



PESQUISAS COM DIFUSORES PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM MICRODESTILARIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA

**PESQUISAS COM DIFUSORES PARA
PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM MICRODESTILARIAS**

- **JOSÉ MANUEL CABRAL DE SOUSA DIAS**
Coordenação do PNP – ENERGIA
- **CYRO GONÇALVES TEIXEIRA**
Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar-CTAA

PESQUISAS COM DIFUSORES PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM MICRODESTILARIAS

SUMÁRIO

1. Produção de Álcool em Microdestilarias	5
2. A Extração de Açúcares Através da Difusão	9
3. O Difusor Vertical	11
4. O Difusor Horizontal	13
5. O Difusor Inclinado	17
6. Perspectivas das Pesquisas em Andamento	19

1. A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL EM MICRODESTILARIAS

A EMBRAPA iniciou as pesquisas com produção de álcool a nível de propriedade rural em meados de 1979 como forma de conseguir para os seus próprios Centros de Pesquisa, a independência em combustíveis líquidos e também para demonstração da viabilidade daquela produção de forma generalizada no setor rural.

O conceito evoluiu muito rapidamente a ponto de o Decreto nº 85.698 de 4 de fevereiro de 1981 tornar possível a implantação das microdestilarias para auto-suprimento local ou regional, entendendo-se como tal a unidade fabricante de etanol cuja capacidade de produção é de 5.000 litros diários, qualquer que seja a matéria-prima utilizada: cana-de-açúcar, sorgo sacarino, mandioca, beterraba açucareira, batata-doce, etc.

As vantagens decorrentes da implantação de tais unidades já são bastante conhecidas e podem ser reunidas nos seguintes tópicos:

- minimização do fator transporte da matéria-prima e do álcool produzido;
- redução do custo do combustível produzido nas fazendas ou cooperativas;
- redução da vulnerabilidade da produção de alimentos pela substituição dos combustíveis importados;
- desconcentração de renda, geração de empregos, fixação do homem no interior.
- novas perspectivas de desenvolvimento, pela disponibilidade do combustível produzido localmente.

Foi apoiada nessa lista de vantagens provenientes da produção de álcool em microdestilarias e interessada em demonstrar na prática a viabilidade do auto-suprimento de combustível a nível local ou regional, que a EMBRAPA iniciou a implantação de microdestilarias com capacidade para produção de até 2.400 litros de álcool/dia. (Tabela 1).

TABELA 1. Localização e matérias-primas das microdestilarias da EMBRAPA

Localização	Matérias-primas
CNPH-Brasília (DF)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
CNPAF-Goiânia (GO)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
CNPGC-Campo Grande (MS)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
CNPMS-Sete Lagoas (MG)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
CPATSA-Petrolina (PE)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
UEPAE-Pelotas (RS)	sorgo sacarino, beterraba, amiláceos
UEPAE-Manaus (AM)	cana-de-açúcar e sorgo sacarino
UEPAE-Aracaju (SE)*	cana-de-açúcar e sorgo sacarino

(*) Em construção.

Com as pesquisas e os estudos efetuados nas diversas unidades, a EMBRAPA recomenda atualmente o seguinte conjunto de **equipamentos** para instalação de microdestilarias, representado no fluxograma da Figura 1.

- moenda de 2 ternos, acionada por motores elétricos;
- dornas de fermentação cilíndricas em aço-carbono ou fibra de vidro;
- conjunto de destilação contínua, em aço inoxidável;
- caldeira para produção de vapor com refratário pré-montado;
- reservatório de álcool em aço carbono.

Com este conjunto de equipamentos, tem-se obtido 55 litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar e 40 litros de álcool por tonelada de sorgo sacarino, moído com folhas.

O objetivo das pesquisas com difusores para a produção de álcool objetiva exatamente aumentar o rendimento de transformação das matérias-primas em álcool. Pretende-se, com a utilização de difusores, obter entre 63 e 65 litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar e entre 48 e 50 litros de álcool por tonelada de sorgo sacarino.

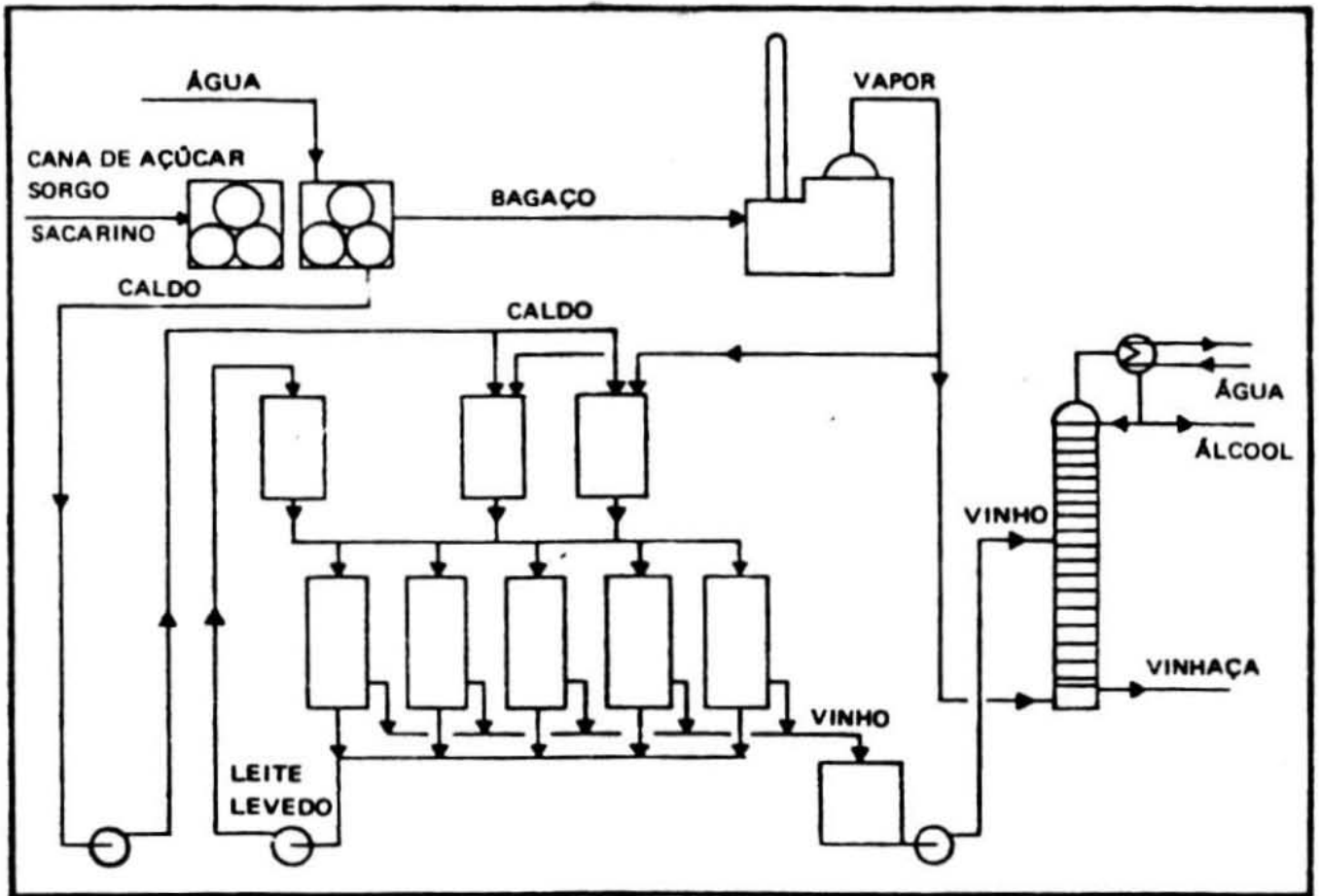


FIGURA 1. Fluxograma simplificado da Microdestilaria do CNP-MS

2. A EXTRAÇÃO DE AÇÚCARES ATRAVÉS DA DIFUSÃO

A primeira etapa da produção de álcool a partir de cana-de-açúcar e sorgo sacarino é extrair os açúcares contidos nas células dos vegetais. Há duas formas principais de se conseguir essa extração: através da moagem ou através da difusão. No caso do processamento da beterraba açucareira apenas o processo de difusão é utilizado.

A moagem é um processo estritamente mecânico, onde as células que contêm os açúcares são abertas através de picadores e desfibradores e esmagadas para que a solução açucarada seja expulsa de seu interior.

Para aumentar a retirada dos açúcares, as células são embebidas com água quente ou caldo de baixa concentração e são submetidas a novas prensagens. Obtém-se coeficientes de extração superiores a 90%, ou seja, consegue-se extrair mais de 90% dos açúcares presentes na matéria-prima quando se utilizam quatro ou mais ternos de moendas, o que é inviável em microdestilaria.

A difusão é um processo que combina operações mecânicas com processos físico-químicos. Há também necessidade de efetuar a abertura das células, através de desfibradores, mas a saída das substâncias solúveis é promovida através de um banho de água quente ou caldo pouco concentrado: a diferença de concentração de açúcares entre a fase sólida (matéria-prima) e a fase líquida (caldo) faz com que os açúcares se difundam para a fase líquida, transformando-a em caldo concentrado. Os difusores são projetados e construídos para operar com coeficientes de extração superiores a 90%. Em muitos casos pode-se obter extração acima de 95%.

As principais vantagens dos difusores quando comparados com as moendas são:

- maiores coeficientes de extração com maior produtividade em litros de álcool por tonelada de cana-de-açúcar;
- menor teor de açúcares no bagaço, diminuindo incrustações nas caldeiras;
- menor potência instalada pois o total de potência elétrica instalada num difusor corresponde à de dois ternos de moenda de mesma capacidade;

- a eficiência do difusor é constante ao longo da safra, enquanto a da moenda vai decrescendo devido ao desgaste mecânico;
- o custo de manutenção do difusor é muito menor do que o da moenda;
- o custo de investimento e instalação não é superior ao de um conjunto de moendas de mesma capacidade.

Há diversos modelos de difusores que são utilizados em países como Estados Unidos, África do Sul, França, Egito, Austrália, Alemanha Ocidental, União Soviética, etc. A diferença principal entre os vários modelos é a forma como é feito o contacto entre as fases líquida e sólida e, principalmente, no modo de transporte da matéria-prima desfibrada no interior do difusor.

A EMBRAPA vem efetuando o desenvolvimento de três tipos diferentes de difusores: o vertical, o horizontal e o inclinado, com o intuito de obter os resultados técnicos e econômicos que permitam recomendar a adoção do melhor modelo para implantação em microdestilarias.

3. O DIFUSOR VERTICAL

O difusor vertical é um tubo de 75 cm de diâmetro por 6 metros de altura que possui internamente um conjunto de hélices, pás e aletas que faz o transporte da matéria-prima triturada no sentido ascendente.

O funcionamento do difusor vertical está representado na Figura 2: a cana-de-açúcar ou o sorgo sacarino são alimentados, manual ou automaticamente a um moinho ou picador que desintegra a matéria-prima. Este material é lançado num tanque de mistura onde, mediante a adição de vapor ou de um caldo proveniente do difusor, se forma uma suspensão que é bombeada para o fundo do próprio difusor. Aí o sistema de pás orienta o movimento ascensional da fase sólida, que permanece por 45 a 50 minutos no cilindro, sendo lavada em contra-corrente com água quente que é injetada no topo do equipamento.

Quando o bagaço chega ao topo do difusor é conduzido por uma calha para a secagem, que pode ser feita por um terno de moenda ou um laminador de polpa, ou mesmo por uma peneira vibratória. A água (ou caldo muito diluído) é aquecida em um trocador de calor tubular e é bombeada para o topo do difusor. O caldo é retirado da base do difusor por um sistema de peneiras e conduzido para as dornas de fermentação, após resfriamento.

A EMBRAPA tem dois difusores verticais já instalados e em operação: na microdestilaria do Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças, em Brasília e na microdestilaria da Unidade de Execução de Pesquisas de Âmbito Estadual (UEPAE) de Pelotas, no Rio Grande do Sul.

Nesta última unidade foram efetuadas medidas dos coeficientes de extração de açúcares de sorgo sacarino e cana-de-açúcar em temperaturas que variaram desde a ambiente até 90°C, tendo-se obtido os seguintes resultados:

- para cana-de-açúcar obteve-se extração média de açúcares de 93%, sendo a mínima de 89% e a máxima de 99%.
- para sorgo sacarino (triturado com folhas) obteve-se extração média de 97%, sendo a mínima de 96% e a máxima de 99%.

Os trabalhos de pesquisa com o difusor vertical deverão continuar no sentido de estudar os equipamentos de trituração da matéria-prima, visando

melhorar a abertura das células sem aumentar a potência elétrica instalada, e também no sentido de efetuar a automatização do sistema, de modo a permitir o fornecimento contínuo de caldo de concentração constante para a fermentação.

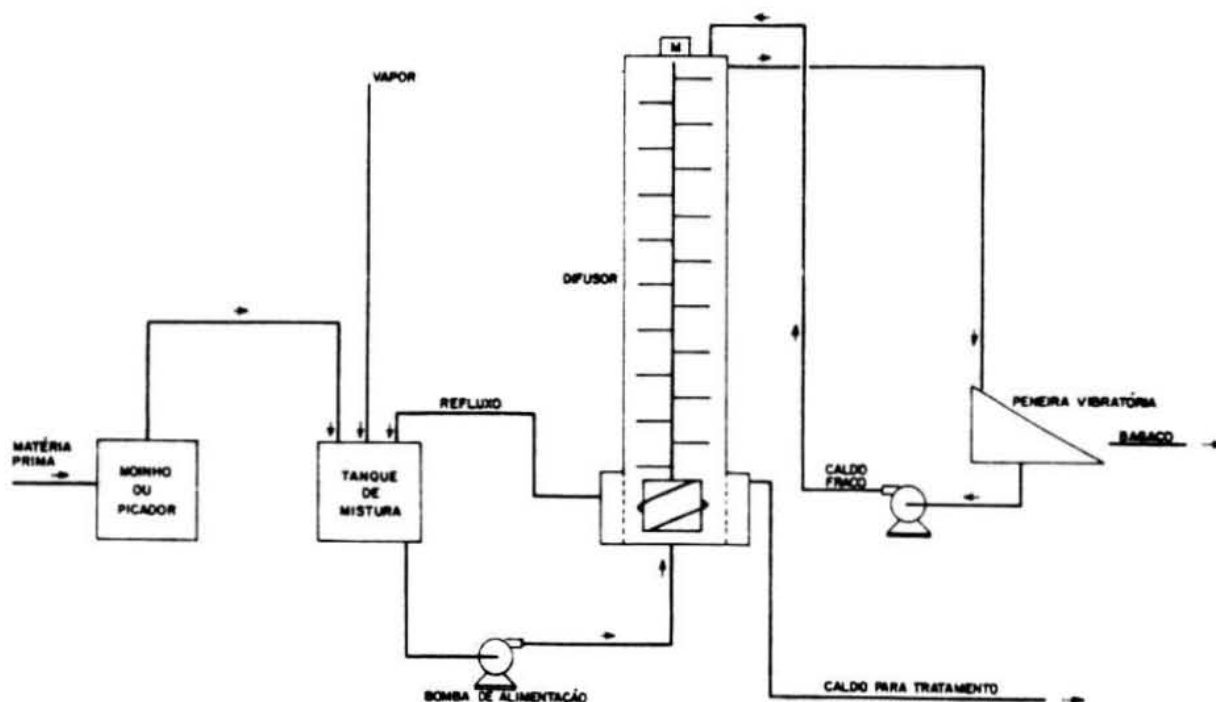


FIGURA 2 - ESQUEMA DO DIFUSOR VERTICAL

4. O DIFUSOR HORIZONTAL

Desde meados de 1980 a EMBRAPA vem colaborando no desenvolvimento de um modelo de difusor horizontal, instalado na microdestilaria da Fazenda Ermida, em Jundiá (SP). O equipamento foi construído em 1980 e começou de 1981 e entrou em operação na safra de 1981. Ao seu final, o difusor sofreu modificações e aperfeiçoamentos e operou mais de seis meses na safra de 1982.

O princípio de funcionamento do difusor horizontal consiste em fazer uma camada de bagaço ser atravessada por sucessivos fluxos de água e caldo quentes, de forma a ocorrer a extração de açúcares. O movimento do bagaço é efetuado por uma série de taliscas de arraste, enquanto o líquido circula em contra-corrente impulsionado por bombas centrífugas.

O equipamento tem a forma retangular, com a maior dimensão na direção do percurso do bagaço, conforme representado na Figura 3. A estrutura principal do difusor pode ser feita em alvenaria, em aço carbono ou em aço inoxidável. Quando em alvenaria há necessidade de revestimento interno para diminuir a corrosão.

As partes internas principais do difusor são as taliscas de arraste, as caixas de recolhimento do caldo, as caixas de distribuição do caldo e a tela metálica.

Os componentes do sistema de difusão externos ao difusor são: desfibrador, moenda de 1 terno, caixa de mistura de caldo, esteira de carregamento do difusor, bombas de circulação de caldo, caixa de mistura de condensado, bica de descarga do bagaço, moenda de secagem e caixa de recolhimento do caldo da moenda de secagem.

O difusor em operação é um difusor para bagaço, uma vez que a matéria-prima é passada logo de início por uma moenda onde é extraída grande parte do caldo e o bagaço resultante da moagem é submetido à difusão. Ele é desfibrado, lançado na esteira de carregamento do difusor, distribuído uniformemente na tela metálica e transportado através das taliscas de arraste. Durante o percurso o bagaço é continuamente embebido com caldo fraco aquecido, que faz a extração dos açúcares presentes no bagaço.

A circulação do caldo é feita através de seis bombas centrífugas que fazem o líquido caminhar em sentido contrário ao bagaço, pois a última

bomba lança água aquecida sobre a camada de bagaço no final da tela metálica; a água atravessa o bagaço, se enriquece em açúcares, é recolhida na última caixa de coleta e bombeada para a última caixa de distribuição, de onde extravassa e atravessa a camada de bagaço, enriquecendo-se um pouco mais em açúcares e é recolhida na penúltima caixa de coleta. Daí, outra bomba o envia para a penúltima caixa de distribuição e assim sucessivamente, até que da primeira caixa de recolhimento o caldo é bombeado para um tanque onde é misturado com o caldo extraído na moenda.

Em cada caixa de distribuição há uma serpentina de vapor para manter o caldo aquecido entre 80 e 85°C. Os condensados destas serpentinas são conduzidos a um tanque onde se misturam com o caldo da moenda de secagem; esta mistura constitui-se do caldo fraco que é recirculado para o final da camada de bagaço.

O bagaço que sai do difusor com umidade superior a 70% passa por uma moenda de secagem, onde a umidade é reduzida para a faixa de 50 a 55%. Este bagaço pode ser imediatamente utilizado numa caldeira que tenha uma pré-câmara de secagem ou então ser deixado ao ar livre por um dia para que a umidade fique entre 45 e 48%.

Na safra de 1982, durante o período de operação com cana-de-açúcar foi determinado que o coeficiente de extração de açúcares era de 85%, o que resultava num rendimento mínimo de produção de álcool de 63 litros por tonelada de cana.

Na safra de 1983 pretende-se aumentar o rendimento de extração, colocando-se o desfibrador antes da moenda, na entrada de matéria-prima no difusor.

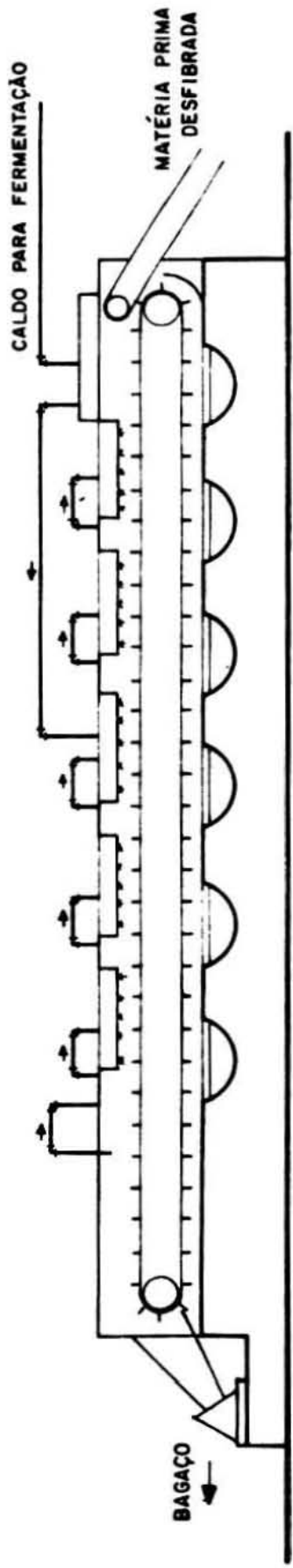


FIGURA 3 - ESQUEMA DO DIFUSOR HORIZONTAL

5. O DIFUSOR INCLINADO

O difusor inclinado está em construção e instalação na Fazenda Ermida, em Jundiaí (SP), através de um projeto desenvolvido no CTAA (Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, da EMBRAPA) com o apoio do ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos).

O difusor inclinado tem o mesmo princípio de funcionamento do vertical, no tocante ao contacto entre as fases sólida e líquida: o bagaço é transportado de baixo para cima e recebe em contra-corrente um fluxo de água quente ou caldo de baixa concentração.

Em relação ao difusor vertical, espera-se que o inclinado apresente menor consumo de energia para o transporte do bagaço desfibrado e que tenha as operações de descarga e limpeza mais simples.

Em relação ao difusor horizontal, o inclinado possui menos partes móveis, menos bombas de recalque e melhores condições de conservar a temperatura interna, com menor consumo de vapor para aquecimento e mais fácil lavagem para desinfecção.

O equipamento representado na Figura 4, compõe-se de uma calha fixa com inclinação de cerca de 15° com um sistema de rosca transportadora e locais para injeção de água quente, caldo aquecido e vapor (quando necessário).

A matéria-prima é desfibrada e lançada num recipiente para alimentação. A rosca transportadora, impulsionada por um conjunto moto-redutor faz com que o material tenha um movimento ascendente contínuo. Na parte superior do difusor é adicionada água quente que percorre todo o leito de sólidos enriquecendo-se em açúcares e é retirado através de um sistema de peneiras na parte inferior. O caldo obtido é resfriado e enviado às dornas.

Está sendo prevista uma extração prévia em moenda, para retirar o caldo de mais fácil extração, antes do bagaço ser conduzido ao difusor. O caldo quente extraído no difusor, é misturado com o caldo extraído com a moenda antes de ser levado para as dornas de fermentação.

O bagaço que é retirado na parte superior do difusor é conduzido através de uma bica para uma moenda de secagem. O caldo extraído é bombeado para a região média do difusor, para se enriquecer em açúcares.

Há ainda duas camisas de vapor, onde é feito o controle de temperatura para que o material em difusão não esteja abaixo de 80°C.

Este difusor entrará em testes de funcionamento em março de 1983, esperando-se que até ao final do primeiro semestre as etapas de ajustes mecânicos e pré-operação tenham sido cumpridas, para que possa ocorrer o funcionamento pleno com cana-de-açúcar no segundo semestre de 1983.

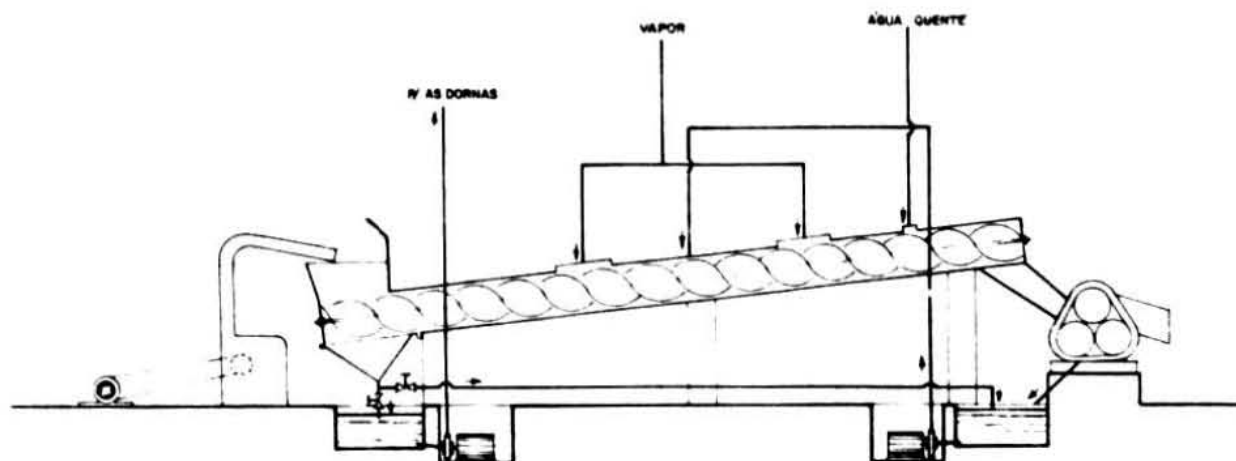


FIGURA 4 - ESQUEMA DO DIFUSOR INCLINADO

6. PERSPECTIVAS DAS PESQUISAS EM ANDAMENTO

As pesquisas com os três modelos de difusores para microdestilarias encontram-se em estágios diferentes: o modelo vertical teve sua operacionalidade comprovada apenas no segundo semestre de 1982 e ainda não foi submetido a uma safra inteira de operação; o modelo horizontal já vem funcionando desde 1981 e embora em 1982 tenha sofrido modificações para melhorar o desempenho e outras estejam previstas para esta safra de 1983, a eficiência de extração tem sido aceitável, em torno de 85%; o difusor inclinado está em fase de construção e espera-se aproveitar a experiência adquirida durante o desenvolvimento do vertical para obter resultados a curto prazo (final de 1983).

Há necessidade agora de se iniciar pesquisas com operações auxiliares da difusão:

- preparo da matéria-prima, com o desenvolvimento ou adaptação de picadores e desfibradores de bom desempenho, grande durabilidade e menor consumo de energia.
- tratamento do caldo que sai do difusor, aproveitando o fato de que ele sai aquecido para promover a clarificação ou pasteurização, antes de enviá-lo à fermentação.
- secagem e queima do bagaço de difusão, utilizando equipamentos que possam substituir a moenda atualmente utilizada e que tenham menor custo inicial e de manutenção e menor consumo energético.

O que se pode prever, entretanto, é que será possível desenvolver os três sistemas de difusão para a escala de produção e o nível tecnológico das microdestilarias, e que a adoção dessa tecnologia importará na redução de 20% dos custos de produção do álcool.

Evidentemente, tal redução tornaria ainda mais competitiva a utilização de álcool em substituição aos combustíveis importados.

A escolha da melhor tecnologia entre as três que estão em desenvolvimento, será efetuada por iniciativa do mercado consumidor, através da análise de parâmetros como investimento inicial, índices de extração, con-

sumo de energia, operacionalidade, custos de manutenção e depreciação. E estes parâmetros são justamente aqueles que as pesquisas ora conduzidas pretendem determinar.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BERNY, P.B. et alii. Extração de Açúcares por difusão. Pesquisa em Andamento. UEPAE Pelotas, nº 09/Dez. 1982, 5p.
- CRUZ, E.R. et alii. Rentabilidade Potencial de Microusinas de Álcool a Partir de Cana-de-açúcar. *Pesq. Agrop. Bras.* Brasília **15(4)**: 365-78 out. 1980.
- EMBRAPA – Otimização de Difusores para Produção de Álcool em Microdestilarias. Brasília, Nov. 1982, mimeo., 41p.
- GEMENTE, A.C. et alii – Microdestilaria, Viabilidade Técnico-econômica – Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, p.25-72, Abril, 1982.
- GORGATTI NETTO, A. – As Perspectivas da Agroenergia no Brasil e o Programa de Pesquisa em Energia da EMBRAPA – **Seminário Latino-Americano de Bioenergia**. Curitiba, 19-23 Out. 1981.
- GORGATTI NETTO, A. & SOUSA DIAS, J.M.C. de – Sistemas de Produção de Álcool em Microdestilarias. **Simpósio Nacional de Fermentação**, 5, Viçosa (MG) – 26-29 Julho, 1982.
- HUGOT, E. – Manual de Engenharia Açucareira. V. 1, Ed. Mestre Jou.
- SOUSA DIAS, J.M.C. de – Implantação de microdestilarias para energização rural. *Saccharum*, S.Paulo. **3 (11)**: 19-29, Dez. 1980.

ENDEREÇOS

Para maiores informações ou marcação de eventuais visitas aos equipamentos descritos neste trabalho, entrar em contato com:

– COORDENAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA DE ENERGIA

Engº José Manuel Cabral de Sousa Dias
Ed. Super Center Venâncio 2.000, s/916
70333 – Brasília-DF
Tel.: (061) 223-6744

– UEPAE DE PELOTAS (RS) – DIFUSOR VERTICAL

Engº Paulo Brizolara Berny
1º Subdistrito Capão de Leão s/nº
Caixa Postal, 553
96100 – Pelotas-RS
Tel.: (0532) 21-0933 – 21-0787 – 21-0510

– CTAA – CENTRO DE TECNOLOGIA AGRÍCOLA E ALIMENTAR

Engº José Gilberto Jardine
Rua Jardim Botânico, 1024
Bairro Jardim Botânico
22460 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (021) 274-7897 – 239-6290

– ITAL – INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Dr. Cyro Gonçalves Teixeira
Av. Brasil, 2880
13100 – Campinas-SP
Tel.: (0192) 41-5222