇÃO DE BIOMASSA

A utilização do restilo concentrado a aproximadamente 60° Brix, como matéria-prima para ração animal já é efetuada em larga escala na Holanda, Bélgica e França utilizando a tecnologia da empresa austríaca Vogelbusch M.B.H. (25). Essa técnica entretanto, parece não ter suporte econômico pois a porcentagem máxima permitida de proteínas nas reações alimentares é de 6%. Valores superiores interferem no metabolismo animal causando produção elevada de uréia (26). Atualmente, novas técnicas vêm-se desenvolvendo visando a obtenção de proteínas que, possuindo menores concentrações de ácido nucléico, possam ser utilizadas em porcentagens muito maiores na preparação de rações para animais.

Esses estudos, se constituem em parte do programa a ser desenvolvido em 1979 pela Superintendência de Pesquisa da CETESB e são basicamente os seguintes:

utilização de restilo como meio de crescimento de fungos e leveduras;

utilização de restilo como meio de crescimento de actinomicetos termófilos.

DISPOSIÇÃO DO SOLO

Apesar dos primeiros estudos relativos à utilização do restilo para irrigação dos canaviais terem se iniciado em 1918 no Estado de Pernambuco (23), foi apenas em 1950 que se divulgaram os primeiros resultados comprovadamente positivos de sua aplicação na cultura canavieira (27). O restilo é aplicado diretamente sobre as culturas em sulcos espaçados de 1,50 m e com profundidade entre 0,20 a 0,30 m. São utilizados carros tanques, canais abertos ou sistemas de recalque acoplados a tubulações de ferro fundido, manilhas cerâmicas, madeira, chumbo antimônio, plástico, etc.

Os volumes a serem distribuídos a cada período de 4 ou 5 anos são os seguintes:

☐ terras com pH inferior a 4,0: 1.100.000 l/ha ou 100 l/m linear de sulco;

☐ terras com pH entre 4 e 5: 850.000 l/ha ou 95 l/m linear de sulco;

☐ terras com pH superior a 5: 650.000 l/ha ou 70 l/m linear de sulco.

No caso de se utilizar sistemas de irrigação por aspersão, pode-se aplicar o dobro dos volumes acima referidos.

A aplicação do restilo ao solo é considerada como uma fertilização de elevada eficiência, pois, além de trazer à terra os nutrientes necessários causa uma melhoria das condições físicas, químicas e bacteriológicas do solo e aumenta sua características de retenção de água e de sais minerais. Apesar de ser de natureza ácida, o restilo provoca uma alteração acentuada de pH do solo elevando-o para níveis ideais de alcalinidade. Isso se deve à degradação da matéria orgânica e à grande quantidade de bases trocáveis que são adicionadas ao solo (28).

Os quadros seguintes apresentam alguns resultados obtidos no Estado de São Paulo com a utilização racional do restilo como fertilizante.

Embora o restilo seja especificamente recomendado para as lavouras de cana de açúcar, pelo fato deste se encontrar nas proximidades das usinas, tem-se obtido bons resultados também com outras culturas como mostra o quadro 9.

Os demais resíduos, oriundos da fabricação de açúcar de cana e álcool etílico, mencionados na introdução deste capítulo, ou por não apresentarem cargas poluidoras altamente significativas ou por não se constituírem em volumes elevados ou, ainda, por serem intermitentes, não serão abordados com maiores detalhes neste trabalho. Considerações detalhadas sobre esses resíduos são en-

contradas na literatura citada (8, 9, 16, 23).

Um resumo dos principais resíduos da industrialização da cana-de-açúcar e álcool resultante do levantamento efetuado em 15 usinas do Estado de São Paulo (23) é apresentado no Quadro 10.

PRODUÇÃO DE ALCOOL DE MANDIOCA E CARACTERÍSTICAS DOS DESPEJOS ORIUNDOS

VOLUMES PREVISTOS

Praticamente, a produção de álcool de mandioca não começará antes de 1980.

QUADRO 8 — RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE RESTILO E CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR — SOLO ARGILOSO, FÉRTIL E POUCO ÁRIDO (28)

Cortes	Produção em toneladas por alqueire (*)	
	Testemunha	Com aplicação de restilo
1.º	350,90	473,11
2.º	247,32	384,29
3.º	93,39	188,03
4.º	151,73	245,87
5.º	150,52	209,33

(*) 1 alqueire = 2,42 ha.

QUADRO 9 — RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE RESTILO A LAVOURAS DIVERSAS (28)

LAVOURA	PRODUÇÃO	
	Testemunha	Com aplicação de restilo
Feijão - em terreno arenoso, ácido, de má fertilidade	1,8 sacas (*)	29,6 sacas
Algodão em solo arenoso de baixa fertilidade	26 arrobas/alqueire (**)	224 arrobas/alqueire
Milho — em terreno arenoso de baixa fertilidade, árido	2.285,6 arrobas/alqueire	7.797,8 arrobas/alqueire

1 arroba/alqueire = 60 kg
 (*) 1 saca = 14,688 kg
 (**) 1 arroba = 6 kg/ha.

QUADRO 11 — PROPOSTAS DE DESTILARIAS DE ALCOOL DE MANDIOCA ENQUADRADAS NO PNA 10-7-1978 (DADOS DO CNPq)

Companhia	Local	Capacidade Autorizada (m³ álcool/dia)
Agro-Industrial Alcoomaniva	Santa Rita - PB	60.000
Cia. Agrícola Eliseu Batista	Cascavel - CE	60.000
Agrobrás Química Ltda.	Uruqui - PI	150.000
Cooper. Reforma Agrária	Barra do Corda - MA	120.000
Petrobrás S.A.	Curvelo - MG	60.000
Anidronorte Ltda.	Montes Claros - MG	120.000
Snop Agroquímica S.A.	Chapada dos Guimarães - MT	150.000
Cia. Distribuidora Sul Catarinense	Litoral Sul - SC	120.000
Alcoolsul S.A.	Litoral Sul - SC	120.000
Krimberg Alimentos S.A.	Rio do Sul - SC	120.000
Total		1.080.000

QUADRO 10 — CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ALCOOL VALORES RELATIVOS A 15 USINAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (23)

Resíduos	pH	Sólidos Totais (g/l)	Sólidos Dissolvidos (g/l)	Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	Oxigênio Dissolv. (mg/l)	DBO5, 20°C (mg/l)	COD Dicromato (mg/l)
Lavagem de cana	4,70-5,70	0,400-1,175	0,200-0,500	0,150-0,900	2,0-7,0	0,0-3,0	180-500	220-700
Água condensada dos evaporadores	6,20-6,90	0,140-0,190	0,120-0,150	0,010-0,030	0,1-0,1	0,0	500-1000	850-2300
Água condensada das colunas barométricas	6,20-7,20	0,120-0,400	0,110-0,250	0,020-0,070	0,1-0,5	0,0-4,0	40-140	70-190
Restilo	3,80-5,00	21000-8500	4000-31000	3000-13000	15,0-30,0	0,0	13000-26000	15000-27000
Lavagem dos tanques de fermentação	4,00-4,70	22000-59000	2000-5100	4000-20000	30,0-40,0	0,0	4000-15000	4500-16000

Do total de projetos aprovados em fevereiro de 1978, cuja capacidade correspondia a 4.645.000 m³ de álcool apenas 8% tinham a mandioca como fonte de matéria-prima (Dados fornecidos pelo CNPq).

Atualmente, apenas a destilaria de Curvelo, Minas Gerais, encontra-se em operação, mas a sua produção não tem significado tanto do ponto de vista de produção de álcool como de geração de poluentes.

As propostas de destilarias de álcool de mandioca enquadradas no PNA até 10-07-1978, são mostradas no Quadro 11.

PRODUÇÃO DE ALCÓOL DE MANDIOCA E CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS RESULTANTES

O processo de produção inicia-se com a lavagem da raiz. Não se dispõe de dados específicos de indústrias de álcool mas as fecularias de mandioca empregam os mesmos volumes de água utilizados na lavagem de cana, isto é, de 3.000 a 5.000 metros cúbicos por 1.000 toneladas de raízes (29).

Essas águas, além de se constituírem em volumes bastante significativos, apresentam cargas poluidoras bastante elevadas como mostra o Quadro 12.

QUADRO 12 — ÁGUAS DE LAVAGEM DE MANDIOCA EM FECULARIAS (29)

Parâmetro	Valor médio
pH	5,2
Resíduo Sedimentável (ml/l)	320
DBO (ml/l)	9.350
DOO (mg/l)	22.330
Turbidez (mg/IS ₂ O ₂)	3.500
Cianeto (mg/l)	20

Após a lavagem, a mandioca passa por operações de trituração e desintegração, sendo em seguida encaminhada às seções de preparação de raspa.

As fases seguintes são as de preparação da matéria-prima para a destilação, isto é, sacarificação e cozimento.

Durante o cozimento ocorre a liberação de gás cianídrico na proporção de 0,3 a 1,7 kg por metro cúbico de álcool produzido (dados fornecidos pelo CNPq), dependendo da variedade de mandioca utilizada.

O gás cianídrico representa, evidentemente, alta periculosidade devendo ser convenientemente queimado, podendo os produtos de combustão serem dispostos na atmosfera, através de chaminés.

Após o cozimento são processadas as reações enzimáticas com enzimas amilolíticas dando origem ao chamado mosto doce. Efetua-se, então, a fermentação com leveduras sendo o mosto fermentado-final encaminhado ao sistema de destilação.

A operação de destilação produz como efluente o restilo, cujas características são apresentadas no Quadro 6, na proporção aproximada de 12 litros por litro de álcool. Como se nota neste quadro, o restilo da mandioca "in natura" possui uma DBO ligeiramente inferior ao da cana-de-açúcar, isto é, 18.900 mg/l.

É importante considerar que o restilo de mandioca é gerado durante 10 a 11 meses por ano, uma vez que se utiliza a mandioca seca durante os 8 meses de safra e a raspa de mandioca durante os 3 meses de entressafra.

TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ORIUNDOS DA FABRICAÇÃO DE ALCÓOL ATRAVÉS DA MANDIOCA

ÁGUA DE LAVAGEM

Conforme mencionado, há pouca experiência na tratabilidade dos resíduos oriundos da produção de álcool através da mandioca.

As águas de lavagem das raízes apresentam uma DBO, resíduo sedimentável e turbidez bastante elevados, não parecendo serem passíveis de tratamento biológico aeróbio. Além disso, a presença de cianetos poderia vir a provocar problemas de manutenção de uma massa celular ativa o que tornaria o processo pouco eficiente.

Os tratamentos primários constituídos de grades ou peneiras, decantadores e leitos de secagem apresentam remoção acima de 90% de sólidos sedimentáveis, em torno de 30% da DBO, 50% de cianetos, e de apenas 17% na remoção da turbidez (29).

Deve-se estudar a possibilidade de tratamento primário, através de um sistema biológico, provavelmente anaeróbio, devido à elevada carga orgânica remanescente. Neste estudo deveria ser considerada a necessidade de adição de nutrientes e os efeitos sobre a massa celular (principalmente as bactérias metanogênicas) do cianeto remanescente do tratamento primário.

RESTILO

Como se nota pelo Quadro 6, os restilos oriundos da cana-de-açúcar e da mandioca apresentam na maioria dos parâmetros estudados, características bastante similares. Isso nos leva a considerar que o tratamento do restilo de mandioca possa vir a ser efetuado através dos mesmos sistemas sugeridos para o restilo de cana-de-açúcar, ou seja: disposição no solo, tratamento físico-químicos e biológicos, produção de massa fúnga e concentração.

Até que se disponha de maiores elementos dos demais processos ou sistemas, é recomendável que se estimule a disposição direta desse restilo no solo, como elemento fertilizante da mandioca.

Essa indicação é baseada nos bons resultados demonstrados por prática semelhante utilizada na lavoura de cana-de-açúcar.

A quantidade de matéria orgânica e nutrientes dos restilos de mandioca e cana-de-açúcar são mostrados no Quadro 13 (30).

Segundo elementos fornecidos pelo CNPq, a dosagem estimada de restilo de mandioca como fertilizante é de 50 m³/ha, gerando os seguintes equivalentes:

- sulfato de amônia 100 kg/hectare;
- superfosfato simples (30% P₂O₅) 35 kg/hectare;
- cloreto de potássio 90 kg/hectare.

Essa dosagem de 50 m³ de restilo por hectare satisfaz às necessidades da mandioca em potássio, sendo que outros tipos de fertilizantes devem ser adicionados para complementação dos teores de fósforo e nitrogênio.

QUADRO 13 — MATÉRIA ORGÂNICA, N, P₂O₅ E K₂O NO RESTILO (30)

Restilo oriundo de	Componente (kg/m ³)			
	Matéria Orgânica	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Melaço (*)	63,4	1,2	0,2	7,8
Caldo de Cana (*)	19,5	0,4	0,2	1,2
Mandioca (**)	21,8	0,4	0,2	1,1

(*) Dados da ESALQ - USP
(**) Dados do INT

PROBLEMAS DE POLUIÇÃO ASSOCIADOS AO AUMENTO DA PRODUÇÃO DE ALCÓOL E À UTILIZAÇÃO DESSE COMBUSTÍVEL EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Devido ao incremento da produção de álcool etílico para satisfazer à demanda do Plano Nacional do Alcool, indústria alcoolquímica e demais usos, é bastante provável que, se medidas não forem tomadas a curto prazo, ter-se-á um aumento considerável da poluição hídrica em certas áreas já consideradas críticas, e um provável agravamento da poluição atmosférica nos grandes centros urbanos.

Cada um desses dois aspectos implicam em efeitos diferentes. O primeiro deles é relativo à produção de álcool e terá como consequência o aumento da carga poluidora líquida a ser disposta e o segundo é associado à utilização do álcool etílico, principalmente em motores de automóveis, gerando produtos de combustão diferentes dos produzidos quando se utiliza apenas gasolina e que poderão eventualmente causar problemas de saúde pública considerável nos centros urbanos.

Como esses dois problemas apresentam características bastante diferentes, eles serão considerados separadamente.

PROBLEMAS DE POLUIÇÃO HÍDRICA

As destilarias de álcool de cana-de-açúcar anexas e autônomas, instaladas e autorizadas nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Alagoas, Paraíba e Pernambuco, estão indicadas nas figuras 4 a 9, respectivamente.

No Estado de São Paulo (Figura 4) a grande maioria das 78 destilarias instaladas e autorizadas se distribuem nas bacias do Piracicaba, Moji-Guaçu, Médio Tietê Inferior e Pardo. Embora a situação em algumas dessas bacias ainda deixe bastante a desejar do ponto de vista de qualidade das águas dos seus rios, as condições de usinas de açúcar e refinarias de álcool no Estado de São Paulo, tendem para uma normalização bastante rápida.

Como se pode observar pelo Quadro 14, as 76 indústrias de açúcar e álcool operando atualmente apresentam um potencial poluidor equivalente a 2.024.382 kg de DBO por dia, dos quais 1.787.849, isto é, 88% são removidos nos diferentes sistemas de tratamento e ou disposição instalados no Estado de São Paulo, tornaram essas áreas nas diversas indústrias. Os 12% remanescentes, isto é, 236.533 kg DBO/dia, embora representem

QUADRO 14 — CARGAS POLUIDORAS POTENCIAL E REMANESCENTES DAS USINAS DE AÇÚCAR E ALCÓOL NO ESTADO DE SÃO PAULO EM MAIO DE 1978*

Bacia	N.º de Indústrias	Carga Poluidora (kg DBO/DIA)		
		Potencial	Remanescente	% Remanescente
Moji-Guaçu	20	676.942	73.403	11
Capivari	5	98.600	16.195	16
Pardo	10	203.880	27.348	13
Piracicaba	15	395.590	46.891	12
Médio Tietê Inferior	12	406.250	29.335	7
Médio Tietê Superior	2	29.640	650	2
Baixo Tietê	1	14.193	438	3
Baixo Paranapanema	3	63.079	5.532	9
Alto Paranapanema	1	36.810	3.329	9
Iguapei	1	11.400	352	3
Vertente Parcial Rio Grande	1	28.500	19.500	68
Turvo	4	52.958	12.690	24
Rio Sorocaba	1	16.530	870	5
TOTAIS	76	2.024.382	236.533	12

(* Resumo elaborado pelo autor com dados das usinas fornecidos pela Superintendência das Unidades Regionais — DTSA — CETESB.

(assumindo uma taxa de contribuição por habitante igual a 0,054 kg DBO/dia) uma população equivalente de aproximadamente 4,4 milhões de habitantes, tendem, devido à atuação da CETESB, a ser drasticamente reduzidos em função das seguintes medidas que estão sendo indicadas aos usineiros:

- modificação dos sistemas de tratamento de águas de lavagem, passando de gradeamento, decantação simples ou mesmo lançamento direto para lagoas de estabilização;
- estimular a reciclagem das águas de lavagem e a utilização das águas condensadas das colunas barométricas nesta operação;
- estimular a recirculação das águas condensadas das colunas barométricas;
- melhorar as condições de evaporação dos evaporadores de múltiplo efeito, através da instalação de limitadores de arraste (internos) e recuperadores de arraste (externos);
- estimular a irrigação dos canaviais até que se utilize todo o restilo produzido;
- melhorar as condições de segurança no acúmulo e distribuição do restilo, isto é, eliminar os depósitos perigosos às margens de córregos receptores e incrementar a disponibilidade de equipamentos de reserva (bombas, tubulações e caminhões tanques) utilizados na distribuição do restilo;
- melhorar as condições de manutenção na entressafra.

Entendimentos diretos havidos em 1976 entre a Secretaria do Meio Ambiente e a Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Alcool, ambas do medidas passíveis de serem cumpridas a prazos relativamente curtos.

Uma boa política a ser adotada no Estado de São Paulo para outras usinas a serem implantadas futuramente, em função de um eventual aumento na porcentagem de álcool etílico no combustível utilizado em motores de combustão interna, seria a de estimular a expansão para oeste do Estado, onde as disponibilidades hídricas são maiores e as cargas poluidoras são menos consideráveis. De acordo com o "Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo" as áreas a oeste do Estado são consideradas as mais aptas, tanto para cultura de cana-de-açúcar como de mandioca, o que torna a expansão da indústria do açúcar e álcool para essa região ainda mais conveniente.

No Estado do Rio de Janeiro (Figura 5), a situação é bastante crítica na região de Campos, onde 10 usinas anexas estão autorizadas englobando a maior parte da capacidade autorizada atual para este Estado, que é de 1.175 m³/dia.

Como o solo de Campos não permite o recebimento do restilo como fertilizante torna-se importante estudar, a curto prazo, soluções práticas e econômicas para essa região.

O Estado do Paraná (Figura 6), cuja capacidade autorizada atual é de 1.370 m³/dia, parece não apresentar problemas de concentração, uma vez que suas destilarias, todas autônomas, situam-se na maioria, em larga faixa ocupando todo o norte do Estado.

Os Estados de Alagoas, Paraíba e Pernambuco (Figuras 7 a 9) têm atualmente, as seguintes capacidades autorizadas: 1.980 m³/dia, 700 m³/dia e 1.180 m³/dia, respectivamente. Todos esses Estados apresentam problemas de concentração de destila-



FIGURA 4 - Destilarias de álcool instaladas e autorizadas no Estado de São Paulo - 1978.

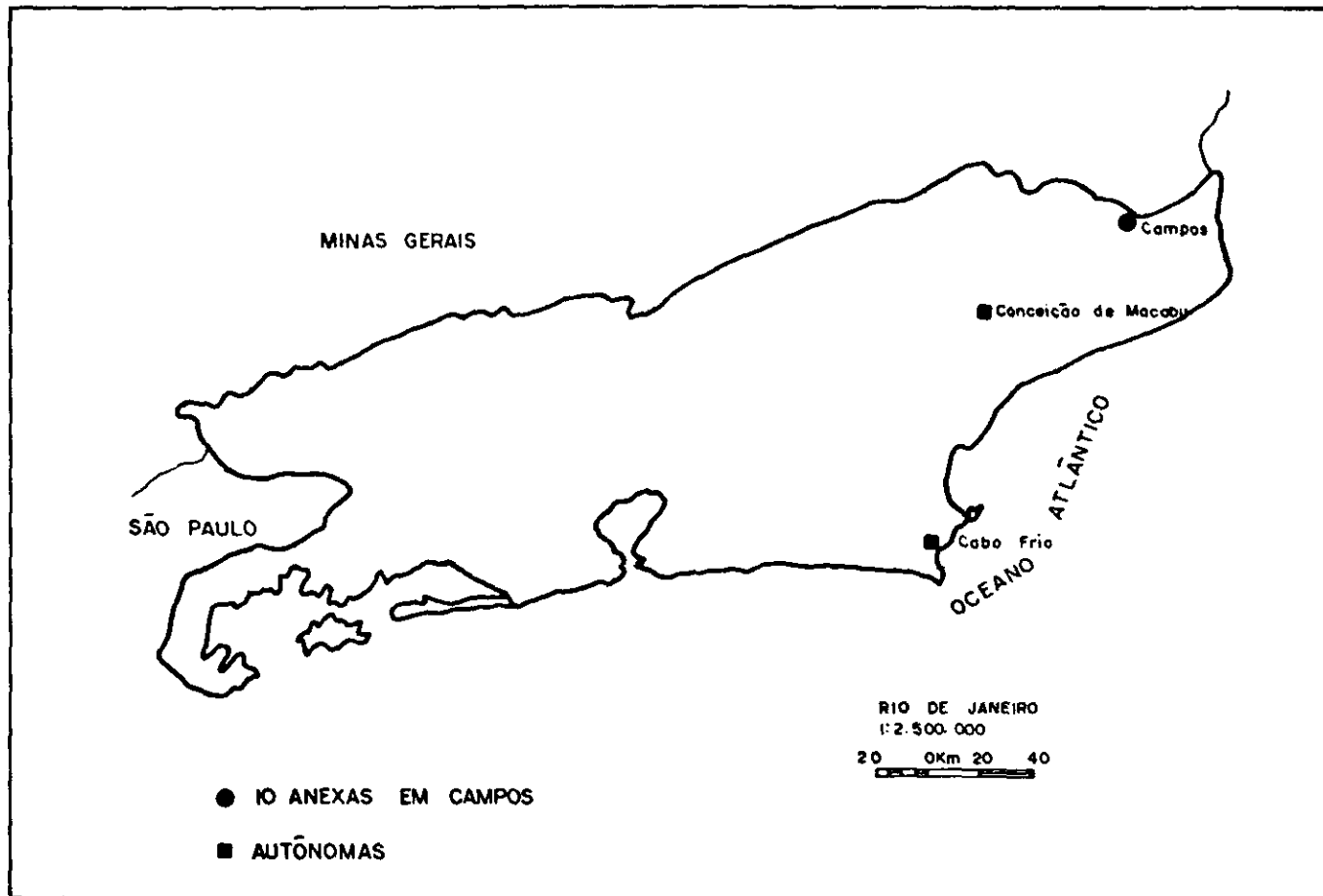


FIGURA 5 - Rio de Janeiro - capacidade autorizada - 1.175 m³/dia.

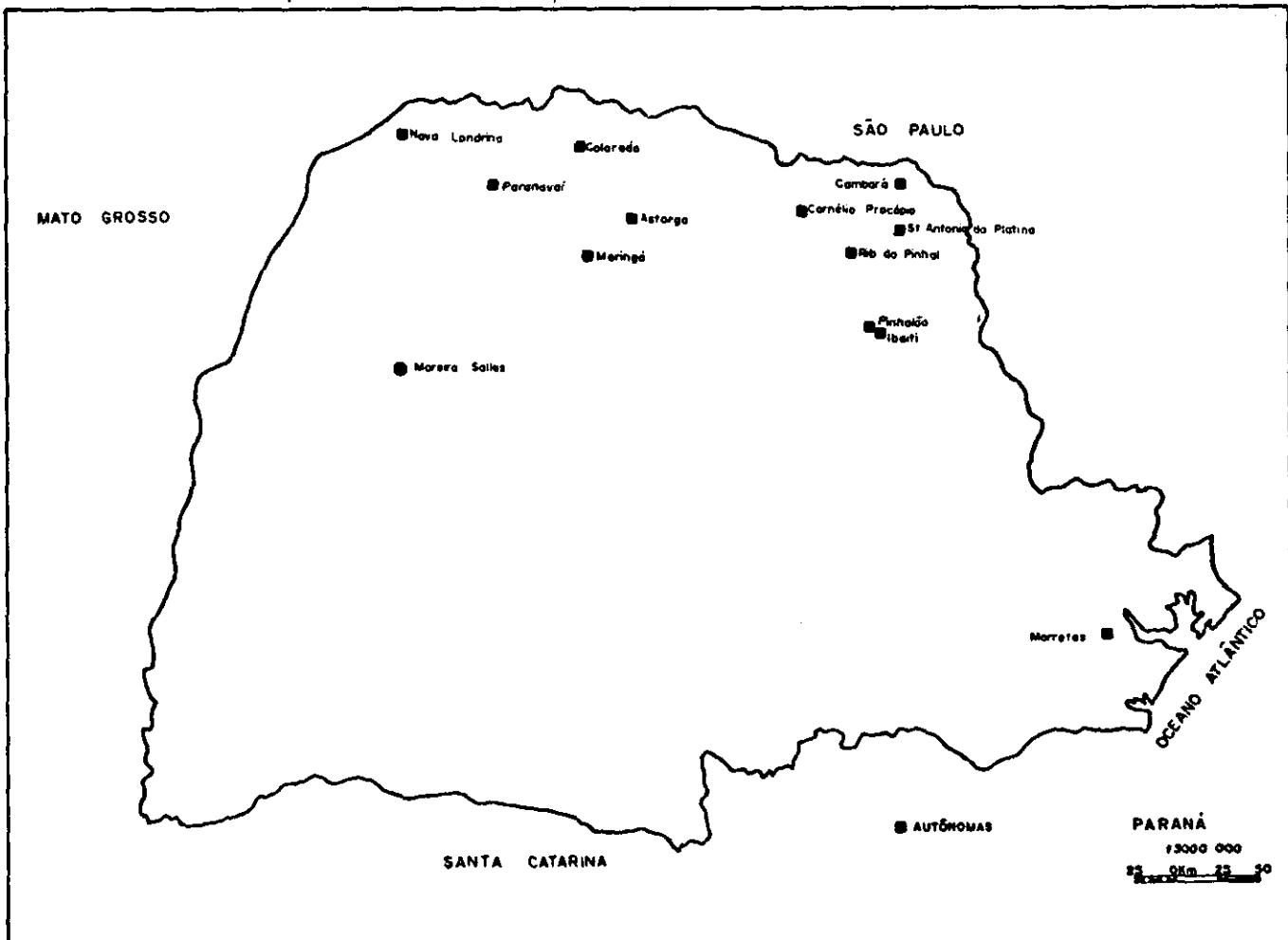


FIGURA 6 - Paraná - capacidade autorizada - 700 m³/dia.

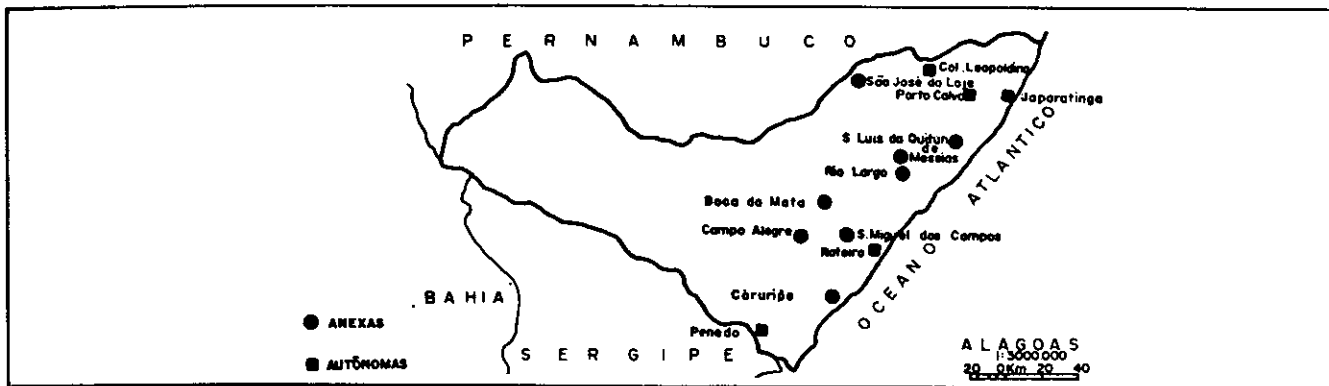


FIGURA 7 - Alagoas - capacidade autorizada - 1.980 m³/dia.

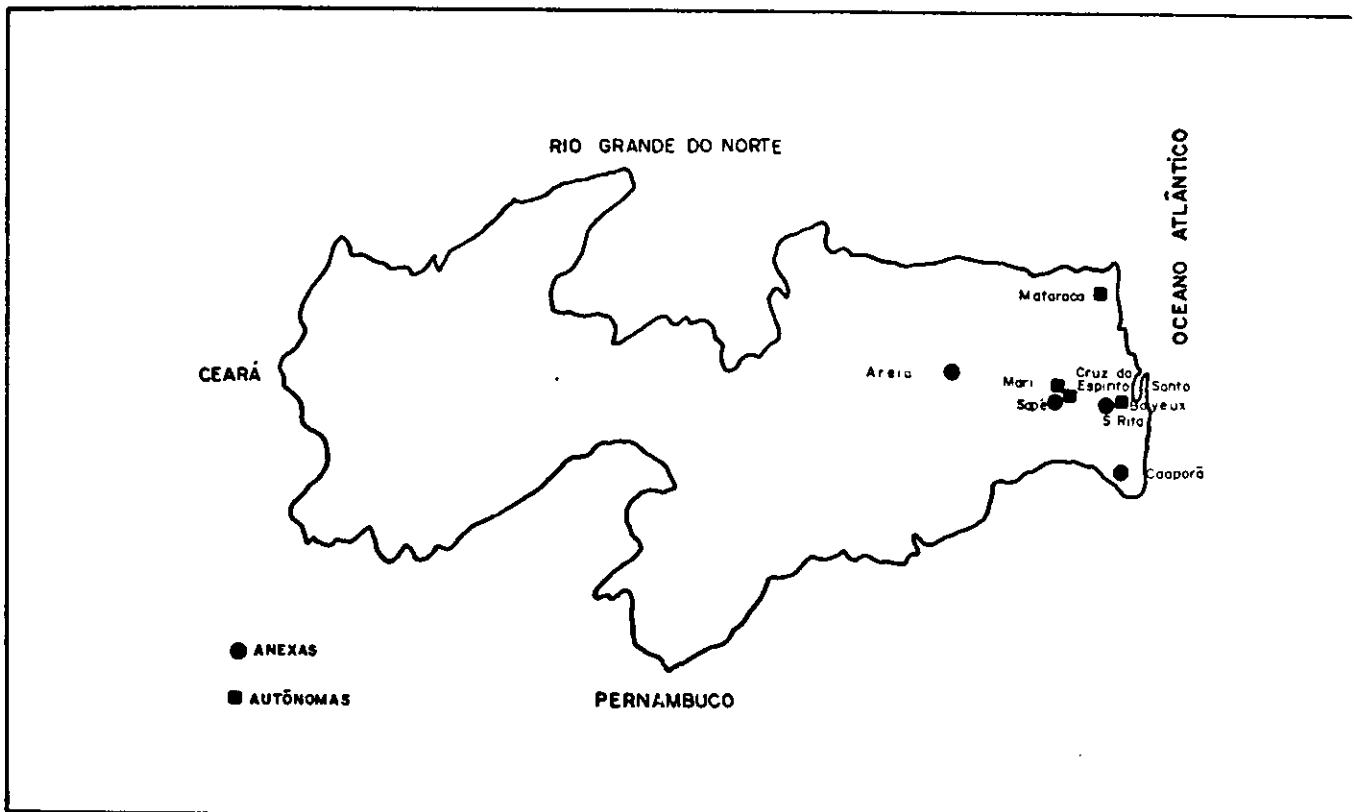


FIGURA 8 - Paraíba - capacidade autorizada - 700 m³/dia.

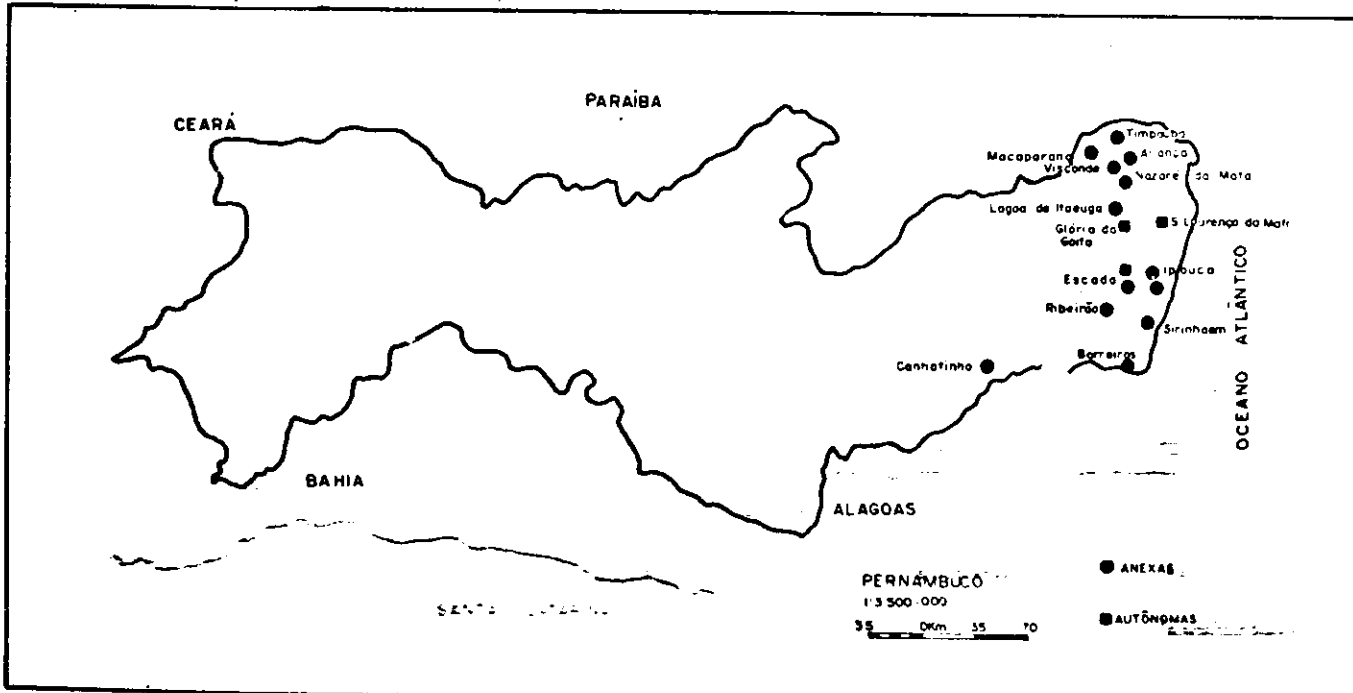


FIGURA 9 - Pernambuco - capacidade autorizada - 1.180 m³/dia.

rias em áreas relativamente pequenas, gerando problemas críticos de poluição. A mesma sugestão para expansão para oeste, apresentada para o Estado de São Paulo, poderia ser feita para esses Estados, dependendo, entretanto, das características de solo nessas regiões.

Sendo bastante difícil uma quantificação regionalizada dos problemas de poluição dos recursos hídricos, em função da expansão das destilarias de álcool, uma estimativa global, em termos de população equivalente daria uma idéia dos problemas de poluição que o Brasil deverá enfrentar proximamente.

O Quadro 15 apresenta o consumo de gasolina no Brasil com estimativa até o ano de 1986.

QUADRO 15 — CONSUMO DE GASOLINA NO BRASIL(*)

Ano	Consumo em 1000 m ³	
	Total Observado	Total Estimado
1967	7.445	
1968	8.375	
1969	8.862	
1970	9.808	
1971	10.726	
1972	12.121	
1973	14.067	
1974	14.443	
1975	14.724	
1976	14.829	
1977	14.203	
1978		16.680
1979		17.493
1980		18.313
1981		19.130
1982		19.946
1983		20.762
1984		21.579
1985		22.395
1986		23.212

(*) Fonte: Consumo total observado — Balanço Energético/78
Consumo total estimado — $Y_t = 11.782, 1 + 816,39X_t$; $r^2 = 0,9144$

Em 1980, por exemplo, para atender ao proposto pelo Plano Nacional do Alcool necessitar-se-ia de:

$$0,20 \times (18,313 \times 10) = 36,6^o \times 10^8 \text{ litros de álcool}$$

A produção, entretanto, não seria apenas esta, pois, são previstos para aquele ano mais 5×10^8 litros para atender ao comércio e médias indústrias tradicionais e mais $7,5 \times 10^8$ litros para a grande indústria álcool-química (31), o que se constitui em outra meta do Governo Brasileiro, que visa a produção de etileno, óxido de etileno e aldeído para o desenvolvimento das indústrias de plásticos, fibras sintéticas, solventes produtos farmacêuticos, elastômeros, plastificantes, antidetonantes, sabores artificiais etc. (32).

Necessitar-se-ia, portanto, em 1980 de $49,1 \times 10^8$ litros de álcool para atender às diferentes linhas de consumo enumeradas.

Assumindo-se a geração de 12 litros de restilo por litro de álcool produzido, DBO do restilo igual a 20 g/l, duração da safra de 150 dias e contribuição equivalente de 54 g DBO/habitante.dia, a carga poluidora oriunda do restilo apenas equivaleria a uma população de 145.000.000 de habitantes.

Isso significa, em termos de resíduos líquidos a serem dispostos, que, durante os 150 dias de duração da safra, uma população de 145.000.000 de habitantes deveria ser superposta à existente para gerar a carga poluidora oriunda do restilo das destilarias de álcool.

Um agravante bastante sério dessa situação é que essa população equivalente não deve ser suposta uniformemente distribuída sobre os grandes centros urbanos mas concentrada nas bacias onde se encontram as destilarias.

Deve-se considerar ainda, que os demais resíduos das indústrias de cana-de-açúcar e álcool (indústrias anexas) também apresentam cargas poluidoras significativas.

Para 1986, segundo elementos fornecidos pelo CNPq, o consumo total de álcool em todo o Brasil, será de 56×10 litros o que ampliará a população equivalente para 166 milhões de habitantes!

PROBLEMAS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NOS CENTROS URBANOS

Um dos principais problemas de saúde pública associados à concentração de automóveis nos centros urbanos é o relativo à composição dos produtos de exaustão de seus motores de combustão interna. A composição dos gases emitidos é analisada principalmente em função dos componentes que maiores problemas causam aos habitantes das concentrações populacionais, ou se-

jam, o monóxido de carbono (CO) óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), aldeídos e o próprio combustível remanescente da combustão. O CO é bastante conhecido por sua elevada toxicidade. Os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos não queimados reagem entre si na presença de luz solar, dando origem aos compostos oxidantes que constituem o "smog" fotoquímico causadores de irritação dos olhos e pulmões e danos à vegetação.

Os aldeídos, mesmo em concentrações muito baixas causam, em seres humanos e animais, irritação das mucosas dos olhos, do trato respiratório superior e da pele. Estudos de laboratórios efetuados em animais, demonstram que concentrações elevadas provocam problemas sérios nos pulmões e outros órgãos do corpo.

Além disso, podem provocar odores bastante desagradáveis e causar danos, direta ou indiretamente, aos vegetais.

O formaldeído, um dos aldeídos encontrados em produtos de combustão pode, em casos críticos, provocar lacrimejamento, espirros, tosse, dispnéia, sentimento de sufocação, pulso rápido, dor de cabeça, fraqueza, flutuação de temperatura do corpo, e dermatite, em pessoa mais sensíveis (33).

A toxidez do formaldeído em relação à gasolina, metanol e etanol é mostrada no Quadro 16 (34).

Um aspecto de extrema importância a ser considerado na utilização de álcool etílico nos motores de automóveis é relativo à variação da concentração do CO, HC, NO_x e aldeídos nos gases de combustão. Embora o assunto tenha sido considerado apenas recentemente, já se dispõe de algumas referências que mostram que pelo menos em termos de NO_x e aldeídos, o problema se agrava conforme se aumenta a porcentagem de álcool etílico no combustível.

A Figura 10 mostra análises dos gases de combustão efetuadas pela General Motors em um veículo mar-

QUADRO 16 — TOXIDEZ COMPARATIVA DO FORMALDEÍDO (34)

Composto	Contato nos Olhos	Inalação	Toxidez Relativa		
			Penetração na Pele	Irritação na Pele	Ingestão
Gasolina	(2)	(3)	(3)	(1)	(2)
Metanol	2	2	2	1	1
Etanol	2	1	1	1	1
Formaldeído	4	3	4	4	3

Escala: 1 = suave
5 = toxidez extrema
() = estimativa — dependendo da composição

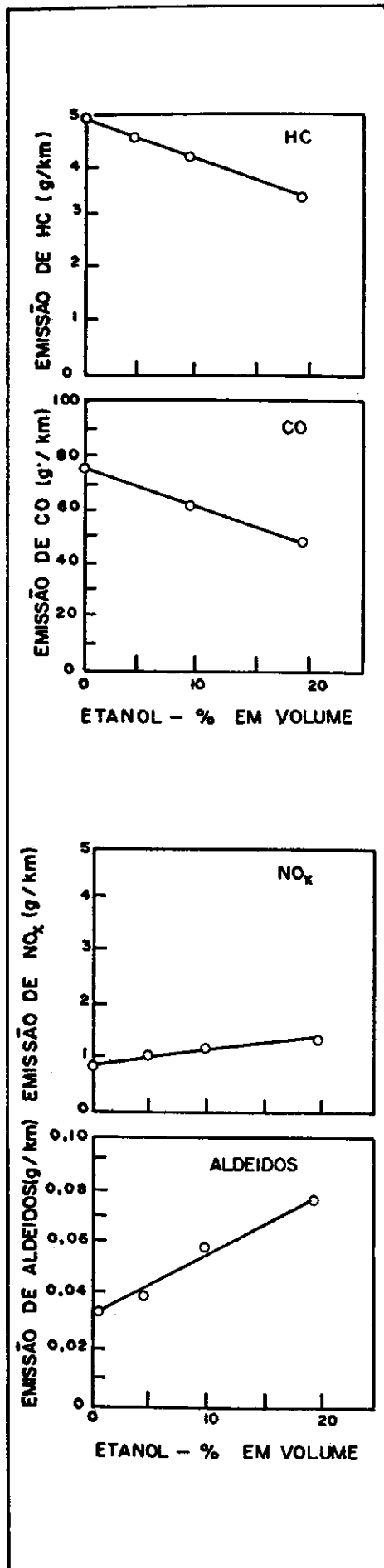


FIGURA 10 - Composição dos gases de exaustão de veículo brasileiro em função da porcentagem de etanol na gasolina.

ca Chevrolet, de fabricação nacional. Como se nota, a adição de 20% de álcool etílico à gasolina provoca uma substancial redução na emissão de HC e de CO e um acréscimo bastante elevado em aldeídos, enquanto que a variação de NO_x é levemente positiva.

As características dos gases de emissão, entretanto, dependem da relação ar/combustível (35). Esse aspecto é portanto de extrema importância, uma vez que, dentro das condições satisfatórias de desempenho dos motores, essa relação ser escolhida de maneira que não gere aumento de concentrações desses elementos indesejáveis nos gases de combustão.

O quadro 17, levantado em função de testes efetuados em um motor Chevrolet de 6 cilindros (36), demonstra que com 20% de álcool na gasolina e uma relação ar/combustível entre 15,1 e 14,5 permite 0% de CO nos gases de combustão. No-

te-se que, para qualquer relação ar/combustível as concentrações de CO são menores quando se utiliza a mistura gasolina álcool do que quando se utiliza apenas gasolina.

A Figura 11 mostra os testes efetuados em um motor de um único cilindro, operando com gasolina e uma mistura composta de 75% de gasolina e 25% de álcool etílico (em peso).

Os três gráficos mostrados na Figura 11 demonstram que a emissão de HC e NO_x é reduzida quando álcool etílico é acrescentado ao combustível.

O primeiro deles mostra a variação de HC (medido através de ionização de chama e infra-vermelho) em função da relação ar/combustível e o segundo mostra, porcentualmente, em quanto monta essa redução de HC. O terceiro indica a variação porcentual de NO_x, causada pela adição do etanol, em função da mesma relação ar/combustível.

QUADRO 17 — % DE CO NOS GASES DE EXAUSTÃO EM FUNÇÃO DA % DE ALCOOL ETILICO NA GASOLINA E DA RELAÇÃO AR/COMBUSTIVEL (36)

Relação Ar/Combustível	% de CO		
	Gasolina Apenas	10% de Álcool	20% de Álcool
15,1	0	0	0
14,5	1,1	0	0
14,0	2,1	0,8	0
13,5	3,2	1,7	0,9
13,0	4,3	2,8	1,9
12,5	5,4	3,9	3,0
12,0	6,8	5,1	4,2

A análise desses três gráficos mostrados na Figura 11 e no Quadro 17 mostram que, adotando-se uma relação ar/combustível em torno de 15, ter-se-ia um aumento muito pequeno de CO, HC e NO_x provocado pela presença de álcool etílico no combustível.

Esse número não aparenta ser incompatível com o desejado pelos projetistas de motores para serem operados com a mistura gasolina-álcool etílico, uma vez que as curvas de torque apresentadas por Jackson (37) para esse mesmo motor de um cilindro, apresentam um torque máximo de aproximadamente 9,3 ft-lb com a relação ar/combustível igual a 12,2 e um valor de 8,8 ft-lb quando a mesma relação é 15.

Esse é um assunto de bastante importância que deverá ser apresentado aos projetistas para que um pequeno aumento na eficiência dos motores não venha gerar um grande problema de poluição ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas de poluição associados à produção de cana-de-açúcar parecem, a curto prazo, ter encontrado solução satisfatória no Estado de São Paulo, devido principalmente ao sucesso conseguido na disposição do restilo nas lavouras de cana, à atuação na CETESB na assistência tecnológica às indústrias e controle da emissão de poluentes, e no oportuno contato direto estabelecido entre a Secretaria do Meio Ambiente e a Cooperativa de Produtores de Açúcar e Alcool, ambas do Estado de São Paulo.

Entretanto, devido ao aumento de produção, necessário para atender principalmente à demanda futura dos veículos auto-motores e da indústria álcool-química, é possível que a situação ecológica das bacias hidrográficas que drenam atualmente as regiões açucareiras e de outras que virão a se implantar, em vários Estados do Brasil, venham a se deterio-

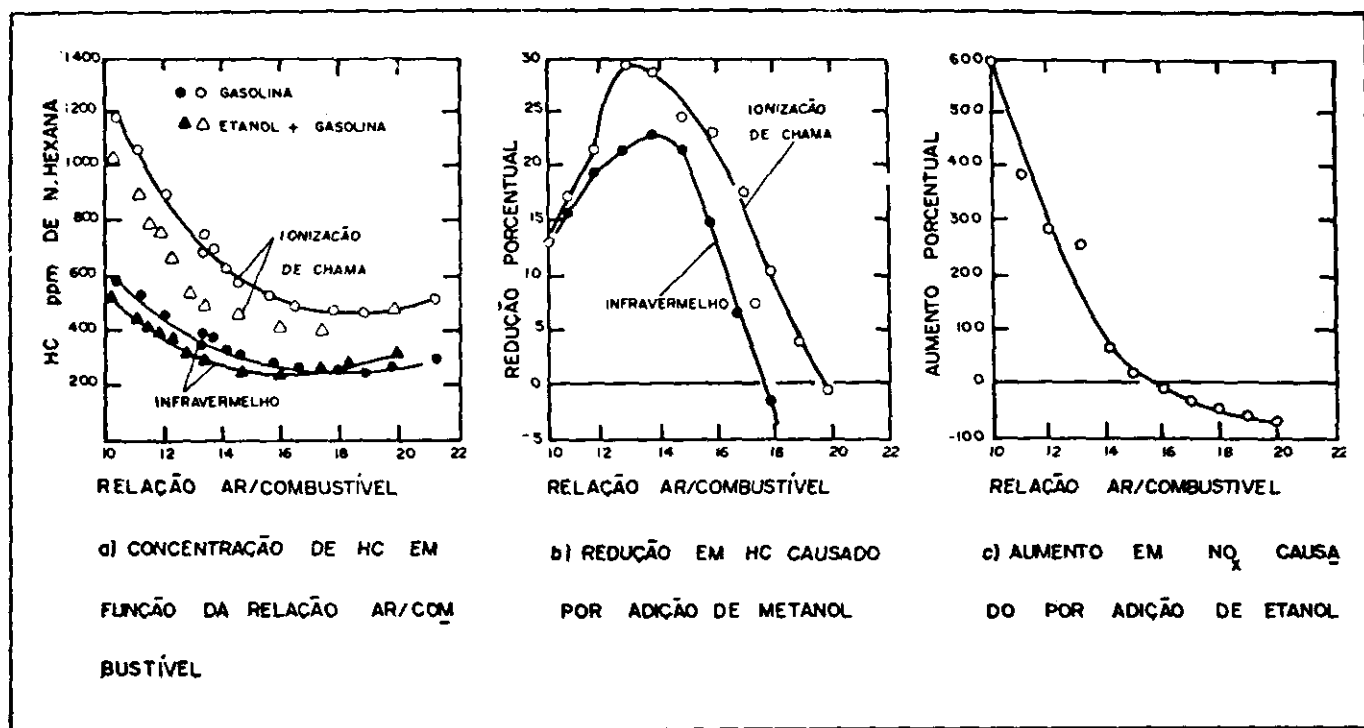


FIGURA 11 - Variação das concentrações de HC e NO_x em função da adição de etanol e da relação ar/combustível (21).

rar, se medidas especiais não forem consideradas. Essas medidas visariam: regulamentar a implantação de novas indústrias e disciplinar o aumento de produção das atuais, face aos tratamentos necessários e disponibilidade das bacias hidrográficas adjacentes na eventual assimilação dos despejos; estender a assistência tecnológica que a CETESB vem prestando, no Estado de São Paulo a todas as regiões açucareiras do Brasil; ampliação do incentivo governamental com relação ao financiamento e importação de equipamentos necessários ao controle da poluição.

Do ponto de vista da emissão de poluentes nos gases de combustão de auto-veículos, torna-se necessário motivar as autoridades competentes no sentido de procurar compatibilizar a potência dos motores que utilizam etanol com a minimização das concentrações de hidrocarbonetos, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e aldeído.

SUGESTÕES PARA PESQUISAS

Para que ambos os aspectos da problemática do álcool etílico no Brasil, ou seja, produção através de cana-de-açúcar e mandioca e utilização em motores de combustão interna, sejam abordados sem que níveis indesejáveis de poluição prejudiquem nossos recursos hídricos e a vida dos grandes urbanos, torna-se necessário, além das medidas de regulamentação e controle propostas que diversas pesquisas correlatas sejam efetuadas a curto prazo.

Entre essas, citamos como prioritárias as seguintes:

□ estudo da relação ar/combustível nos motores de combustão interna que utilizam etanol de maneira a compatibilizar potência com a emissão de poluentes;

□ estudo da reatividade fotoquímica e formação de produtos de combustão em motores que utilizam etanol;

□ modelos para prever o impacto na atmosfera do uso contínuo de etanol em motores de combustão interna;

□ avaliação da exposição a diferentes níveis de vapores de etanol em etanol em diferentes condições ambientais;

□ caracterização de efeitos que resultam de exposição crônica, de baixa concentração de produtos de combustão de motores que utilizam etanol como combustível.

Além dessas, é recomendado também, prioritariamente, o desenvolvimento das pesquisas programadas pela Superintendência de Pesquisas da CETESB, relativas à disposição e tratabilidade dos resíduos das indústrias de cana-de-açúcar e álcool que são as seguintes:

UTILIZAÇÃO DE RESTILO COMO FERTILIZANTE EM SOLOS CULTIVADOS COM CANA-DE-AÇÚCAR

A finalidade deste estudo é complementar estudos que vêm sendo feitos, há vários anos, sobre a aplicação de restilo como fertilizante, bem como sobre a composição desse despejo, principalmente no que se

refere a elementos pesados e a elementos menores.

Obviamente, tal aspiração poderá colaborar na solução de problemas de poluição causados por esse resíduo, desde que não acarrete consequências prejudiciais à cultura da cana-de-açúcar.

UTILIZAÇÃO DE RESTILO COMO MEIO DE CRESCIMENTO DE FUNGOS E LEVEDURAS

Esta pesquisa tem em mira a redução da carga poluidora do restilo como consequência do crescimento de fungos e leveduras que, por sua vez, poderão ser utilizados como concentrados protéicos-vitamínicos para rações.

UTILIZAÇÃO DE RESTILO COMO MEIO DE CRESCIMENTO DE ACTINOMICETOS TERMÓFILOS

O objetivo deste trabalho é abrir uma nova linha de pesquisas que consiste em estudar o cultivo de actinomicetos termófilos em restilo. Os resultados positivos alcançados com esses microrganismos em outros tipos de resíduos (estumes de boi e de cavalo, principalmente) justificam o presente subprojeto.

O emprego de actinomicetos termófilos poderá acarretar as seguintes vantagens:

a) maior facilidade no controle da temperatura, que deverá ser mantida entre 50° C e 60° C;

b) menor perigo de contaminações devido à elevada temperatura de fermentação;

c) menor teor de ácidos nucléicos na biomassa final, com vantagens no seu emprego em rações.

BIODEGRADAÇÃO ANAERÓBIA DE RESTILO

Delineamento de experiências para pesquisar:

a) biodegradação anaeróbia de restilo de destilação de álcool mediante esfriamento e inoculação com esgoto doméstico;

b) produção de gás combustível (metano puro ou misturado com CO₂).

A finalidade principal da pesquisa é a redução da carga poluidora do restilo. Em segundo lugar pretende-se estudar a produção de gás combustível utilizável "in loco".

CARREAMENTO DE TERRA E NUTRIENTES PELAS ÁGUAS DE LAVAGEM

A finalidade principal deste estudo é procurar caracterizar a água de lavagem em função das condições de corte, colheita e transporte da cana.

SEPARAÇÃO DE BAGACILHO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM

O bagacilho, material flutuante que é arrastado pelas águas de lavagem e constituído praticamente por celulose, deve ser separado tendo em vista, principalmente, a redução da carga poluidora. O estudo dessa separação constitui a finalidade desta pesquisa.

REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM

O escopo deste trabalho é, primordialmente, estudar a possibilidade de recircular as águas de lavagem submetendo-as e tratamento com agentes inibidores da ação de microrganismos.

TRATABILIDADE DAS ÁGUAS DE LAVAGEM POR PROCESSOS BIOLÓGICOS

A finalidade desta pesquisa é o estudo da viabilidade do tratamento das águas de lavagem de cana por meio de processos biológicos aeróbios.

PERDAS DE AÇÚCAR POR ARRASTE NOS EVAPORADORES

Este estudo tem por finalidade medir as perdas de açúcar por arraste nos evaporadores com vistas à caracterização qualitativa e quantitativa das águas das colunas barométricas. Os balanços materiais correspondentes permitirão avaliar a conveniência e a viabilidade de siste-

mas destinados à redução dessas perdas.

RECIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS DAS COLUNAS BAROMÉTRICAS

As finalidades principais deste trabalho são:

a) estudo da adição de agentes inibidores às águas das colunas barométricas e seu posterior resfriamento quer em lagoas com aspersores, quer em torres de resfriamento;

b) estudo da viabilidade de recirculação das águas submetidas a prévio tratamento em lagoas de estabilização.

REFERÊNCIAS

- 1 — Hespanhol, I. *Pesquisa e Desenvolvimento, Resíduos Líquidos Industriais e seu Tratamento*. Seminário sobre "Tecnologia Brasileira Aplicada à Solução de Problemas de Saneamento Ambiental". São Paulo, CETESB, Agosto 1977.
- 2 — Krimm, R. IAEA Bulletin, 15, n.º 5, Maio 1973.
- 3 — Hespanhol, I. *Manufatura de Açúcar de Cana e Alcool Etílico*. Symposium on Treatment and Disposal of Residual Waters. Buenos Aires, 15-18 Junho 1976.
- 4 — Brasil/Açúcar. Coleção Canavieira n.º 8. Divulgação do M.I.C. Instituto do Açúcar e do Alcool, Divisão Administrativa, Serviço de Documentação, Rio de Janeiro, 1972.
- 5 — Lippman, Edmundo O. Von. *História do Açúcar*. Tradução de Rodolfo Coutinho. Instituto do Açúcar e do Alcool. Rio de Janeiro, 1940.
- 6 — Cabo Miranda, Marly. *O Novo Ciclo da Cana de Açúcar*. Saneamento (n.º 48), Janeiro/Dezembro, 1974. Rio de Janeiro. DNOS.
- 7 — Prado Jr., Calo. *Formação do Brasil Contemporâneo*. São Paulo, 1965.
- 8 — Lothar Hess, Max & Bralle, Pedro Marcio. *Los Desechos Líquidos de la Industria de Azucar*. Datilografado Panamá, Ago 1973.
- 9 — Meade, George P. *Manual del Azucar de Caña*. Tradução Montaner y Simon, S.A. Barcela, Espanha 1967.
- 10 — Keller, A. G. *Sugar Journal*. Outubro, 1959.
- 11 — Almeida Lima, V. Aquarone, E. & Borzani, W. *Biotechnology, Tecnologia das Fermentações*. (Vol. 1) Ed. Edgard Blucher Ltda. Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
- 12 — Azevedo Netto, J. M. & Hess, M. L. *Tratamento de Águas Residuárias (Separata Revista DAE)* São Paulo, Brasil, 1970.
- 13 — La Fleur, R. A. *The Sugar Factory Pollution Abatement in Louisiana*. Proceedings of 16th Industrial Waste Conference. Purdue University, Lafayette, Indiana (212-216), 1961.
- 14 — Lamb III, J. C. *Guidelines for the Control of Industrial Wastes 3. Cane Sugar Industry Wastes*. World Health Organization, WHO-WD-71.8.
- 15 — Centurion, R. E. R. Monteiro, C. E. Kawai, H. & Hirata, R. *Tratamento de Despejos Líquidos de Usinas de Açúcar*. CETESB, São Paulo, Brasil.
- 16 — Onischi, E. Y. & Campos, J. F. F. *Usinas de Açúcar e Alcool*. Tratamentos Recomendados visando o Controle da Poluição das Águas. XII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria, 20-26, Ago 1972, Assuncion, Paraguay.
- 17 — Webre, A. L. *The Problem of entrainment in evaporators*. Sugar y Azucar, April 1964 (54-57).

- 18 — O Problema da Vinhaça em São Paulo. Instituto Zimotécnico da USP. (Boletim n.º 3). Piracicaba, SP, 1953.
- 19 — Equipe da Divisão de Açúcar e Fermentação do INT. *Produção de Biomassas Fungica de Vinhoto*. Anais do Seminário Internacional sobre Vinhoto. Instituto Nacional de Tecnologia. Ago 1976, Rio de Janeiro.
- 20 — Serra, P. G. *Efeitos Específicos devidos à composição química de cada um dos tipos de resíduos das usinas e destilarias*. Simpósio sobre Resíduos de Industrialização da Cana de Açúcar. CETESB, São Paulo, 1969.
- 21 — Anais do Seminário Internacional sobre tratamento de Vinhoto. Instituto Nacional de Tecnologia. Agosto 1976, Rio de Janeiro. Relatório do GT. III. *Evaporação do Vinhoto*.
- 22 — Galvão, M. F. J. *Processo Tiborcail*. Congresso Açucareiro Nacional, 1949.
- 23 — Monteiro, C. E. *Brazilian Experience with the Disposal of Waste Water from the Cane Sugar and Alcohol Industry*. *Process Biochemistry*. (33-41) Nov 1975.
- 24 — Hess, M. L. *Métodos de Tratamentos Químicos e Biológicos dos Resíduos da Industrialização da Cana de Açúcar*. CETESB, São Paulo, 1969.
- 25 — Hess, M. L. *Vinhaça Concentrada. Aspecto de sua Utilização como Fertilizante e Matéria-prima para Ração Animal*. Catálogo Proquip, Projetos e Consultoria Industrial. Eão Paulo, Dez 1975.
- 26 — Almeida Lima, V. *Possibilidades de Reaproveitamento Econômico dos Vários Tipos de Resíduos*. Simposio sobre Resíduos da Industrialização de Açúcar. CETESB, 1969.
- 27 — Almeida, J. R.; Ranzini G. & Vasechi, O. *La Vinasse dans l'Agriculture*. VIII Congresso Internacional das Indústrias Agrícolas. Bruxelas, 1950.
- 28 — Almeida Lima, V. *Dados Químicos sobre a Composição dos Resíduos da Industrialização da Cana de Açúcar*, CETESB, 1969.
- 29 — Cabral Jr., D. *As Fecúrias de Mandioca no Vale do Paraíba*. Aspectos Gerais e Medidas de Controle de Poluição das Águas. FESB, Fomento Estadual de Saneamento Básico. Julho 1972.
- 30 — Anais do Seminário Internacional sobre Tratamento do Vinhoto. Instituto Nacional de Tecnologia. Agosto 1976. Rio de Janeiro. Relatório do GT-IV — *Utilização do Vinhoto "in natura" como Fertilizante*.
- 31 — Pereira, M. S. *A Problemática do Alcool no Brasil*. Brasil Açucareiro. Ano XLV, Vol. LXXXVII, (n.º 4), Abril 1976.
- 32 — Coutinho, N. *Cadernos Açucareiros (IV) Economia e Política Alcooleiras*. Brasil Açucareiro. Ano XLV, Vol. LXXXVII, (n.º 1), Janeiro 1976.
- 33 — Stahl, W. R. *Preliminary Air Pollution Survey of Aldehydes*, U. S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Raleigh, North Carolina, October 1969.
- 34 — Hagey, G.; Parker Jr., A. J.; Raley, D. L. & Timbario, T. J. *Methanol and Ethanol Fuels*. Environmental, Health and Safety Issues. Não publicado.
- 35 — American Petroleum Institute. *The Committee for Air and Water Conservation. Use of Alcohol in Motor Gasoline*. A. Review, Publication n.º 4082, Aug 1971.
- 36 — Bolt, J. A. *A Survey of Alcohol as a Motor Fuel in Alcohols and Hydrocarbons as Motor Fuels*. Society of Automotive Engineers. New York, June 1964.
- 37 — Jackson, M. W. *Exhaust Hydrocarbon and Nitrogen Oxide Concentrations with and Ethyl Alcohol — Gasoline Fuel, in Alcohols and Hydrocarbons as Motor Fuels*. Society of Automotive Engineers, Inc., New York, June 1964.