

A experiência adquirida e os programas da CETESB relativos a tratamento e reutilização de águas residuárias de açúcar e álcool de cana *

Eng.º ROBERTO B. CENTURIÓN (**)

Eng.º GUGLIELMO TARALLI (**)

RESUMO

Em conseqüência do desenvolvimento da crise do petróleo, o álcool se transformou não apenas em mais uma hipótese viável mas também em importante contribuição para a solução real dos problemas energéticos brasileiros. A grande extensão territorial e solo adequado, clima tropical e luz solar intensa prevalentes no Brasil, são propícias ao cultivo da matéria-prima para produção de álcool etílico: a cana-de-açúcar.

A Institucionalização do Plano Nacional do Alcool, vinculado ao incremento da atividade canavieira, trouxe entretanto, a possibilidade de um agravamento do potencial poluidor das usinas produtoras, se medidas especiais não forem tomadas a tempo.

Em função dessa inevitável deterioração das condições sanitárias ambientais a Superintendência de Pes-

quisa da CETESB, vem se propondo a desenvolver e aperfeiçoar novas técnicas através de estudos de laboratório e plantas piloto, o que lhe dá, atualmente, condições de prestar assessoria e consultoria na implantação e atualização de sistemas de tratamento de resíduos da indústria de açúcar e álcool.

Neste trabalho estão resumidamente descritos os experimentos já realizados com alguns dos despejos em questão, ou seja: ensaios de tratabilidade em laboratório através de reatores biológicos aeróbios utilizando as águas de lavagem de cana; experiências efetuadas em escala piloto simulando o tratamento através de lagoas de estabilização mecanicamente aeradas de baixa densidade de potência e as atividades de assessoria e consultoria relacionadas a projeto e implantação de sistemas definitivos de tratamento desses efluentes (SCALE-UP).

Igualmente estuda-se o problema de controle de poluição no processo produtivo (IN PLANT CONTROL) concentrando-se esforços nas perdas de açúcar por arraste nas águas dos condensadores barométricos e mostrando que modificações nos equipamentos e no processo de produção leva-

ram a melhorias surpreendentes tanto no que se refere a recuperação de açúcar como no abatimento da carga orgânica dos efluentes.

Apresenta-se finalmente o plano de trabalho a ser iniciado em 1978, em complementação ao já realizado, e que tem como temas principais: restilo — sua disposição no solo como fertilizante ou reaproveitamento como fonte de produção de proteínas ou energia; águas de lavagem de cana de açúcar e águas das colunas barométricas dos evaporadores de múltiplo efeito — sua disposição final, reciclagem, reaproveitamento econômico, desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos de processo.

INTRODUÇÃO

Como conseqüência da recente crise do petróleo, várias linhas de pesquisa tem sido iniciadas em muitos países, a procura de novas fontes de energia.

Não há dúvida de que substratos orgânicos ou celulósicos deverão ser os mais estudados para substituir as fontes de materiais fósseis que se exaurem rapidamente. Os usos de tais substratos poderão nos levar a

(*) Trabalho apresentado ao XVI Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental — Santo Domingo — Fevereiro de 1978.

(**) Engenheiros da Superintendência de Pesquisa da CETESB.

produção de energia, ou produção de materiais, proteínas ou produtos químicos essenciais.

Gaden (1) recentemente propôs um esquema (Fig. 1) onde estão ilustradas as alternativas possíveis na ecologia do carbono. Visualizou o sistema como sendo constituído de 3 intermediários primários: amido (cereais), açúcar (cana e beterraba) e celulose (plantas, etc.); 3 intermediários secundários: glicose, etanol e proteína; e 3 produtos: combustível, alimentos e produtos químicos para síntese.

Uma alternativa à conversão de celulose a glicose ou a proteína, é a produção de álcool. Este é um outro intermediário chave no esquema de conversão da celulose, pois pode ser usado tanto na produção de alimentos e produtos químicos ou para síntese de energia (2). A Tabela 1 mostra alguns usos possíveis do álcool.

TABELA 1
USOS DO ETANOL

1.	Solventes
2.	Bebidas
3.	Alimento (via proteína)
4.	Síntese petroquímica (via etileno)
5.	Diluição em gasolina (combustível)
6.	Energia biológica (ATP)

O governo brasileiro preocupado com a situação energética mundial e, a par dessas informações propôs em seu Plano Nacional de Desenvolvimento, o Programa Nacional do Alcool, que prevê a produção deste, a partir principalmente de cana-de-açúcar ou mandioca para introduzi-lo em combustíveis automotores e na substituição de derivados petroquímicos.

Isto vem se tornando possível em função da grande extensão territorial, solos adequados, clima tropical e luz solar intensa, características do país.

Entretanto, este Programa trará como consequência um agravamento do potencial poluidor das usinas produtoras, se um controle eficiente não for efetuado.

A premissa básica desse Programa é a substituição de 20% da gasolina utilizada em veículos automotores por etanol.

A Tabela 2 mostra o crescimento do consumo de gasolina no Brasil.

Portanto em 1980, para atender a substituição de 20% da gasolina por álcool etílico, serão necessários 36×10^8 litros de álcool. Além desta quantidade, serão ainda necessários mais 5×10^8 litros para atender o comércio e indústria tradicionais e

TABELA 2
CONSUMO DE GASOLINA
AUTOMOTIVA DO BRASIL (*)

Ano	Consumo em Litros
1971	10.074.500.000
1972	10.880.500.000
1973	11.750.900.000
1974	14.090.000.000
1975(**)	15.015.000.000
1980(**)	18.000.000.000

(*) Fontes: Conselho Nacional do Petróleo

(**) Estimativas

$7,5 \times 10^8$ litros para a indústria álcool-química, objetivando-se a produção de etileno, óxido de etileno e aldeído acético. No total serão necessários $48,5 \times 10^8$ litros de álcool (3).

A Tabela 3 (4), apresenta o fator de poluição, em termos de equivalentes populacionais dos mais importantes despejos da indústria açucareira e alcooleira. Baseia-se num processamento de 1000 t de cana-de-açúcar, produzindo 95 t de açúcar e 36 m^3 de álcool 90° GL.

Desse modo para cada 1 000 t processadas de cana de açúcar origina-se um fator de poluição equivalente a 149.000 habitantes.

Por meio desses dados, poderemos calcular o equivalente populacional em 1980, somente para restilo. Para produzir-se 1 litro de álcool geram-se 10 litros de restilo, com uma DBO de cerca de 20 g/l. Admitindo-se uma duração de safra igual a 150 dias e uma contribuição equivalente de 54 g DBO/habitante-dia, teremos que a carga poluidora oriunda **somente do restilo** equivaleria a uma população de 120 milhões de habitantes em 1980 (3).

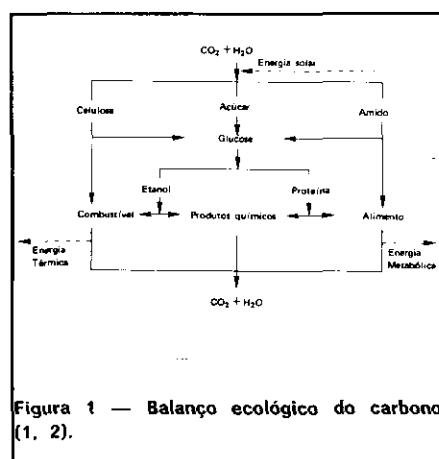


Figura 1 — Balanço ecológico do carbono (1, 2).

Essa imensa carga poluidora assim como a amplitude e a complexidade dos problemas ambientais com os quais o Brasil vem se defrontando ultimamente, obriga-nos a um enfoque do problema do ponto de vista nacional. Esse deve-se referir principalmente à reutilização dos resíduos provenientes da indústria alcooleira e açucareira, visando o ressarcimento, pelo menos parcial dos elevados recursos financeiros a serem empregados nos sistemas de tratamento e reuso que se farão necessários.

OBJETIVOS

Tomando-se em consideração todos os fatores citados a CETESB vem-se dedicando a um grande esforço objetivando à solução de problemas particulares de algumas usinas de açúcar e álcool, e a desenvolver pesquisas relativas a aumento de produtividade, e a melhoria dos processos de tratamento, orientados, como já descrito, também à obtenção de subprodutos que possam ser reutilizados nas usinas ou comercializados diretamente.

Portanto, mostraremos sucintamente a seguir, a tecnologia já adquirida em pesquisas realizadas, tanto em escala de laboratório quanto em escala piloto. Apresentaremos, também, um plano de pesquisa que será realizado em conjunto com outros Institutos de Pesquisas nacionais, de maneira a se ter uma adequada divisão de responsabilidades e tarefas. Este, é óbvio, em face à considerável diversidade e complexidade de questões e soluções possíveis, não abrange todos os aspectos do problema.

PROCESSAMENTO INDUSTRIAL E ORIGEM DOS DESPEJOS

O processamento industrial atual, típico da fabricação do açúcar e do álcool a partir da cana-de-açúcar está resumido esquematicamente na Figura 2 (3), autoexplicativa, em seqüência. Na mesma figura pode-se acompanhar os balanços materiais e observar os pontos de origem das águas residuárias industriais.

TRABALHOS JÁ REALIZADOS

As usinas de açúcar e álcool, pela sua carga poluidora potencial, pela sua crescente produção e ao mesmo tempo pelos fatores agravantes tais como a concentração de usinas em

TABELA 3

CARGA POLUIDORA POTENCIAL E TERMOS DE EQUIVALENTE POPULACIONAL (BASE DE CÁLCULO — 1000 t DE CANA-DE-AÇÚCAR).

Despejos	Volume (m ³)	(20°C) DBO ₅ (mg/l)	Carga poluidora (kg)	Polição equivalente (habitantes)	Porcentagem
Águas de lavagem de cana	5 000	220	1 100	20 000	13,4
Águas condensadas dos evaporadores	580	800	465	8 600	5,8
Águas dos condensadores barométricos	11 185	90	1 000	18 500	12,4
Restilo	360	15 000	5 400	100 000	67,1
Águas das dornas	20	5 000	100	1 900	1,3
			TOTAL	149 000	100,0

Fonte: CETESB (3)

áreas rurais restritas, a coincidência da safra com a época de estiagem, os usos múltiplos da água, tem sido sempre encaradas como de grande importância como fontes de poluição, tanto que a conveniente disposição de suas águas residuárias industriais vem sendo já há tempo objeto de estudos sistemáticos.

Até a data atual praticamente todos os despejos deste tipo de indústria já tem algum estudo, ou seja: as águas de lavagem de cana, as águas dos condensadores barométricos, as águas condensadas dos evaporadores, o restilo, as águas de lavagem de pisos e equipamentos incluindo os resíduos líquidos provenientes da remoção de incrustações e as águas de lavagem das dornas de fermentação.

Evidentemente, as águas de lavagem da cana, as águas condensadas

dos evaporadores, as águas dos condensadores barométricos, o restilo e as águas de lavagem das dornas são, sob o ponto de vista do potencial poluidor, os mais significativos despejos da indústria açucareira e alcooleira, enquanto que o resíduo líquido da remoção das incrustações, devido ao seu reduzido volume, apresenta interesse secundário.

Apresentam-se, na tabela que se segue (Tabela 4), dados referentes às faixas de variação das características dos cinco principais despejos, tendo como base determinações analíticas de várias indústrias (quinze) do Estado de São Paulo.

Evidentemente, as características qualitativas e as vazões dos efluentes dependem sensivelmente das condições locais, do processo e da operação industrial. Como regra, onde há abundância de águas o consu-

mo é alto, chegando a baixar drasticamente em áreas de pouca disponibilidade.

Para efeito de balanço material, pode-se admitir (3) (5) que para cada 1.000 t de cana-de-açúcar são produzidas 95 t de açúcar e 36 m³ de álcool 96° G.L., dando origem a 5.000 m³ de águas de lavagem de cana-de-açúcar, 580 m³ de águas condensadas dos evaporadores, 11.185 m³ de águas dos condensadores barométricos, 360 m³ de restilo e 20 m³ de água de lavagem das dornas. A Tabela 3 ilustra o fato. No entanto, é importante que se tenha em mente, que uma grande quantidade de excedentes de cana-de-açúcar, que ocorre em determinada safra, pode aumentar substancialmente a quantidade de álcool fabricada, para cada 1.000 t de cana processada, tendo-se um proporcional aumento dos volumes de restilo e da água de lavagem de dornas, e em consequência da carga poluidora potencial desses despejos.

ÁGUAS DOS CONDENSADORES BAROMÉTRICOS E ÁGUAS CONDENSADAS DOS EVAPORADORES

Tem sua origem no sistema de concentração de caldo de cana e são da mesma natureza. O cuidado fundamental é se tentar evitar os arrastes de sacarose que saem em forma de gotículas de caldo, carregadas pelas rápidas correntes de vapor existentes nos evaporadores. Tal fator de poluição que pode provocar alterações indesejáveis nos cursos d'água receptores se constitui também em considerável perda de açúcar, significando menor lucro final.

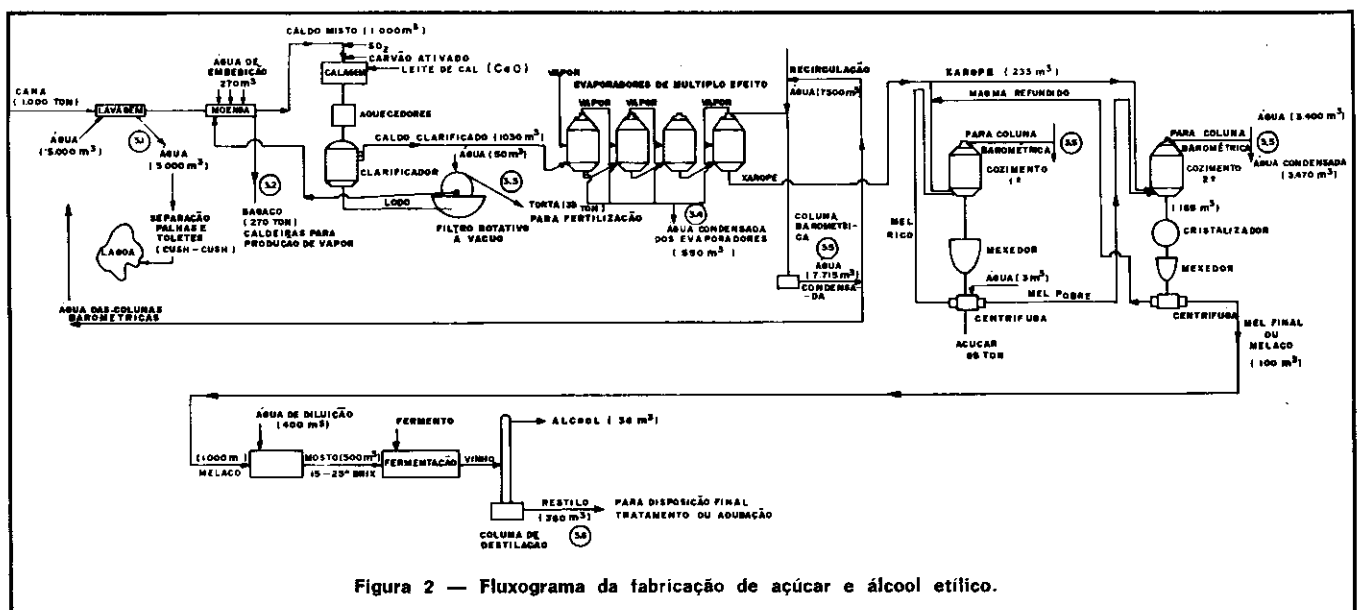


Figura 2 — Fluxograma da fabricação de açúcar e álcool etílico.

TABELA 4

**CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS DA FABRICAÇÃO DE CANA
DE-AÇÚCAR E ALCOOL. VALORES RELATIVOS A 15 USINAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (5)**

Resíduos	PARÂMETROS							
	pH	Sólidos Totais (g/l)	Sólidos Dissolvidos (g/l)	Sólidos Suspensos Totais (g/l)	Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	Oxigênio Dissolv. (mg/l)	DBO 5,20°C (mg/l)	DQO Dicromato (mg/l)
Lavagem da 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	500-1.000	850-2.300
Água dos condensadores barométricos	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	21.000-85.000	4.000-31.000	3.000-13.000	15,0-30,0	0,0	13.000-26.000	15.000-27.000
Lavagem dos Tanques de Fermentação	4,00-4,70	22.000-59.000	2.000-5.100	4.000-20.000	30,0-40,0	0,0	4.000-15.000	4.500-16.000

O arraste ocasionado cresce com o vácuo, sendo o último da série de evaporadores o mais prejudicado. Determinações efetuadas pela CETESB mostraram que a partir do segundo efeito do sistema até o condensador barométrico as concentrações de açúcar cresceram desde 4 g/m³ até 29,5 g/m³ para vazões de 280 a 7.750 m³/dia ocasionando perdas desde 1,12 até 228,61 quilogramas de açúcar por dia.

Em função da existência ou não de separadores de arraste e dependendo da eficiência destes, as perdas de caldo de cana concentrado em sistemas de evaporação múltiplo efeito chegam a variar de 3% até menos de 0,1% (5).

O princípio de funcionamento dos separadores se baseia em "artifícios" tais como mudanças de direção, variações bruscas de velocidade, impactos sobre obstáculos, uso de força centrífuga e até o simples aumento de altura do vaso de evaporação.

Pelos esquemas a seguir (Figs. 3, 4 e 5) pode-se ter uma idéia melhor de tais separadores (internos ao evaporador) ou recuperadores de arraste (externos ao vaso de evaporação).

Os custos de construção e instalação de tais equipamentos retornam rapidamente e chegam até, conforme a solução adotada e em função da particular usina, a ser amortizados em uma safra.

De uma maneira geral, pode-se reduzir o arraste de açúcar observando-se as seguintes recomendações básicas (3): manter o vácuo dentro dos limites estabelecidos para cada um dos efeitos do sistema de evaporação; 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 separador externo pelo menos no último estágio; manter o sistema sob vigilância contínua analisando freqüentemente o conteúdo de açúcar das águas condensadas oriundo de cada um dos efeitos.

Apesar da redução 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 cuidados especiais não forem considerados. O primeiro aspecto é com relação à temperatura. Sendo esta de aproximadamente 40°C na saída da 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 resolvi-

dos com relativa facilidade, utilizando-se um sistema de bocais aspersores a fim de obter nebulização suficiente para produzir aeração e 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.

ÁGUAS DE LAVAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR

Não só em decorrência do êxodo rural e conseqüente escassez de mão-de-obra, mas também pela facilidade na colheita, a despalha dos canaviais no Estado de São Paulo é feita com o auxílio do fogo. Todavia, tal prática provoca a saída de sensível quantia de sacarose do interior para a superfície dos colmos. Quando a cana é cortada, uma parcela de terra fica então aderida e vai causar não só problemas de abrasão nas moendas, mas também contribuir para elevação na parcela de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis nas águas de lavagem de cana.

Análises feitas pela CETESB tem mostrado teores de sacarose de 0,5 kg/m³ de água de lavagem, o que vale dizer, com base nas quantidades apresentadas no fluxograma, que se tem uma perda de açúcar de aproximadamente 2,5 kg/t de cana colhida com despalha feita com auxílio de fogo (5).

Acredita-se que, face a progressiva dificuldade na obtenção de mão-

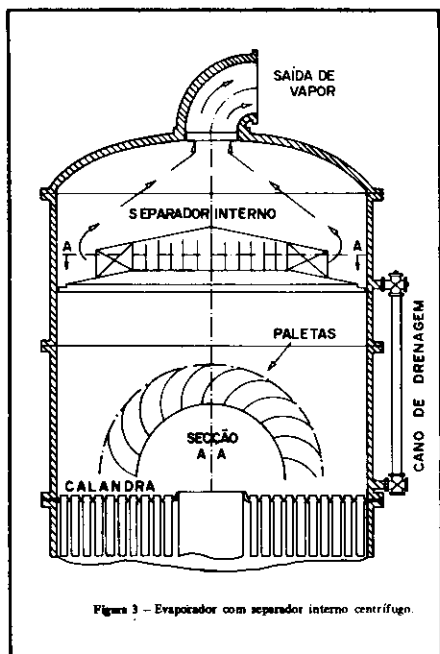


Figura 3 - Evaporador com separador interno centrífugo.

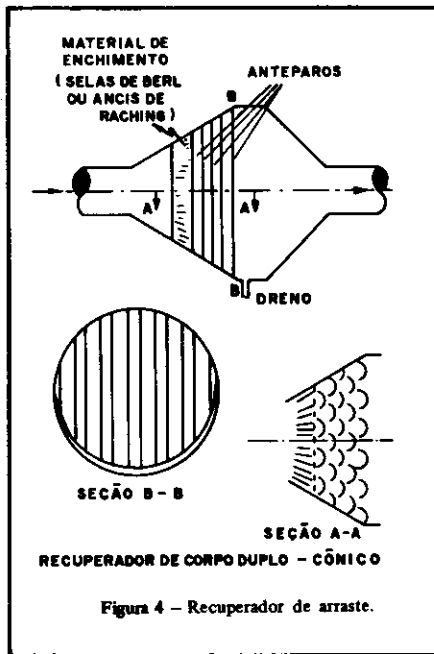


Figura 4 - Recuperador de arraste.

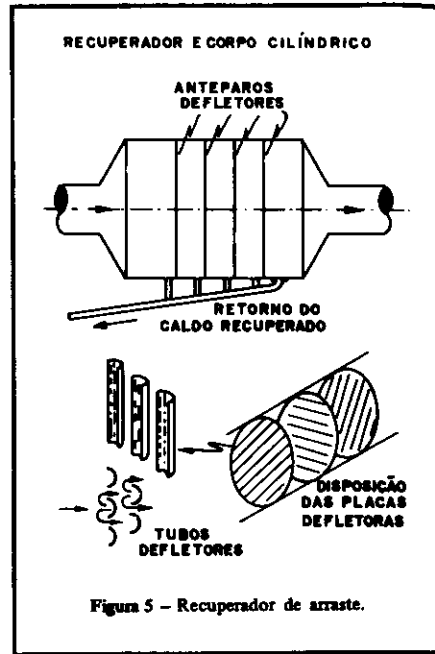


Figura 5 - Recuperador de arraste.

de-obra rural, venha-se a exigir nos próximos 10 anos uma mecanização crescente na colheita mesmo apesar das dificuldades operacionais decorrentes da altura variável dos colmos, da tendência de certas variedades de cana ao tombamento e da topografia irregular dos terrenos cultivados.

No entanto, enquanto se aguarda a prática de colheita mecânica e conseqüente dispensa de lavagem de cana o problema prossegue e engrossa a lista de preocupações das autoridades de proteção ao meio ambiente.

A par de tais informações, foram desenvolvidas pela CETESB experiências, cuja seqüência de operações vem condensada a seguir, que demonstraram ser o despejo bastante biodegradável e biologicamente estabilizável (16, 18, 19).

Primeiramente, de posse das características básicas do despejo iniciaram-se experimentos de tratabilidade biológica em laboratório empregando reatores aeróbios onde a matéria orgânica solúvel (substrato) é estabilizada pela ação microbiana, ocorrendo a formação de flocos. A remoção de substrato por parte de microrganismos ocorre de duas maneiras: a) parte do substrato é utilizada na síntese de novas células; b) a parcela restante é oxidada para produção de energia celular e conseqüente manutenção das funções normais.

Com o sistema estabilizado e em operação contínua, efetuando-se certas análises e empregando-se modelação matemática conveniente obtiveram-se parâmetros aplicáveis em projeto tais como: taxa de remoção de

substrato, coeficientes relativos ao consumo de oxigênio e produção de lodo ou massa microbiana ativa.

Nessa simulação de tratamento por lodos ativados, para pequenos períodos de detenção e ampla faixa de taxas de aplicação, a eficiência do sistema em termos de remoção de matéria orgânica atingiu média de 94%.

A partir dos dados de laboratório, o passo seguinte foi o projeto, construção e operação do sistema piloto.

O sistema experimental construído para os testes apresentava as seguintes características: capacidade de 92 m³, 2 m de coluna d'água, tempo de detenção hidráulico controlável, aerador mecânico superficial tipo turbina com eixo vertical, sistema de decantação tubular. No decorrer de sua operação, sua eficiência em % de remoção de DBO dependendo do tempo de detenção escolhido, variou de 28% a 92% para 9 h a 21 h 30' respectivamente.

A etapa final, nesta seqüência de aumentos de escala, foi a de se passar ao sistema definitivo de tratamento: lagoas de estabilização mecanicamente aeradas, já que se tinha conhecimento do comportamento dos resíduos frente ao tratamento biológico e se estava de posse dos parâmetros necessários ao projeto.

RESTILO

O restilo ou vinhaça, embora seja produzido em volumes pequenos comparado com os outros resíduos, é o que tem causado maiores controvérsias quando de seu lançamento sem tratamento conveniente, em corpos d'água.

TABELA 5

COMPOSIÇÃO DA VINHAÇA DE MELAÇO E DE CANA-DE-AÇÚCAR

ELEMENTOS ESTUDADOS	COMPOSIÇÃO MÉDIA DE VINHAÇA DE	
	Melaço %	Cana-de-Açúcar %
Sólidos totais	6,472	6,696
Matéria orgânica	4,629	5,141
Matéria mineral	1,955	1,507
Nitrogênio	0,045	0,015
Cálcio	0,076	0,044
Magnésio	0,025	0,013
Fósforo	0,011	0,009
Potássio	0,485	0,168
pH	4,78	4,57

Fonte: Almeida (6)

Basicamente, sua composição varia segundo os seguintes fatores (6):

a) natureza e composição da matéria-prima.

b) natureza e composição do mosto.

c) natureza e composição do vinho.

d) tipo e operação da destilaria.

A Tabela 5 (5) mostra a composição média de restilo proveniente de melaço e de cana-de-açúcar.

Portanto, o interesse em se estudar uma solução para a utilização econômica do restilo, tem aumentado, por dois motivos principais: o considerável aumento do seu volume, devido a instalação de novas destilarias e a proibição de lançamento em corpos d'água ou áreas inaproveitáveis estabelecidas pelas leis que controlam a poluição.

Tratamento e Disposição do Restilo

Existem várias possibilidades para o tratamento do restilo mas poucos demonstraram até o momento, devido a uma tecnologia que ainda não dispomos e de equipamentos relativamente caros, serem viáveis do ponto de vista econômico.

Inúmeras possibilidades de aproveitamento do restilo, vem sendo estudadas, sendo as principais: fermentação e obtenção de proteínas para alimentação animal; matéria-prima na obtenção de combustível, concentração e transformação em ração animal, aplicação como fertilizante diretamente na lavoura; tratamentos químicos ou físico-químicos e biológicos.

Restilo como substrato para produção de proteína alimentar

Estudos já realizados (7) vêm demonstrando que o cultivo de leveduras e outros fungos utilizando-se como substrato o restilo para a produção de concentrados protéico-vitâmico para o preparo de rações, é possível.

Entretanto, o efluente remanescente, é ainda rico em matéria orgânica e sais o que exigiria outros aproveitamentos em paralelo ou em série.

Além disso, é pouco conhecida ainda a viabilidade econômica do processo.

Matéria-prima na obtenção de combustível

Estudos já realizados (8,9) vem demonstrando a possibilidade de obter

se metano através de um tratamento anaeróbio do restilo, e uma redução paralela da carga poluidora, de cerca de 60 a 70% em termos de DBO.

Processos de evaporação ou incineração, obtendo-se como subprodutos nitrogênio, fósforo e potássio se mostraram antieconômicos (10).

Concentração e transformação em ração animal

Existem já operando, em vários países, instalações para concentração de vinhaço (processo VOGEL BUSCH) (11), assim como já se realizaram estudos referentes à utilização deste restilo concentrado a 60° Brix como matéria-prima para ração animal.

Aplicação como fertilizante

Os primeiros estudos relativos à utilização do restilo inicialmente para irrigação, e posteriormente como fertilizante, datam de 1918 (3,4).

Entretanto, somente a partir de 1950 foi comprovada ser positiva sua aplicação, principalmente na cultura canavieira.

Vários estudos desenvolvidos pelo Instituto Zimotécnico da Universidade de São Paulo, por Jaime Rocha de Almeida e colaboradores, tem mostrado que o aproveitamento do restilo na lavoura quando incorporado ao solo produz: aumento do pH, aumento do poder de embebição, melhoria das propriedades físicas e químicas, maior retenção de sais minerais, conservação da fertilidade e aumento da microflora.

Paralelamente, a esses estudos, vem sendo desenvolvidos pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, pesquisas relacionadas sobre as quantidades a serem aplicadas, sistemas de irrigação e aplicação, e o seu aproveitamento em outras culturas diferentes da cana-de-açúcar. Está sendo realizado também pelos pesquisadores da Escola citada um estudo sobre a economia dos diferentes sistemas.

Tratamentos químicos ou físico-químicos e biológicos

Estes, provavelmente, são os que apresentam maior potencialidade no tratamento dos restilos.

Os tratamentos químicos ou físico-químicos são baseados na floculação de substâncias orgânicas dissolvidas sob a forma de sais de cálcio insolúveis, obtendo-se reduções na ordem de 40 a 50% de DBO. Vem sendo

testados também, a utilização de polieletrólitos naturais como agentes floculantes.

Os processos biológicos, por sua vez, tem demonstrado uma eficiência maior. Entretanto, os mais estudados, que são lagoas de estabilização ou lagoas anaeróbias necessitam de grandes áreas para sua implantação (8, 12, 13).

Estudos em planta-piloto (10) mostraram que a conjugação de digestão anaeróbia seguida por valos de oxidação, apresentaram eficiências de remoção de DBO de cerca de 90%.

PLANOS PARA O FUTURO, PROJETO AÇÚCAR E ALCOOL

Em função da experiência acumulada, tanto pela CETESB quanto por Institutos de Pesquisas, afins, a Superintendência de Pesquisa da CETESB organizou um esquema de trabalho, onde foram selecionados por sua importância alguns temas específicos que passaram a se constituir em sub-projetos de pesquisa, que terão início em 1978.

Estes foram reunidos em três grandes grupos, descritos a seguir.

PRIMEIRO GRUPO: RESTILO

Este abrange o estudo de problemas de disposição, aproveitamento e tratamento de restilo.

Conhece-se, bastante bem os efeitos do restilo em corpos d'água, sendo que esses seriam tão desastrosos e tão prolongados que não teríamos, hoje, na zona industrializada, nenhum rio em condições toleráveis, de sanidade, se o restilo continuasse a ser lançado à água.

Portanto, parece supérfluo, procurar destacar importância e a necessidade de estudos com o objetivo de resolver, pelo menos parcialmente, problemas decorrentes de sua geração, que como já anteriormente citado, deverá aumentar, nos próximos anos de maneira considerável.

Este grupo de trabalhos relativo a restilo se constitui de 3 sub-projetos.

Subprojeto n.º 1 — Utilização de restilo como fertilizante em solos cultivados em cana-de-açúcar.

Trata-se de uma intensificação de estudos já realizados no período 1949-1960, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo.

Os trabalhos já realizados até o momento, o foram principalmente na região de Piracicaba e vizinhanças. Entretanto, os resultados desses ensaios, quando transferidos a outras regiões, forneceram muitas vezes, resultados diferentes dos esperados, devido aos diferentes tipos de solos, das variedades de cana e da própria composição da vinhaça.

Os trabalhos deste sub-projeto serão, portanto, realizados em diferentes regiões canavieiras objetivando-se uma economia dos fertilizantes normalmente utilizados na adubação dos canaviais, economia essa, suprida pelo uso do resíduo, e pelo aumento da produtividade. Além disso, ter-se-á benefícios, difíceis de serem economicamente mensurados, tais como: recuperação de solos, aumento do pH e do poder de embebição, aumento de flora microbiana, da capacidade de troca de cátions e da soma de bases.

Subprojeto n.º 2 — Utilização de restilo como meio de crescimento de fungos e leveduras.

As proteínas constituem a parte nobre da alimentação humana e animal. Os povos mais desenvolvidos são os maiores consumidores dessas, sobretudo as proteínas ricas, ou seja, aquelas de origem animal. Entretanto, as regiões mais pobres, são constituídas por povos que não consomem proteína em quantidades suficientes. Povos destas regiões, principalmente África, Ásia e América Latina, não tem conseguido acompanhar os países mais desenvolvidos, justamente pela frequência de moléstias provenientes de carência alimentar e por um estado de desnutrição.

Nessas regiões, devido as condições tropicais de solo e de temperatura e umidade elevada, há predominância de produção de hidratos de carbono e como já descrito, carência de proteínas.

Para suprir essa carência certos despejos de indústrias de processamento de vegetais vem sendo estudados, objetivando-se a produção de proteínas.

Nesse sentido, certas leveduras, pertencentes a algumas classes de seres vivos capazes de realizar a síntese de proteínas, a partir apenas de hidratos de carbono e sais minerais, vem sendo amplamente estudados e isolados. Como essa capacidade de síntese não está presente nem no homem, nem nos animais, colabora para aumentar o valor des-

ses microrganismos, dada a possibilidade de, indiretamente, melhorarem o suprimento de proteína animal, entrando na formação de carne, como constituintes de rações.

Portanto, objetiva-se neste subprojeto, a realização de pesquisas objetivando-se a produção de biomassas utilizando-se como substrato o restilo, a partir de microrganismos já selecionados e estudados.

Serão também desenvolvidos estudos sobre a composição desta biomassa produzida, seu valor nutricional e observações sobre a alimentação de animais.

Subprojeto n.º 3 — Utilização de restilo como meio de crescimento de actinomicetos termófilos.

Como já descrito anteriormente, o emprego de restilo como matéria-prima para o cultivo de leveduras e outros fungos vem merecendo a atenção de pesquisadores há vários anos.

O efluente remanescente de produção de proteínas, rico ainda em matéria orgânica e sais, poderia ainda vir a ser utilizado na irrigação de culturas, de maneira que a produção de proteínas e a irrigação de canaviais são passíveis de virem a ser exercidos simultaneamente.

O objetivo deste subprojeto consiste em estudar o cultivo de actinomicetos termófilos em restilo, visto os resultados obtidos com estes microrganismos em outros tipos de resíduos.

O emprego de actinomicetos termófilos poderá acarretar as seguintes vantagens:

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

b) menor perigo de contaminação;

c) menor teor de ácidos nucleicos na biomassa final, com vantagens no seu emprego em rações, pois estudos já realizados mostraram que valores superiores a 6% em proteínas, nas rações alimentares, interferem no metabolismo animal causando produção elevada de uréia (14).

Subprojeto n.º 4 — Biodegradação anaeróbia de restilo.

Vários pesquisadores vem estudando o processo de digestão anaeróbia de efluentes industriais com alta carga orgânica (15). Os estudos já realizados tem demonstrado que o processo é bastante eficiente na remoção deste material orgânico, como já descrito anteriormente.

Baseado nisso pretende-se neste sub-projeto estudar-se, tanto em es-

cala de laboratório, quanto em escala piloto, a biodegradação anaeróbia de restilo mediante um prévio resfriamento e inoculação com esgoto doméstico. Será estudado também, a produção de gás combustível (metano) com vistas a sua utilização no local.

SEGUNDO GRUPO: AGUAS DE LAVAGEM DE CANA

Neste grupo englobam-se os estudos referentes à caracterização, tratabilidade e recirculação das águas de lavagem.

Os seguintes subprojetos fazem parte deste segundo Grupo.

Subprojeto n.º 5 — Carreamento de terra e nutrientes pelas águas de lavagem.

Como o tipo de colheita, a despilha a fogo e a adubação de lavoura influem na qualidade dos materiais carreados na lavagem, a finalidade principal deste sub-projeto é procurar caracterizar a água de lavagem em função das condições de corte, colheita e transporte de cana.

Subprojeto n.º 6 — Separação de bagacilho das águas de lavagem.

Neste sub-projeto serão estudados tanto em escala de laboratório quanto em piloto, a separação de bagacilho através das seguintes operações:

- gradeamento e peneiramento
- flotação

A separação do bagacilho é importante devido a se constituir principalmente de celulose, e ser normalmente arrastado pelas águas de lavagem.

Subprojeto n.º 7 — Perdas de açúcar nas águas de lavagem. A finalidade principal é a quantificação das perdas de açúcar nas águas de lavagem, com vistas ao equacionamento dos balanços materiais e econômicos correlatos. Para o reaproveitamento ou tratamento das águas de lavagem é indispensável a caracterização destas.

Serão, portanto, determinadas as perdas de açúcar na exsudação, lavagem e picagem da cana, com a finalidade de comparar diferentes sistemas em funcionamento e, possivelmente, procurar novas opções mais favoráveis e econômicas.

Subprojeto n.º 8 — Reaproveitamento das águas de lavagem. Objetiva-se, primordialmente, estudar-se a possibilidade de recirculação das

águas de lavagem, após tratamento com agentes inibidores da ação de microrganismos (penta-clorofenol, cloro, etc.). Examinar-se-á também a utilização, na lavagem da cana-de-açúcar, de águas provenientes de outras fases do processamento industrial.

Subprojeto n.º 9 — Tratabilidade das águas de lavagem por processos biológicos.

Os ensaios para o estudo de tratabilidade de águas de lavagem por meio de processos biológicos aeróbios, serão divididos em duas etapas.

Na 1.ª, em escala de laboratório, será estudada a cinética, bem como determinar-se-á os parâmetros fundamentais que influenciam as transformações bioquímicas.

Na 2.ª etapa, a ser realizada junto a uma ou mais usinas, montar-se-á uma piloto, onde determinar-se-ão os parâmetros necessários para o dimensionamento do sistema de tratamento definitivo.

Note-se que tal subprojeto se desenvolverá como um refinamento dos trabalhos já desenvolvidos em safras passadas.

TERCEIRO GRUPO: ÁGUAS DE COLUNAS BAROMÉTRICAS

Este grupo de pesquisas compreende estudos objetivando-se tanto a modificação e otimização de evaporadores tradicionais quanto à caracterização, aproveitamento, tratabilidade e recirculação de águas de colunas barométricas.

Em vista dos grandes volumes de água utilizados nos condensadores, das perdas de sacarose por arraste e o conseqüente aumento da carga poluidora das águas de colunas barométricas, torna-se urgente encontrar-se soluções adequadas.

Integram este Terceiro Grupo, os seguintes subprojetos:

Subprojeto n.º 10 — Perdas de açúcar por arraste nos evaporadores.

Medir-se-á 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 sistemas destinados a redução dessas perdas.

Com os resultados obtidos, poderão ser estudados:

a) mudanças nos sistemas de operação e controle das unidades já existentes;

b) modificações nos equipamentos;

c) alternativas para substituição de colunas barométricas por outros sistemas adequados.

Subprojeto n.º 11 — Recirculação das águas das colunas barométricas.

As finalidades principais deste trabalho são:

a) estudo da adição de agentes inibidores (pentaclorofenol, cloro, etc.) as 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. Igualmente os experimentos deste terceiro grupo são continuação de trabalhos já iniciados em safras passadas (72-74).

CONCLUSÕES

A complexidade do assunto, apesar dos incontáveis estudos realizados, está ainda a merecer a devida atenção e apreço por parte tanto dos industriais envolvidos quanto por parte dos legisladores e defensores do meio ambiente, assim como das entidades responsáveis pelos projetos de sistemas de tratamento.

Os planos expostos, pretendidos para os próximos anos, deve-se lembrar, abordarão apenas alguns temas específicos e deverão ser obrigatoriamente seguidos de novas linhas de pesquisa em função dos resultados obtidos durante o desenvolvimento dos experimentos.

A tecnologia disponível e já obtida pela CETESB é passível de aplicação imediata, seus resultados são confiáveis e permitiram um adequado equacionamento do problema. O campo de pesquisa aberto por esses trabalhos iniciais é vasto e apenas se começou a trilhá-lo.

BIBLIOGRAFIA

1. E.L. GADEN — "Biotechnology — an old solution to a new problem" Chem. Eng. Div. Award Lecture, Amer. Soc. Eng. Ed., National Meeting, PPI (June, 1974).
2. A.E. HUMPHREY — "Economical factors in the assessment of various cellulosic substances as chemical and energy resources" Biotechnol. and Bioeng Symp. N.º 5, 49, (1975)

3. I. HESPANHOL — "Manufatura de açúcar de cana e álcool etílico. Características e tratabilidade dos resíduos. Situação vigente no Estado de São Paulo". Symposium on Treatment and Disposal of Residual Waters CEPIS — Buenos Aires, Argentina, (15-18 June, 1976).
4. Programa para o diagnóstico de perdas de açúcar e utilização do restilo como fertilizante — Instituto do Açúcar e do Alcool; Relatório CETESB, (Julho, 1976).
5. C.E. MONTEIRO — "Disposição final dos despejos líquidos na indústria açucareira e alcooleira" XIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, México, CETESB (1974).
6. J.R. ALMEIDA — "Composição, proporção e aplicação da vinhaça" III Semana de Fermentação Alcoólica, Vol. II, Instituto Zimotécnico da Universidade de São Paulo, p. 370, (1966).
7. A. SERZEDELLO — "Vinhaça como substrato para produção de proteína alimentar" — II Semana de Fermentação Alcoólica, Vol. II, Instituto Zimotécnico da Universidade de São Paulo, p. 384, (1966).
8. J.P. LAMB III, "Guidelines for the control of industrial Wastes 3. Cane-sugar industry Wastes" World Health Organization, WHO/WD/71.8.
9. R.M. GUZMAN — "Control of cane-sugar wastes in Puerto Rico", J. Wat. Pollut. Control. Fed., 34, p. 1213 (1962).
10. T.R. BHASKARAN; R.M. CHAKRABARTY — "Pilot-plant for treatment of cane-sugar Waste" — J. Wat. Pollut. Control Fed., 40, p. 1160 (1966).
11. "Vinhaça Concentrada — Aspectos de sua utilização como fertilizante e matéria-prima para ração animal", Catálogo Proquip. Projetos e Consultoria Industria, São Paulo, (Dezembro 1975).
12. M.L. HESS; P.M. BRAILE — "Los desechos líquidos de la industria de azúcar", datilografado Panamá, (Agosto de 1973).
13. A.G. KELLER; H.K. HUCKABAY, (1960) — "Pollution abatement in the sugar industry of-Louisiana" J. Wat. Pollut. Control Fed., 32, p. 755 (1960).
14. U. ALMEIDA LIMA — "Possibilidade de reaproveitamento econômico dos vários tipos de resíduos" Simpósio sobre Resíduos da Industrialização de Açúcar, CETESB (1969).
15. E.J. KIRSCH; R.M. SYKES — "Anaerobic digestion in biological Waste treatment" — In: Progress in Industrial Microbiology — E. D. J. D. Hoc kenhull, vol. 9 (1971).
16. R.E.B. CENTURIÓN, et. al. — Tratamento de despejos líquidos de usinas de açúcar", VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Salvador, CETESB, (1973).
17. R.E.B. CENTURIÓN À C.E. MONTEIRO — "Perdas de açúcar por arraste" — São Paulo, CETESB (1972), Datilografado.
18. R.E.B. CENTURIÓN À C.E. MONTEIRO — "Experiências em escala piloto com águas de lavagem de cana" São Paulo, CETESB, (1972), Datilografado.
19. R. HIRATA À H. KAWAI — "Trabalhos experimentais realizados com águas de lavagem de cana de açúcar" São Paulo, CETESB, (1972), Datilografado.