



1290000983



IE

TCC/UNICAMP F867e

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA

**ESTUDO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL DO ALCOOL - NO BRASIL**

CARLOS CESAR MARQUES FRAUSINO

Monografia apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, para a conclusão do curso de graduação em Ciências Econômicas, elaborada sob a orientação do Prof. José Maria F.J. da Silveira.

CAMPINAS, FEVEREIRO de 1989

AGRADECIMENTOS

Ao final da elaboração desta monografia não poderia deixar de agradecer a algumas pessoas que tornaram factível este trabalho de conclusão de curso.

- Ao Prof. Walter Relik - pelas explicações do PROGRAMA NACIONAL DO ALCOOL;
- Ao Prof. Pedro Ramos - que tornou viável várias entrevistas com empresários do setor sucro alcooleiro e por suas ponderações no desenvolvimento desta monografia;
- Ao Prof. José Maria - pela orientação e pelo estímulo à reflexão da teoria económica;
- A Glória - pela revisão dos originais e pelo seu carinho.

Um agradecimento especial para quatro pessoas que fazem parte da minha história:

- A Virgílio e Zilda - meus pais;
- A Vera e Rogério - meus irmãos - por terem a paciência em aguentar um irmão ranzinza.

SUMARIO

Apresentação.....	1
Lista de Quadros.....	3
CAPÍTULO I	
Elevação dos preços do petróleo e de seus derivados e a produção de etanol fermentado	4
1.1 A obtenção do etanol.....	6
CAPÍTULO II	
Formas de estímulos governamentais para a produção do etanol e tendências tecnológicas internacionais.....	15.
2.1 Esforços governamentais de economias avançadas para a produção de etanol.....	16
2.1.1 Estados Unidos.....	16
2.1.2 Europa.....	18
2.1.3 Japão.....	21
2.2 Tendências das inovações tecnológicas a nível internacional.....	26
2.2.1 Processos fermentativos ofertados no mercado internacional.....	26
2.2.2 Linhas de P&D identificadas na primeira metade da década de oitenta.....	30

CAPÍTULO III

A produção brasileira de álcool.....	35
3.1 Programa nacional do álcool.....	36
3.2 Avaliação das Políticas de Preço de Aquisição e de Crédito desenvolvidas pelo PNA.....	45

CAPÍTULO IV

O PNA e o desenvolvimento tecnológico do setor sucro-alcooleiro....	55
4.1 Indústria produtora de equipamentos para a produção do álcool.....	56
4.2 Usinas produtoras de álcool.....	73
4.3 Leveduras utilizadas no processo fermentativo.....	77
V - CONCLUSÕES.....	80
Notas bibliográficas.....	84
Bibliografia utilizada.....	88

APRESENTAÇÃO

No início da década de oitenta, o álcool passou a ser produzido com o objetivo de substituir os derivados do petróleo da matriz energética de vários países.

Alguns países passaram a desenvolver programas nacionais que estimularam a produção do álcool. O Brasil foi um deles.

Porém, o sucesso destes planos, estava associado a competitividade dos preços do etanol comparado com os preços dos derivados deste combustível fóssil.

Na década de setenta, a Biotecnologia começou a se destacar como uma nova tecnologia, que poderia influenciar o desenvolvimento desta nova dinâmica energética internacional. Com a biotecnologia abriu-se a possibilidade de transformar radicalmente o processo industrial de produção do álcool, principalmente pela ampliação do leque de matérias primas que poderiam ser utilizadas como substrato para a produção do etanol e poderiam ainda, tornar competitiva a produção do álcool.

Este movimento internacional atraiu os interesses de diversas empresas de origem industrial, de setores que apresentavam alguma relação com o processo de produção de álcool, que passaram a desenvolver tecnologias para a produção do etanol, para posterior comercialização de equipamentos que contivesse as tecnologias desenvolvidas.

És o contexto internacional em que se inseriu este estudo.

O enfoque principal desta monografia é investigar o desenvolvimento tecnológico industrial da produção do álcool no Brasil e para atingir tal objetivo, investiga as particularidades deste desenvolvimento após o lançamento do PNA brasileiro.

A hipótese principal deste trabalho é que no Brasil, o ritmo de difusão das inovações tecnológicas para a produção de álcool foi lento, e um dos condicionantes foi o governo federal, através de sua política de crédito e de preço de aquisição do álcool junto ao produtor.

Outro objetivo deste trabalho é identificar se existe um "gap" tecnológico entre as tecnologias utilizadas no Brasil para se produzir álcool, comparadas com as tecnologias difundidas a nível internacional.

Para tentar identificar estas questões, este trabalho foi dividido em quatro capítulos e uma breve conclusão. No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema, ou seja, a produção do álcool inserida dentro do contexto da crise do petróleo. O capítulo dois é uma tentativa de identificar o cenário internacional de produção de álcool e de suas tendências tecnológicas. Os capítulos três e quatro são dedicados ao Brasil. No capítulo três mostra-se a "estratégia" brasileira para a produção do álcool e os seus mecanismos utilizados para sua expansão. No capítulo quatro é dedicado a problemática tecnológica da produção do álcool.

LISTA DE QUADROS

I - Indicadores de "performance" dos principais processos de conversão de biomassa.....	9
II - Rendimento do álcool produzido a partir de diferentes biomassas agrícolas e florestais.....	12
III - Processos fermentativos de etanol pesquisados e seus estágios de desenvolvimento.....	32
IV - Número de usinas em operação e escala média de produção....	38
V - Distribuição da produção de álcool segundo o tipo de destilaria : São Paulo 1975 - 1987	42
VI - Consumo energético para motores de CICLO OTTO.....	46
VII - Volume de financiamento e de transferência de recursos do crédito industrial do PNA. No período 1975 - 1985.....	48
VIII - Evolução dos projetos para a implantação de usinas produtoras de álcool enquadrados no Proálcool. No período 1975 - 1985.....	50
IX - Médias de produtividade Agrícola e Industrial das Usinas e destilaria de São Paulo, para as safras de 1982/83, 1983/84 e 1984/85.....	51



CAPÍTULO 1

1. ELEVAÇÃO DOS PREÇOS DO PETRÓLEO E DE SEUS DERIVADOS E A PRODUÇÃO DE ETANOL FERMENTADO

- Introdução

A obtenção de etanol por via fermentativa não se constitui num processo desenvolvido e pesquisado na década de oitenta. Antes da segunda guerra mundial, o etanol fermentado era um insumo energético largamente utilizado pela sociedade.

Após o final da II guerra mundial, a descoberta de vários poços de petróleo, baixo preço dessa matéria prima e a ação do cartel de venda de petróleo determinaram a difusão do uso de derivados de petróleo (o padrão petroquímico), para um grande número de países, como combustível líquido e insumos químicos.

O uso de etanol fermentado ficou restrito às indústrias: alimentícia, farmacêutica e de cosméticos, devido às características: digestibilidade e odorização tênue.

Por todos estes motivos os gastos em Pesquisa e Desenvolvimento relacionados à obtenção do etanol fermentado estagnaram.

Na década de setenta ocorreram dois aumentos significativos no preço internacional do petróleo que em decorrência elevou os custos de produção dos seus derivados. O primeiro aumento foi no ano de 1973, o preço do barril de petróleo passou de US\$ 3/barril para US\$ 12/barril. O segundo aumento foi no final do ano de 1979, quando o preço do barril de petróleo passou de US\$ 12/barril para US\$ 36/barril.

Esta elevação do preço do petróleo nos anos setenta afetou a matriz energética de um grande número de países e provocou um debate a nível mundial sobre a importância de novas fontes energéticas, para o futuro crescimento internacional.

Antes deste aumento de preços, a preocupação com fontes energéticas alternativas ao petróleo e autonomia energética, eram problemáticas nacionais irrelevantes, pelo baixo preço e pela farta disponibilidade internacional do produto. Com a crise do combustível fóssil, estas questões tornaram-se prioridades nacionais, seja pela importância que o petróleo e seus derivados desempenhavam no consumo energético dos países ou pelo impacto da importação do petróleo no balanço de pagamentos das nações.

Portanto, a partir destes fatos, os países começaram a elaborar diretamente (ou incentivar), programas nacionais para o desenvolvimento de tecnologias para a obtenção de produtos energéticos alternativos ao combustível fóssil e de fontes de matérias primas renováveis.

O etanol fermentado derivado de várias biomassas se enquadrou nestas preocupações nacionais, por suas características químicas e físicas: por ser não tóxico, não poluente (comparado com a gasolina), ser um recurso renovável, fazer uso de tecnologia presente e ser "socialmente" aceito.

O álcool pode ser utilizado como combustível, líquido e insumo químico alternativo aos derivados do petróleo. O setor da indústria química que se utiliza do etanol como insumo é denominado álcoolquímica. A álcoolquímica é consumidora de etanol fermentado para posterior produção de derivados de álcool, alguns destes produtos são alternativos aos oriundos do petróleo.



Os sub-produtos derivado do etanol são:

a) etileno - obtido por desidratação do etanol. Do etileno é possível retirar os seguintes sub produtos: polietileno e óxido de etileno.

b) acetaldeído - obtido do etanol por oxidação. Do Acetaldeído é possível retirar os seguintes sub produtos: ácido acético, butadieno, butanol e butadienol.

A alcoolquímica foi um dos setores que teve incentivos governamentais após a crise energética dos anos setenta. Porém, o seu desenvolvimento é diretamente relacionado a flutuação positiva do preço do petróleo, ou seja, é necessário um suficiente aumento do preço do barril deste produto e conseqüentemente de seus derivados, para que a alcoolquímica se torne competitiva com a indústria petroquímica. Apesar da elevação do preço do petróleo, a alcoolquímica não produziu insumos químicos que fossem competitivos com os produzidos pela petroquímica.

1.1 A OBTENÇÃO DO ETANOL

O etanol derivado da fermentação pode ser obtido de diversas matérias primas, que se dividem em sacaríneas, amiláceas e celulósicas. A diferenciação entre as matérias primas decorre da complexidade das ligações químicas em que os açúcares se encontram nas biomassas. Tais ligações são crescentes na ordem das matérias primas colocadas a seguir.

a) sacaríneas - matéria prima que contém hidratos de carbono sob a forma de açúcar prontamente fermentável. Após a extração (retirada dos açúcares das matérias primas) os açúcares estão prontos para serem encaminhados à fermentação: cana-de-açúcar, melão, sorgo-doce, etc.

b) amiláceas - matéria prima que contém hidratos de carbono sob a forma de amido. Os açúcares não estão prontos para serem fermentados, sendo necessário, portanto, realizar-se a operação de sacarificação (operação de quebra das cadeias de amido deixando os açúcares prontos para serem fermentados), antes da fermentação. Estão neste grupo: mandioca, milho, etc.

c) celulósicas - matérias primas que contém hidratos de carbono sob formas mais complexas. Os açúcares não estão prontos para serem fermentados: lignina, celulose, etc.

O processo industrial de produção do etanol se divide em três fases:

1 - extração dos açúcares - consiste em extrair os açúcares dos substratos e destiná-los à fermentação. Esta operação é direta apenas para as matérias primas sacaríneas. Para as matérias primas amiláceas e celulósicas são necessárias duas operações: a hidrólise enzimática (quebra das cadeias de amido, via a atuação de enzimas) para os substratos amiláceos e a hidrólise ácida (quebra dos hidratos de carbono, via a ação de ácidos) nas matérias primas celulósicas, antes de encaminhar os açúcares destas biomassaas ao sistema fermentativo;

II - fermentação - fase principal da produção de álcool. Etapa onde ocorre a conversão dos açúcares em etanol e outros subprodutos. Esta operação é realizada por microrganismos denominados leveduras. Este processo ocorre igualmente para todas as matérias primas;

III- destilação - consiste na separação do etanol dos outros subprodutos produzidos na fermentação. Este processo também é comum a todas as matérias primas.

Portanto, a produção de etanol fermentado derivado das diferentes matérias primas se diferencia apenas na etapa pré-fermentativa, ou seja, na fase de extração dos açúcares. Nas fases de pós-extração (fermentação e destilação) o processo é igual, para qualquer matéria prima utilizada.

Algumas operações pré-fermentativas exigidas por algumas matérias primas (amiláceas e celulósicas) podem determinar a inviabilidade comercial da produção de álcool destes substratos, pela incipiência tecnológica de alguns métodos utilizados, que implicam em altos custos de produção, do produto final, via-a-via ao etanol, derivado de substratos que não se utilizem destes processos. (ver quadro I)

Por ser a fermentação um processo biológico, a biotecnologia (1) assumiu um papel importante na obtenção de microrganismos mais eficientes, que produzam etanol com um rendimento superior as leveduras usadas atualmente e da engenharia enzimática, que busca um melhoramento dos processos catalizadores das reações de sacarificação e de hidrólise ácida, para matérias primas amiláceas e celulósicas respectivamente. (ANCIRES E CASSIOLATO, 1985:68)

QUADRO I - Indicador de "Performance" dos Principais Processos de Conversão de Biomassa.

BIOMASSA	PROCESSO	CUSTO DE PRODUÇÃO (US\$/TON.)
- MILHO (USA)	FERMENTAÇÃO	350
- PALHA	FERMENTAÇÃO	637
- GRÃOS	FERMENTAÇÃO	637
- CANA DE		
AÇÚCAR (BRA)	FERMENTAÇÃO	381
- MILHO	FERMENTAÇÃO e	
(USA)	HIDRÓLISE ÁCIDA	510 - 637
- MADEIRA	FERMENTAÇÃO e	
(USA)	HIDRÓLISE ÁCIDA	475 - 850

FONTE: CERANTOLA, W.A.. FERMENTAÇÃO VISANDO A OBTENÇÃO DE ENERGIA. Relatório de Pesquisa do Convênio MIC-STI/UNICAMP-IE/ FUJB. Campinas, IE/ UNICAMP, 1986, p. 20.

A produção agrícola das matérias primas utilizadas à produção do etanol, afeta a produção industrial do álcool de duas maneiras: a primeira pelos custos de produção agrícola, que afetam diretamente os custos de produção do produto final e interferem na viabilidade comercial do etanol derivado de algumas matérias primas; a segunda, é que elementos como a disponibilidade de terras, tipo de clima, variedades adaptadas e topografia do terreno, determinam a possibilidade de cultivar-se uma ou outra matéria prima em algumas regiões ou países. Estas características limitam o uso de determinados substratos para a produção do etanol.

Observando-se o rendimento (litro de álcool/ha) a partir de algumas biomassas utilizadas para a produção do etanol, no quadro II, três culturas se destacam: cana de açúcar, mandioca e beterraba. A cana de açúcar constitui-se num ótimo substrato para a produção do etanol fermentado, contém açúcares prontamente fermentescíveis. Todavia, a cana só pode ser cultivada em regiões tropicais, além de requerer grandes extensões de terra. Sua cultura é imprópria para países em que não possuem os dois pré requisitos referenciados acima.

As culturas de beterraba e mandioca merecem registro:

a) **beterraba** - cultura sacarínea de largo uso nos países de clima temperado, principalmente nos países europeus. Estes países dominam a tecnologia para a produção em escala comercial do etanol derivado da beterraba.

b) **mandioca** - cultura amilácea, de largo uso no Brasil, porém não é utilizada para a produção comercial do álcool. O trabalho FTI (1983), tenta explicar as razões da não utilização da mandioca como substrato para a produção do etanol. Algumas explicações retiradas deste trabalho são mostradas a seguir:

i) problemas fitopatogênicos, que limitam a plantação em larga escala da mandioca;

ii) colheita; sem uma mecanização da colheita é impossível a produção do álcool de mandioca em escala industrial, a não ser em pequenas plantações para mini-usinas. Segundo dados deste mesmo estudo, uma destilaria de 150 mil litros/dia consome o equivalente a moagem de 833 toneladas de mandioca. O que implica num arrancamento diário de 43 hectares, que em colheita manual necessita de um verdadeiro "batalhão" de trabalhadores para executar tal tarefa;

iii) a produção de álcool de mandioca requer fontes energéticas externas à usina. A mandioca não fornece matéria prima para a geração de energia interna à usina;

iv) a mandioca é uma cultura amilácea e para a extração dos açúcares desta matéria prima é necessário realizar a operação de sacarificação. Isto representa um aumento dos custos de implantação de uma usina de etanol de mandioca, em torno de 20% em comparação à implantação de uma usina de álcool, derivado da cana de açúcar.

QUADRO II - Rendimento do álcool produzido a partir de diferentes biomassas agrícolas e florestais.

ETANOL A PARTIR DE:	ANÁLISE A	ANÁLISE B
	(l/ha)	(l/ha)
- MILHO	2.200	-----
- SORGO (grãos)	1.200	1.200 - 2.400
- AVEIA	700	-----
- CEVADA	750	-----
- CANA-DE-AÇÚCAR	4.700	4.000 - 9.000
- AÇÚCAR DE BETERRABA	----	4.000 - 6.000
- MANDIOCA	----	1.800 - 7.500
- MANDIOCA	8.000	-----

NOTA: Análise A: OTA - Office of Technology Assessment, Energy from Biological Processes, Vol. I-II, 1980.

Análise B: REVUZ, B & DAUJANT, F.. Production d'Ethanol à partir de biomasse. Technologies et bilans énergétiques, in Sturb Charter, Schlessen, Energy from Biomass C.E.C., London, p. 782 - 798, 1982.

FONTE: RYE, P.. Alcools et Biocarburants, in Les Futures Alimentaires et Énergétiques des Biotechnologies, Economies et Sociétés - Cahiers de L' I.S.M.E.A.-Série HS, n°27 Paris, p.234 apud CERANTOLA, W.A.. FERMENTAÇÃO VISANDO A OBTENÇÃO DE ENERGIA. Relatório de Pesquisa do Convênio MIC-STI/UNICAMP-IE/FUJB. Campinas, IE-UNICAMP, 1986, p.21

Deste capítulo pode se tirar algumas conclusões:

a) a busca por insumos energéticos alternativos ao petróleo e seus derivados constituiu um movimento iniciado após a elevação do preço deste produto, na década de setenta, e ao qual vários países se integraram para o desenvolvimento de programas nacionais de produção de álcool. Estes planos criaram mercado para a produção interna de determinados produtos agrícolas, por se utilizarem de algumas destas matérias primas como substratos para a produção do etanol. Este fato possibilitou o crescimento das vendas de equipamentos/processos de alguns setores industriais, ligados diretamente ou indiretamente a produção do etanol;

b) - O desenvolvimento tecnológico dos países que integraram esta dinâmica foram condicionados por alguns fatores:

1) a oferta interna de matéria prima destinada à fins energéticos - os países produtores de matérias amiláceas e celulósicas foram induzidos a desenvolverem tecnologias destinadas a processos pré fermentativos, como a enzimologia (tecnologia de enzimas), caso desejassem a utilização de matérias primas domésticas. Esta preocupação era inexistente nos países produtores de matérias sacaríneas. Como os processos fermentativos e de destilação são comuns a todas as biomassa, este diferencial de operações (pré-fermentativa), provavelmente confere aos países produtores de determinadas biomassa, que não se utilizam destas operações, vantagens comparativas à produção do álcool, ou seja, custos de produção do produto final a um preço menor, em comparação aos países que se utilizam de matérias primas que empregam tecnologias ainda incipientes nas etapas anteriores à fermentação.

11) tradição tecnológica de determinados países em atividades próximas à etapas de produção do álcool. Isto permitiu a estes países se especializarem em determinadas fases do processo produtivo.

CAPÍTULO II

2 FORMAS DE ESTÍMULOS GOVERNAMENTAIS PARA A PRODUÇÃO DO ETANOL E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS INTERNACIONAIS.

- Introdução

Como foi visto, o desenrolar da crise energética nos anos setenta induziu alguns países a estimular o desenvolvimento de tecnologias e a produção do etanol fermentado.

As principais opções de uso do etanol, obtido por via fermentativa, são:

- combustível líquido alternativo aos derivados do petróleo, principalmente a gasolina;
- insumo industrial alternativo ao etanol sintético;
- insumo que permita a substituição do chumbo tetraetila da gasolina, determinadas por preocupações ecológicas.

Estas opções aparecem de maneiras diferenciadas nos países, seja pelo: nível de consciência ecológica; por suas disponibilidades diferenciadas de matéria prima; pela atuação de empresas de outros segmentos industriais, com experiência e interesse próximos à produção do álcool; e pela tradição dos países em setores relacionados à produção do etanol fermentado. A combinação destes fatores refletem em atuações governamentais diferenciadas, visando a produção e o P&D em álcool.

2.1 ESFORÇOS GOVERNAMENTAIS DE ECONOMIAS AVANÇADAS PARA A PRODUÇÃO DO ETANOL FERMENTADO.

Uma das características marcantes da nova preocupação energética gerada pela crise do petróleo é a participação governamental, no processo de estimular a produção e o P&D em etanol fermentado. Porém, essas atuações são diferenciadas. Há governos que atuaram de forma direta, ao desenvolverem e estimularem programas ou planos nacionais, como por exemplo, o Japão. No caso japonês, o governo se articulou com empresas privadas para atingir objetivos de produção do álcool e da geração de tecnologias para sua produção. Há também governos que atuaram de forma indireta, como exemplo, o governo dos EUA.

Como tentativa de caracterizar o cenário institucional para o estímulo e produção do etanol fermentado, será feita uma descrição do caso japonês, americano e europeu. O Brasil terá um espaço em outro item para uma análise mais detalhada e objetiva.

2.1.1. Estados Unidos

Os EUA são um tradicional país produtor e consumidor de etanol sintético. No início da década de oitenta, o consumo industrial americano de etanol sintético correspondia a 25% da demanda mundial do produto. Sua produção correspondia a 55% da produção mundial de etanol sintético. Neste mesmo período, apenas 6% a 8% do consumo de etanol americano não provinha do processo sintético. Porém, desde da crise do petróleo, a matriz energética americana vem se alterando constantemente, pelo aumento da produção de etanol fermentado derivado do milho.

Estes aumentos têm como estímulos os objetivos nacionais de redução da dependência energética externa e por pressões ecológicas de substituição do chumbo tetraetila da gasolina. (2)

As preocupações ecológicas americanas de substituição do chumbo tetraetila da gasolina se enquadram nos estudos da Environmental Protection Agency (EPA), realizados em 1972. Estas resultaram nas seguintes proposições:

- fornecer gasolina sem chumbo, a ser usada nos automóveis fabricados a partir de 1975;
- elaborar um calendário para a redução gradativa do chumbo da gasolina, a fim de reduzi-lo a níveis atmosféricos aceitáveis, num curto espaço de tempo;
- minimizar as mudanças na composição da gasolina a fim de evitar o aumento de outros poluentes.

Algumas destas preocupações ecológicas foram transformadas em lei, já em 1981, com a introdução do "gasohol" (gasolina + 20% de álcool). Em 1983, 1.5 bilhões de litros foram misturados a gasolina. A produção esperada para 1984 era de 2.3 bilhões de litros.

O estímulo à produção do etanol fermentado derivado do milho, iniciada em 1981, aconteceu pelos motivos de preocupação nacional, já citados, e pelo problema crônico de super produção de grãos. No ano de 1985 o excedente era de 13 milhões de toneladas. (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1987:37)

A intervenção estatal americana implementou medidas que protegeram e estimularam a produção interna de etanol fermentado. No ano de 1978, foi aprovada uma lei federal (Energy Tax Act) que isentou os combustíveis alternativos, derivados de recursos naturais, de impostos aplicáveis à gasolina. Foi aprovada no ano de 1981 a lei que implementou o "gasohol". O governo americano também implementou medidas protecionistas para proteger sua indústria produtora de etanol fermentado, sobretaxou o álcool importado destinado ao consumo por automóveis.

2.1.2. Europa

O continente europeu possui tradição no consumo e produção do etanol sintético. Pelos motivos já citados, o continente europeu começa a se preocupar com insumos alternativos aos derivados do petróleo, no início da década de oitenta.

A Europa tomou como prioridade o biogás como combustível alternativo ao petróleo e não o etanol. Porém, a produção de etanol derivado de grãos do continente europeu é superavitária. A produção europeia, no ano de 1983, alcançou 1.200 milhões de litros, enquanto o consumo foi de 500 milhões de litros. (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1987:120).

Na análise do esforço europeu para a produção de insumos energéticos alternativos aos derivados de petróleo, uma variável tem que ser caracterizada: a da limitação física à produção de matéria-prima. No curto prazo, a oferta de matéria-prima para a produção energética é limitada, dado a prioridade alimentar da agricultura europeia e a disponibilidade de terras potencialmente utilizáveis para a produção energética. Em 1982, 63% da área cultivável na Europa era ocupada pela agropecuária, 21,3% por florestas naturais ou cultivadas e os restantes 15,7% estavam em região urbana ou em áreas impróprias para a agricultura.

Apesar do etanol fermentado no continente europeu não ser prioritário como alternativa aos produtos derivados do petróleo, alguns países realizaram algumas iniciativas na sua produção, movidos pelas variáveis citadas abaixo:

I- a possibilidade dos produtores agrícolas de diversificar sua produção;

II- alta capacidade científica e tecnológica dos países, que possibilita o desenvolvimento de tecnologias para a produção do etanol;

III- política governamental de cunho ecológico, de adicionar álcool a gasolina, em substituição ao chumbo tetraetila.

O movimento de desenvolvimento da produção e das tecnologias para a produção de etanol fermentado no continente europeu apresentou uma particularidade: o interesse de empresas privadas, no desenvolvimento de tecnologias para a produção do etanol. Empresas multinacionais européias, com tradição nos setores: químico, petroquímico, farmacêutico e de bens de capital, que possuíam o suficiente conhecimento tecnológico para o desenvolvimento de equipamentos/processos para a produção do etanol, a fim de comercializarem-nos aos países que estivessem desenvolvendo programas alternativos aos derivados do petróleo.

Empresas que merecem destaque:

a) - TATE and LYLE Ltda (GRA BETANHA) (3)

Empresa atuante em 20 países.

Principal ramo industrial onde participa: alimentício

Desenvolveu um processo de fermentação contínua.

b) - HOECHST A.G. (REA) (4)

Empresa multinacional, com filiais nos seguintes continentes: europeu, americano (inclusive América Latina), africano e australiano.

Principais ramos industriais de atuação: química e farmacêutica.

Desenvolveu um processo de fermentação contínua.

c) - NOVO INDUSTRI A/S (DINAMARCA) (5)

Empresa atuante em 19 países.

Principais ramos industriais de atuação: produtos farmacêuticos e enzimas

Desenvolve e comercializa enzimas para serem usadas na produção de etanol fermentado, derivado de matéria prima amilácea e celulósica.

d) - ALFA LAVAL (SUÉCIA)

Esta empresa desenvolveu o sistema Biostil que é comercializado pela empresa CODESTIL, no Brasil.

2.1.3. JAPÃO

O Japão se caracteriza por ser um importador de matérias primas, para posterior produção do álcool, ou seja, pela insuficiência da oferta interna de matéria prima destinada à produção do álcool.

Ao final do segundo choque do petróleo, o Japão mostrou sua especificidade no desenvolvimento de produtos biológicos alternativos aos derivados do petróleo. Dois aspectos merecem registro:

- a articulação entre governo e empresas privadas;
- crescente fluxo de informações obtidas em outras áreas do "conhecimento", canalizadas para o desenvolvimento de tecnologias para a produção do etanol.

Em maio de 1980, o governo japonês via o Ministério da Indústria e Comércio (MITI), organizou a RAPAD (Associação de Pesquisa para o desenvolvimento de Alternativas ao Petróleo) associação empresarial envolvendo diversas áreas de atuação: química, petroquímica, fermentação e engenharia. A RAPAD iniciou seus trabalhos em junho de 1980. Suas atividades de pesquisas se resumiram num projeto nacional a ser cumprido num prazo de 7 anos (1980-1986) com um orçamento estimado para o período de US\$ 150 milhões.

Dentro do objetivo de desenvolvimento de tecnologias para a conversão e utilização de biomassa como energia alternativa, enquadraram-se duas prioridades de pesquisa:

a) desenvolvimento de tecnologias para a utilização de celulose para a produção de etanol;

b) desenvolvimento de tecnologia para o processo de fermentação contínua, para a produção de etanol, utilizando técnicas de células imobilizadas;

Após vinte dois meses de pesquisa, em abril de 1982, a Kyowa Hakko Kogyo Co. (6), uma das empresas participantes do RAPAD, apresentou um resultado prático: uma planta piloto operando com processo contínuo de fermentação e utilizando células imobilizadas de leveduras em biorreatores fluidizados. As vantagens deste sistema, serão objeto de análise adiante, em um item dedicado ao assunto.

O conhecimento científico utilizado neste processo, é conhecido desde a década de sessenta. Fundamenta-se na utilização de "pérolas" de alginato de cálcio, dentro das quais são imobilizadas células de leveduras.

Este processo de fermentação contínua, apresentado pela Kyowa, teoricamente poderia apresentar problemas técnicos, ao se passar da escala piloto para a fase de "scale-up", pela enorme quantidade de CO_2 liberado no processo fermentativo, o que obrigaria o uso de uma quantidade muito grande de colunas.

No final da primeira metade da década de oitenta, a empresa acima realizou o "scale-up" do processo, construindo uma planta com uma capacidade de produção de 20.000 litros/dia, com os problemas técnicos resolvidos.

Pode se dar outro exemplo da agilidade japonesa no desenvolvimento de novos processos. A Japan Gas Company (JGC) empresa filiada a RAPAD, em conjunto com outras empresas: Sanraku Ocean Co. Ltd., Ajinomoto Co., Kansai Paint Co. e Maruzen Oil Co. Ltd, desenvolveram outro processo de fermentação semelhante ao desenvolvido pela Kyowa. Com uma técnica de fermentação mais sofisticada, a imobilização das células foi feita utilizando-se uma resina (prepolímero de polietileno com moléculas de isocianato). A planta industrial desenvolvida tinha a capacidade de produzir 250 litros/dia.

A articulação entre o governo japonês e empresas privadas com o objetivo de desenvolverem tecnologias para a produção de insumos alternativos aos derivados de petróleo, não se restringiu a RAPAD. Na primeira metade dos anos oitenta criou-se a NEDO (Organização para o desenvolvimento de Novas Tecnologias). O objetivo de atuação da NEDO era aglutinar todas as atividades de P&D na área de energia alternativa. A NEDO estava ligada ao MITI. Um dos objetivos da NEDO era o P&D da produção do etanol combustível. Para o desenvolvimento desta linha de pesquisa, a NEDO se associou a FARA (Associação de Pesquisa de álcool combustível), que congrega várias empresas privadas de diferentes áreas industriais.

Dentro dos objetivos desta associação, estabeleceu-se as seguintes prioridades:

- a) utilização de madeira e resíduos agrícolas como matéria prima para a produção do etanol;
- b) desenvolver processos eficientes para a produção de álcool, visando a redução dos custos de produção.

Apesar do "esforço" japonês para desenvolver tecnologias para a produção do etanol fermentado, o país continuou a importar matérias primas para a produção do álcool a ser utilizado pelos seu parque industrial. Em 1983, o Japão ofertou 370 a 400 milhões de litros, sendo que desta produção 260 milhões de litros foram importados (com uma importação de 130 milhões de litros de melago). (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1987:120)

Com as informações citadas até aqui, são possíveis algumas considerações importantes ao estudo proposto:

- com a crise do petróleo e o posterior lançamentos dos programas nacionais de desenvolvimento de tecnologias e/ou incentivos à produção do etanol fermentado, gerou-se um mercado atraente aos grupos empresariais atuantes em diversas áreas industriais. Estes, utilizando-se dos conhecimentos acumulados provenientes dos setores de origem, capacitaram-se rapidamente para desenvolver equipamentos/processos à produção do etanol para serem comercializados aos países geradores deste planos. Estes programas também incentivaram a pesquisa de métodos de produção de álcool, derivados de um leque maior de matérias primas e processos de produção mais eficientes;

- é evidente o desenvolvimento japonês em processos fermentativos responsáveis pela obtenção do álcool. Duas outras características destacam o exemplo do Japão: a primeira é a articulação governo e o setor privado, para o desenvolvimento de tecnologias, no caso para a produção do álcool; a segunda é a cooperação entre empresas para o P&D de processos fermentativos mais eficientes.

- outra característica foi a participação governamental no processo de estimular a produção e o P&D em etanol fermentado. Porém, as atuações governamentais foram diferenciadas. Nos exemplos citados neste capítulo, observa-se a intervenção governamental direta, ao elaborar planos nacionais em que o governo participava do estímulo e da produção do álcool e do P&D de novas tecnologias para a produção do etanol. Exemplo desta atuação governamental foi dado pelo Japão. Outra forma de intervenção do governo foi a de estimular a produção do álcool indiretamente, como exemplo nos EUA. Aliás, esta postura governamental é coerente com os estilos de política diferenciados dos dois países, ver SUZIGAN (1988).

2.2. TENDÊNCIAS DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS A NÍVEL INTERNACIONAL.

As pesquisas para obtenção de métodos mais eficientes para a produção do etanol que otimizassem os já existente, foram uma tônica nos primeiros anos da década de oitenta.

As inovações e otimização dos processos afetaram basicamente:

- extração do mosto;

- seleção e desenvolvimento de novos microrganismos, para uma

melhor eficiência da fermentação;

- novos sistemas de fermentação;

- uso de substrato amiláceo e celulósico, com os respectivos processos de sacarificação e hidrólise;

- o processo de destilação.

2.2.1. PROCESSOS FERMENTATIVOS OFERTADOS NO MERCADO INTERNACIONAL.

Os processos fermentativos ofertados a nível internacional refletem alguns dos resultados do desenvolvimento de microrganismos para um processo fermentativo mais eficiente, como leveduras floculantes (processo que não necessita de centrífugas para separar as leveduras dos sub produtos da fermentação) e leveduras osmofílicas (que resistam às elevadas concentrações do mosto).

Existem dois processos básicos de fermentação conhecidos: contínuo e por batelada. Entre os dois sistemas existe um denominado "cascata" que é um "mix" dos dois processos citados acima.

O processo por batelada é descrito abaixo:

- a fermentação é realizada em várias dornas - tanques cilíndricos com fundo ligeiramente cónicos e com alguns trocadores de calor para o resfriamento de seu conteúdo. Estas dornas são alimentadas com mosto - caldo de cana mais água e leveduras - novas ou tratadas da fermentação anterior. Durante o processo fermentativo os açúcares são convertidos em álcool, CO₂ e outros sub-produtos, até que a fermentação seja completada. Este agregado de produtos é denominado vinho. O vinho antes de ser encaminhado para o aparelho onde se realiza a destilação, passa por uma centrífuga onde se separam as leveduras do vinho a ser destilado. Após esta separação as leveduras são encaminhadas a um tratamento com ácido sulfúrico, para eliminar as bactérias que por ventura as acompanhem, enquanto o vinho é levado para o aparelho onde ocorre a destilação - separação do álcool dos outros produtos gerados na fermentação.

A cada processo fermentativo realizado, as dornas são lavadas e desinfecionadas.

O processo de fermentação contínua se distingue do por batelada, pela entrada contínua do mosto numa única dorna e a saída contínua do vinho desta dorna. Este processo tem algumas vantagens em comparação com o de batelada: não necessita de centrífugas; nem das lavagens e desinfecção das dornas a cada entrada de mosto e saída de vinho; e necessita de um número menor de dornas para a mesma produção diária de etanol. O que decorre em custos menores de instalação e de produção do álcool, pela maior velocidade de fermentação e ausência dos intervalos produtivos.

Abaixo, os processos de fermentação ofertados no mercado internacional:

1) ESTR (continuous stirred tank reactor), que se utiliza de apenas um reator com agitação forçada. Um dos requisitos deste processo é a estabilidade do mosto. A alimentação de mosto é feita de maneira contínua, assim como a retirada do produto fermentado.

2) CASCATA - sistema que utiliza de vários reatores conectados em série, com fluxo contínuo de mosto de um tanque para o outro, a recuperação da levedura é feita no final do processo.

O primeiro grupo tem as seguintes variantes:

a.1)

Processo desenvolvido pela empresa TATE AND LYLE (INGLATERRA) (7). Este processo opera com fermentador de um único estágio e se utiliza de leveduras floculantes, que dispensam o uso de centrífugas. As leveduras são tolerantes a altos teores alcoólicos, o que permite a obtenção de vinhos com maiores concentrações alcoólicas.

b.1)

Processo desenvolvido por duas empresas: HOECHST(RFA) - UHDE(AUSTRIA). Este processo opera com um fermentador seguido de dois decantadores.

O aparelho fermentativo consiste numa torre de fermentação, separada em duas regiões: uma, no pé da torre, onde a levedura fica concentrada por decantação e processa rapidamente os açúcares fermentescíveis, e outro, no final da torre, onde o álcool sobe devido as diferenças de densidade e é drenado conforme a entrada de mais mosto.

Este processo adota a levedura floculante e em consequência usa decantadores, sem a necessidade de centrífugas.

A levedura floculante utilizada é a S. uvarum, foi desenvolvida pela HOECHST, e a dorna de fermentação foi desenvolvida pela Universidade de Stuttgart. (SALLES FILHO, 1985:284).

obj: - este processo é oferecido no Brasil pela Inter-Uhde Engenharia do Brasil com o nome de INTERLOOP.

c.1)

Processo desenvolvido pela empresa ATPAI. (Atkind Power Alcohol Process) (INGLATERRA), que se utiliza da fermentação e destilação a vácuo;

d.1)

Processo desenvolvido pela ALFA-LAVAI. (Suécia).

O processo fermentativo é realizado numa única dorna. O mosto concentrado é levado às dornas, que é um tanque simples com aeração. Através de bombas, o caldo fermentado passa por centrífugas, de onde parte da levedura retorna à dorna de fermentação. O vinho rico em álcool sofre uma primeira destilação, quando parte do álcool é retirado (75%). O vinho então retorna junto com as leveduras para o aparelho onde se realiza a fermentação. Este fermentador opera com alta concentração de leveduras. As cepas de leveduras utilizadas neste sistema são tolerantes à alta concentração de açúcar e a ácido orgânico, que reduzem os riscos de infecção.

obj: este sistema é comercializado no Brasil pela empresa CODESTIL, com o nome de BIOSTIL.

As variantes do sistema cascata, são:

a.2)

Processo desenvolvido pela empresa VOGELBUSCH (AUSTRIA), este processo opera com 5 a 7 tanques de fermentação conectados em série com aeração forçada no primeiro tanque e recuperação das leveduras no último tanque.

b.2)

Processo desenvolvido pela empresa TECHNOPETROL S.A. (EUA), este processo opera com quatro fermentadores conectados em série, com recuperação das leveduras no último tanque, que volta para o primeiro tanque, após um tratamento com ácido.

Observando-se os processos ofertados no mercado internacional, nota-se que das seis empresas que desenvolveram os sistemas listados acima, com exceção da TECHNOPETROL S.A., todas são de origem de países que não implementaram nenhum programa nacional de P&D ou estímulo a produção do álcool e alguns destes processos estão sendo comercializados no Brasil.

2.2.2. LINHAS DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO IDENTIFICADAS NA PRIMEIRA METADE DA DÉCADA DE OITENTA.

Este item identifica algumas linhas de P&D, para a produção do etanol fermentado a nível internacional.

Pode-se observar um grande esforço de P&D para o uso de matérias amiláceas e celulósicas e seus respectivos processos de sacarificação e hidrólise, para a produção de etanol fermentado. Como foi explicitado, esta linha de pesquisa se insere em uma preocupação dos países de economia avançada em adequar os diferentes processos de produção do álcool às matérias primas locais.

Nas etapas a montante da fermentação: na etapa de extração encontra-se a tendência de substituição do uso de moendas por difusores, que são mais eficientes e de menor custo operacional, para o álcool derivado da cana-de-açúcar. Nos processos a jussante da fermentação, existe a tendência para modificação do sistema tradicional de destilação, especialmente para a redução da energia gasta no processo.

Na etapa fermentativa, vale registrar os avanços obtidos pelas empresas japonesas: Kyowa Hakko Kogyo Co. e da Japan Gás Company, nos processos de fermentação contínua por imobilização de células. A seguir algumas vantagens deste sistema:

- I- baixo custo operacional e de manutenção, sem a necessidade de mão de obra especializada;
- II- baixo investimento com produtividade e rendimento e eficiência global mais elevados, em comparação com a tradicional;
- III- economia de energia;
- IV- aplicabilidade do processo a uma enorme variedade de substratos líquidos;
- V - baixo risco de infecção.

Doutros sistemas fermentativos vem sendo desenvolvidos, como é possível observar no quadro III. Neste quadro, nota-se o amplo espaço de avanço do rendimento tecnológico que é possível se obter na fermentação. Existem processos que mesmo em escala laboratorial apresentam altíssimos rendimentos frente aos métodos comercializados atualmente.

QUADRO III - Processos Fermentativos de Etanol pesquisados e seus respectivos estágios de desenvolvimento.

SISTEMA	PRODUÇÃO DE ETANOL (l/h)	ESTAGIO DE DESENVOLVIMENTO
- CONTÍNUO COM PRESSÃO DIFERENCIAL E RECICLAGEM	80	LABORATÓRIO
- CONTÍNUO COM VACUO E RECICLAGEM	80	LABORATÓRIO
- CONTÍNUO COM VACUO	40	LABORATÓRIO
- CONTÍNUO COM RECICLAGEM	40	ESCALA PILOTO
- CONTÍNUO COM LEVEDURAS IMOBILIZADAS	20	LABORATÓRIO/ ESCALA PILOTO
- BATELADA COM RECICLAGEM	15	COMERCIAL
- CONTÍNUO DE MÚLTIPLO ESTAGIO	12	COMERCIAL
- CONTÍNUO SIMPLES	5	COMERCIAL
- BATELADA SIMPLES	2	COMERCIAL

FONTE- VERGARA, W. Improving the scenario for ethanol production: The new ethanol producers. In: Proceedings of the IV Internacional Symposium on Alcool Fuel Technology.

Na etapa de extração e preparo se observa a preocupação de se utilizar uma gama maior de matérias amiláceas e celulósicas, com linhas de pesquisas que envolvam:

i- separação do material amiláceo do material não amiláceo, antes da sacarificação;

ii- eliminação da etapa de cozimento, pelo uso de enzimas amilolíticos mais eficientes;

iii- imobilização de enzimas para a sacarificação de amido e celulose.

Vol.I. Guarujá São Paulo, Brasil, 1980 e KOSARIC, N. et alii, Fuel ethanol from biomass Production, Economics and Energy chemical and Biochemical Engineering. University of Werstein, Ontario, 1980 apud CERANTOLA, W.A.. FERMENTACAO VISANDO A OBTENCAO DE ENERGIA. Relatório de Pesquisa do Convênio MIC-STI/UNICAMP-IE/FUJB, CAMPINAS, IE/UNICAMP, 1986, p. 49

Dentro da linha de pesquisa de obtenção de novos microrganismos, a biotecnologia assume um papel destacado, seja pela biotecnologia clássica, que busca e seleciona novos microrganismos ou pela "nova" biotecnologia que se utiliza de ferramentas da engenharia genética, pelas técnicas de fusão celular, ou de ADN recombinante (8) que permitam manipulação genética, visando obter ou melhorar os microrganismos. (ANCIXES e CASSIOLATO, 1985:68).

As principais linhas de pesquisa desenvolvidas são:

I - cepas mais resistentes a altos teores alcoólicos, com maior decantabilidade;

II - conversão direta do amido em álcool;

-III- estudo da bactéria *Zymobilia*, para a possível substituição da levedura *S.Cerevisiae*. A bactéria resiste à temperaturas mais altas, evitando o uso de aquecimento nas dornas de fermentação, a bactéria é anaeróbica e prescinde do uso de aeradores.

Novos processos fermentativos são condicionados diretamente pelo desenvolvimento de novos microrganismos. A levedura condiciona as características do processo fermentativo. Novos microrganismos podem impulsionar o desenvolvimento de novos sistemas de fermentação.

CAPÍTULO III

3 A PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ALCOOL

- Introdução

O Brasil se inseriu na dinâmica internacional na busca de produtos alternativos aos derivados do petróleo, ao "planejar" dois programas para desenvolver tais insumos.

Os programas "planejados" no Brasil foram: o PRÓOLEO e o PNA (Programa Nacional do Alcool) ou Proálcool. O primeiro, foi destinado à produção de óleos vegetais como substituto ao óleo diesel (utilizado pela frota brasileira de caminhões e ônibus). O Próóleo (9) não chegou a se consolidar enquanto programa responsável pela produção de insumos energéticos alternativo aos derivados do petróleo. O segundo plano, Proálcool, tinha, como objetivo, produzir etanol fermentado para substituir a gasolina nos motores de ciclo OTTO e fornecer insumos químicos derivados do álcool, em substituição a alguns derivados do petróleo. O Proálcool se consolidou e alterou a estrutura de oferta do álcool e de seu mercado. O PNA é o ponto de partida deste estudo.

A principal Biomassa utilizada para a produção do etanol fermentado brasileiro foi e é a cana de açúcar, apesar do Proálcool fazer menção à utilização de outras matérias primas, como substrato para a produção do etanol, por exemplo a mandioca.

A predominância da cana de açúcar, como matéria prima para o PNA, se explica pela tradição brasileira de quatro séculos na produção canavieira. Esta cultura no Brasil apresenta a característica da intervenção estatal na dinâmica interna do setor canavieiro. Tal intervenção se iniciou de forma organizada em janeiro de 1933, com a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). Esta instituição foi criada com o objetivo de garantir o "bom" funcionamento do setor, como colocam (RAMOS e BELIK, 1987:4), através de políticas de cotas de produção e políticas de preços mínimos. O IAA se mantém no setor até a presente década, com o mesmo objetivo da sua fundação, porém em crise e sob a ameaça de extinção, desde de 1985.

3.1 PROGRAMA NACIONAL DO ALCOOL

- antecedentes históricos

No início dos anos setenta, a agroindústria canavieira passou por um excelente período, fruto do aumento das exportações de açúcar realizadas a elevados preços internacionais que vigoravam na época, o que garantiu um grande acúmulo de recursos no setor. Este volume de recursos acumulados permitiu ao IAA o lançamento de dois planos com os objetivos de modernizar e aumentar a produção do açúcar brasileiro: o primeiro foi o PLANALSUCAR, Programa Nacional de Melhoramento da Cana de Açúcar (1971). Seu objetivo era criar uma infraestrutura de pesquisa para o desenvolvimento de novas variedades de cana e de outras inovações, para a obtenção de melhorias no processo de produção agrícola e industrial do açúcar.

O segundo plano foi o Programa de Racionalização da Agroindústria Canavieira (1971). Este programa tinha como objetivo aumentar a produção de açúcar e estimular fusões e incorporações de usinas de forma a aumentar a escala de produção, com a meta de elevar seus rendimentos industriais. (10) Dentro do objetivo desta monografia interessa apenas este programa.

O resultado deste plano, como se pode observar no QUADRO IV, foi uma redução do número de usinas produtoras de açúcar que operavam no setor e um aumento das escalas mínimas de produção. (11) Entretanto, este plano se consolidou com a performance das exportações brasileiras de açúcar em 1973, de 50 milhões de sacos, correspondentes, na época, a 12% do mercado mundial e com remuneração excelente. (IPT, 1988:40). As expectativas da permanência do crescimento do mercado internacional do açúcar alavancavam as iniciativas de crescimento da produção interna, dentro do plano de racionalização.

Estas expectativas são revistas a partir do momento em que o preço do açúcar a nível internacional, sofreu uma queda vertical em 1975 e o setor se encontrando "modernizado", necessitava de produção e venda para amortizar os investimentos recém-realizados. (12)

QUADRO IV - NÚMERO DE USINAS EM OPERAÇÃO E ESCALA MÉDIA DE PRODUÇÃO

SAFRA	BRASIL		SÃO PAULO	
	Nº DE USINAS	TON. CANA	Nº DE USINA	TON. CANA
		Mt/DA (média)		Mt/DA (média)
1970/71	260	219.529	92	304.239
1971/72	250	242.141	90	323.143
1972/73	229	292.376	87	365.876
1973/74	216	351.106	84	447.434
1974/75	209	356.501	81	431.275

FONTE: IAA apud IPT- ESTUDO DA AGROINDÚSTRIA ACUCAREIRA DE SÃO PAULO COM VISTAS À FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS. São Paulo, Relatório IPT/DEES-AETEC nº 26.637/88, 1988, p. 41.

PNA propriamente dito

No ano de 1973, a crise do petróleo afetou negativamente o saldo do balanço de pagamento brasileiro. Em 1975, ocorre a crise do mercado internacional do açúcar e por características internas do setor canavieiro ocorreu a geração de capacidade ociosa nos agentes componentes do setor (usinas produtoras de açúcar e fábricas de equipamentos para a produção do álcool e açúcar). Da ação conjunta destes dois fatos, com um maior peso para o segundo (crise do setor açucareiro), o governo lançou, em novembro de 1975, o PNA.

Este trabalho não tem como objetivo uma análise detalhada da origem do PNA, já que este tema já foi contemplado por diversos trabalhos. (13). Abordam-se apenas pontos que tem relações com a questão tecnológica no setor.

O discurso oficial caracterizava o PROALCOOL, como um programa destinado a incentivar a produção do álcool, como substituto da gasolina nos motores de ciclo OTTO e insumos químicos derivados do etanol.

Do ponto de vista institucional foi criada a CNAI (Comissão Nacional do Alcool), que junto com o IAA administrariam o PNA. A CNAI era composta por representantes de vários ministérios e presidida pelo secretário geral do Ministério da Indústria e Comércio. Caberia à CNAI analisar o projeto de instalação de uma destilaria autônoma ou anexa para posterior aprovação da instalação, ou não, daquele projeto. O IAA era responsável pela determinação das cotas de produção a serem compradas pelo governo federal. A estatal Petrobrás ficou responsável pela comercialização do álcool.

O PNA, para cumprir seu objetivos de expansão da produção de álcool possuía dois "pilares":

I - política de preços de aquisição de álcool, pelo governo ao produtor;

II - política de crédito.

O decreto de lei de criação do PNA, impunha a adição de álcool anidro (álcool que contém 0.2% a 0.4% de água) a gasolina, criando um mercado cativo para o etanol.

O desenvolvimento do PNA apresentou duas etapas: a primeira, foi do lançamento do programa até a safra 1979/80, onde praticamente só se produziu álcool anidro; a segunda fase, correspondeu ao período da safra de 1979/80 até os dias de hoje, onde se passou a produzir álcool hidratado (álcool que contém cerca de 20% de água).

PRIMEIRA FASE DO PNA.

No lançamento do programa, abriu-se uma linha de crédito industrial, que financiou os investimentos da ampliação de unidades já existentes e a instalação de novas. No início, os financiamentos apresentavam um prazo de amortização de 12 anos, com 3 anos de carência, com taxas de juros de 16% ao ano e o financiamento envolvia até 100% do investimento. Estas condições foram alteradas ao longo do desenvolvimento do plano. (FUNDEPAG, 1986:37)

A política de preços mínimos de aquisição do álcool ao produtor estipulou uma paridade (preço do açúcar determinado pelo IAA dividido pelo preço do álcool, controlado pelo IAA), de 44 litros de álcool para cada saco de açúcar de 60 kg. Este mecanismo assegurava, aos usineiros, uma remuneração para produção do álcool equivalente à garantida aos produtores de açúcar.

Esta paridade tornou-se num incentivo à produção do álcool, como será visto num item posterior, dedicado à política de preços.

Frente a tais incentivos governamentais, o setor alcooleiro respondeu com um aumento da produção de álcool anidro. As usinas anexas foram responsáveis por este aumento de produção (QUADRO V), pela utilização da capacidade ociosa existente e gerada pela crise do mercado internacional do açúcar e pela ampliação da capacidade produtiva de álcool.

Segundo dados do (IPT, 1988:44-46), na safra 1979/80 apenas 13 destilarias autônomas operavam no estado de São Paulo produzindo apenas 4.8% do total de álcool enquanto 71 usinas anexas produziam 95.2%. Esta tendência se manifestava por todo o Brasil, como pode ser observado na REVISTA DO ALCÓOL nº 32 p.11.

Esta fase do PNA pode ser caracterizada como a diversificação da atividade produtiva da agroindústria canavieira. As usinas anexas que passaram a produzir etanol eram grandes produtoras de açúcar. Além do que, a rentabilidade da produção do álcool era garantida pelo governo federal, e o financiamento da ampliação da capacidade produtiva era realizado por uma política de crédito volumosa e subsidiada, como será, visto a seguir.

QUADRO V - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE ALCOOL, SEGUNDO O TIPO DE DESTILARIA - São Paulo: 1975 - 1987

SAFRA	ALCOOL. PRODUZIDO	DEST. ANEXAS	DEST. AUTONOMA
	m3	%	%
1975/76	357.119	99,7	0,3
1976/77	455.890	99,6	0,4
1977/78	1.089.919	94,9	5,1
1978/79	1.802.763	96,0	4,0
1979/80	2.456.459	95,2	4,8
1980/81	2.569.634	91,7	9,3
1981/82	2.763.022	87,9	12,1
1982/83	3.766.466	80,8	19,2
1983/84	5.257.492	72,8	27,2
1984/85	5.861.091	69,8	30,2
1985/86	7.438.609	71,7	28,3
1986/87	6.017.078	70,0	30,0

FONTE: IAA apud IPT - ESTUDO DA AGROINDÚSTRIA ACUCAREIRA DE SÃO PAULO COM VISTAS A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS. São Paulo, Relatório IPT/DEES-AETEC nº 26.637/88, 1988, p.46.

SEGUNDA FASE DO PROALCOOL

Apesar da diminuição da capacidade ociosa do setor açucareiro via a produção de álcool, este continuou a produzir e a exportar açúcar. As exportações que o IAA realizava eram feitas a preços gravosos e no ano de 1978 o Brasil acumulou um estoque de 58% do volume total de açúcar produzido no país. (GOMENSORO, 1985:138-140).

A expansão do mercado de álcool, como a possibilidade de diversificação do setor açucareiro era limitado. O álcool, até então, era adicionado a gasolina. Porém, o governo tinha estabelecido uma política de controle do consumo deste combustível pela administração do crescimento da indústria automobilística. O mecanismo utilizado foi a redução do prazo de financiamento da compra de automóveis com motores de ciclo OTTO. (GOMENSORO, 1985:143).

A estes fatos, juntou-se ao aumento do preço do petróleo, que impactou o balanço de pagamentos brasileiro negativamente. A participação da conta petróleo na pauta de importação brasileira atingiu em 1979, aproximadamente 37% e em, 1980 esta participação elevou-se para 50%.

Frente a esta conjuntura, o governo federal implementou um conjunto de medidas mais abrangentes que as realizadas no lançamento do PNA.

A principal medida foi o lançamento do álcool hidratado a ser utilizado como combustível puro nos motores de ciclo OTTO, que começou ser fabricado pela indústria automobilística brasileira. Com esta medida se viabilizou o crescimento de dois setores da economia: a indústria automobilística e o setor sucro-alcóoleiro. O governo também fixou o preço do álcool hidratado a 65% do preço da gasolina e tomou medidas que estimularam o consumo do carro a álcool: a diminuição da taxa rodoviária única em 50%; diminuição da alíquota do IPI.

A paridade açúcar-álcool foi alterada em benefício do preço do álcool: 38 litros de álcool passaram a corresponder a 1 saco de 60 kg de açúcar.

No ponto de vista institucional, ocorreu uma alteração: a CNAL sofreu algumas modificações e passou a ter uma postura, apenas normativa, que discutia as diretrizes do programa; foi criada a COMISSÃO EXECUTIVA NACIONAL DO ALCOOL - CENAL, que passou a executar o PNA. A CENAL tinha as atribuições de analisar e aprovar (ou não) projetos de instalação de unidades produtivas de álcool. O IAA e a Petrobrás continuavam com as mesmas funções anteriores. (IPT, 1988:48)

Neste período, a instalação de usinas autônomas passou ser prioridade do governo federal. As linhas de crédito destinadas a estas destilarias passaram a ter melhores condições de financiamento (por exemplo menores taxas de juros e maiores limites de financiamento) vis-a-vis as condições oferecidas às usinas anexas. (FUNDEPAG, 1986:37)

Com os incentivos creditícios, a produção do etanol passou a ser impulsionada pela instalação das usinas autônomas.

Este incentivo creditício, para a instalação de usinas autônomas, constitui numa intenção de governo federal de consolidar o PNA,

Este incentivo creditício, para a instalação de usinas autônomas, constitui numa intenção de governo federal de consolidar o PNA, como um programa "produtor de álcool" e não apenas num mercado alternativo aos produtores de açúcar. Na primeira fase do PNA, o destino do Proálcool estava condicionado às flutuações do mercado internacional de açúcar. (NITSCH, 1985:41-52)

3.2 AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS DE PREÇO DE AQUISIÇÃO DO ETANOL E DE CRÉDITO DESENVOLVIDOS PELO PNA.

A produção do álcool, no Brasil, após o lançamento do PNA, foi avançada pela política de preços e de crédito, e por medidas de estímulo ao consumo de álcool.

O consumo de álcool por motores de ciclo OTTO cresceu de 1.588 milhões de litros em 1978 para 8.203 milhões de litros em 1985, paralelamente ao declínio do consumo de gasolina por estes mesmos motores, como pode ser observado no quadro VI. O Proálcool alterou a estrutura de consumo de combustíveis líquidos.

A alcoolquímica, porém, não se desenvolveu o suficiente para se tornar competitiva com a petroquímica. O crescimento da alcoolquímica foi, em função direta do volume de subsídios governamentais, destinado a este setor da indústria química. (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1987:35)

QUADRO VI - Consumo de Energéticos para motores Ciclo OTTO

1978 - 1985

(milhões de litros)

ANO	GASOLINA	ALCOOL. ANIDRO	ALCOOL. HIDRATADO	% ALCOOL. ANIDRO NA GASOLINA	CONSUMO TOTAL DE ALCOOL.
1978	13.846	1.506	2	9.8	1.588
1979	13.534	2.219	16	14.1	2.235
1980	11.534	2.253	429	16.3	2.682
1981	11.036	1.146	1.392	9.4	2.538
1982	10.502	2.021	1.674	16.1	3.695
1983	8.782	2.197	2.950	20.5	5.147
1984	7.891	2.082	4.575	20.9	6.657
1985	7.519	2.121	6.087	22.8	8.208

FONTE: CNP, PETROBRAS, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, apud CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA - PESQUISA DE MERCADO DO ALCOOL DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO, Relatório Final, São Paulo, 1987, p. 31

O que interessa a este estudo são as características das políticas implementadas pelo PNA, para uma posterior identificação do impacto destas políticas no desenvolvimento tecnológico do Proálcool.

a) Política Creditícia

A política de crédito, estabelecida ao longo do PNA sofreu modificações. Até 1980, a política de crédito não distinguia o demandante do crédito industrial, se eram usinas anexas ou autônomas. Esta política acabou beneficiando as usinas anexas produtoras de álcool. Após 1980, na segunda fase do proálcool, a política de crédito passou a identificar os demandantes do crédito industrial, beneficiando as destilarias autônomas.

Na tentativa de mensurar o volume de recursos destinados ao setor sucro-alcooleiro e verificar se ocorreu transferências líquidas ao setor, FUNDEPAG (1986), desenvolveu uma metodologia cujos resultados se encontram no QUADRO VII.(14)

Este volume e a quantidade de recursos transferidos, ao setor foi responsável pelo aumento da capacidade produtiva do etanol em 12 milhões de litros, até 1985, derivado do enquadramento na CFNAl de 560 projetos. Isto pode ser observado no quadro VIII.

Na tentativa de aferir a "performance" das usinas produtoras de álcool, O CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA (1987), sistematizou informações das 137 unidades produtivas, que na safra de 1984/85 produziram álcool. Estas são apresentadas no QUADRO IX, a partir da média trienal das safras de 1982/83, 1983/84 e 1984/85. (15)

QUADRO VII - Volume de Financiamento e de Transferência de Recursos do
Crédito Industrial do PNA - 1975/1985.

PERÍODO	REGIÕES					
	I norte - nordeste			II centro-sul		
	(A)	(B) %	(C)	(A)	(B) %	(C)
1976/06	2.052	69	1.416	3.804	66	2.510
1976/12	1.739	71	1.235	3.224	68	2.192
1977/06	42.071	72	30.293	78.860	65	53.625
1977/12	36.288	75	27.216	68.021	72	48.975
1978/06	150.120	78	117.093	281.228	75	210.921
1978/12	127.145	81	102.988	238.188	79	188.169
1979/06	132.222	84	111.066	247.737	82	203.144
1979/12	108.653	92	99.960	203.576	89	181.183
1980/06	50.349	92	46.321	453.089	89	403.249
1980/12	125.914	91	114.582	1.133.233	87	985.912
1981/06	197.371	90	177.634	1.776.345	87	1.545.420
1981/12	207.705	91	189.011	1.869.346	89	1.663.717
1982/06	97.333	90	87.600	876.022	88	770.899

continua

CONT. QUADRO VII

PERÍODO I		REGIÕES				
*	I norte - nordeste			II centro-sul		
	(A)	(B) %	(C)	(A)	(B) %	(C)
1982/12	92.817	91	84.463	835.349	90	751.814
1983/06	307.476	76	233.680	1.250.784	56	703.799
1983/12	203.979	47	95.870	1.134.741	19	215.601
1984/06	237.321	42	99.675	2.228.616	8	178.289
1984/12	58.390	34	19.852	549.842	7	38.489
1985/06	56.875	34	19.337	152.141	15	22.821
1985/12	84.415	31	17.737	----	-	-----
TOTAL	3.320.235		1.677.029	13.384.146		8.170.736

FONTE: FUNDEPAG - O MERCADO DE ALCOOL DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO - ESTUDO DE POLÍTICAS DE PREÇOS E DE INCENTIVOS. Relatório Final, Paulo, 1985, p.45

Onde:

(A) - Valor Financiado

(B) - Parcela do empréstimo transferida ao setor

(C) - Transferência

* - **/06, corresponde ao primeiro semestre do determinado ano.

**/12, corresponde ao segundo semestre do determinado ano.

obs- valores referentes a 1985.

QUADRO VIII - Evolução dos Projetos de instalação de usinas produtoras de álcool enquadrados no Proálcool.

No período 1975 - 1985

PERÍODO	NÚMERO DE PROJETOS	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (MILHÕES DE LITROS/SAFRA)
1975	02	54,5
1976	70	1.561,3
1977	39	1.060,5
1978	59	1.400,6
1979	39	855,9
1980	91	2.159,0
1981	56	1.179,2
1982	39	793,8
1983	73	1.404,4
1984	80	1.380,8
1985	12	186,4
TOTAL	560	12.036,4

FONTE: CENAL - Relatório Anual, 1985 apud FUNDEPAG - O MERCADO DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO - ESTUDO DAS POLÍTICAS DE PREÇOS E DE INCENTIVOS. Relatório Final, São Paulo, 1986, p.65

QUADRO IX - Médias de Produtividade Agrícola e Industrial das Usinas e Destilarias do Estado de São Paulo, para as Safras de 1982/83; 1983/84 e 1984/85

MÉDIA ARITMÉTICA					
GRUPO	Nº DE	REND. IND.	REND. AGRIC.	QUANTIDADE	
	USINAS	(l/ton)	(ton./ha)	ALCOOL PROD. m3	
				TOTAL	% na safra 84/85
1	12	78.0	87.8	1.4440.952	24.8
2	10	80.2	73.5	1.014.494	17.4
3	08	69.0	86.2	585.565	10.1
4	19	73.6	70.8	876.916	15.1
5	14	62.6	62.1	398.486	6.8
6	24	70.3	85.9	698.092	12.0
7	34	63.8	76.3	592.812	10.2
8	12	61.7	58.6	207.757	3.6
TOTAL	133	69.9	75.2	5.815.074	100

FONTE: CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA - PESQUISA DE MERCADO DE ALCOOL DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório Final. São Paulo, 1987, p.63

Observando-se o quadro IX, nota-se um diferencial de rendimentos industriais, entre as usinas produtoras de álcool no estado de São Paulo. A manutenção deste diferencial é determinada pela intervenção do governo federal no setor, por sua política de preços de aquisição e política de cotas de produção. (quantidade anual de álcool que o governo compra de cada usina). Esta intervenção acaba determinando a ausência de um ambiente competitivo entre as usinas produtoras de álcool.

b) política de preços

Como mostra (FUNDEPAG, 1986:21-23) a política de preços foi estabelecida com o objetivo de estimular a produção do etanol, frente à crise do mercado internacional de açúcar. O mecanismo utilizado foi de se estabelecer uma paridade de preços entre o açúcar e o álcool. O estabelecido era de 44 litros de álcool = 1 saco de 60 kg de açúcar. Na segunda fase do PNA, esta paridade sofreu alteração, beneficiando a produção do álcool. Neste período, a variação foi de 38 litros de álcool para um 1 saco de 60 kg de açúcar. Esta política merece algumas considerações:

- a noção implícita nesta paridade de custo de oportunidade não se sustenta, (o produtor de açúcar passa a produzir álcool, por estimar que a rentabilidade da produção deste é maior que a produção de açúcar) já que os recursos destinados a produção do álcool foram provenientes de uma política creditícia subsidiada, e não, dos próprios usineiros de açúcar;

- o preço do açúcar, tomado como base para a determinação do etanol, era o preço pago pelos IAA aos usineiros (garantindo uma rentabilidade mínima ao setor açucareiro que estava em crise) e não o preço do mercado internacional de açúcar. No período, este último era bem menor que o fixado pelo IAA, o que se representava já num preço do álcool subsidiado.

- os coeficientes técnicos de rendimento industrial que determinam a paridade açúcar - álcool e o preço mínimo de aquisição do álcool, pelo governo, são questionáveis. Caso existam usineiros que se utilizem de alguma inovação tecnológica e consigam rendimentos industriais superiores aos implícitos, na determinação da paridade, terão sobre-lucros provenientes da redução dos custos de produção. Esta é a característica mais importante da política de preços na ótica deste trabalho, porque permite a coexistência de empresas com diferentes rendimentos industriais e consequentemente diferentes margens de lucros. A margem mínima determinada pelo governo federal e a política de cotas (compra da produção do álcool, pelo governo, é estabelecida anualmente, junto ao usineiro) no setor sucro-alcóoleiro, acabam, impedindo a concorrência via preços entre os usineiros, já que o governo determina a quantidade a ser comprada de cada usineiro e a que preço vai ser realizada esta operação.

As políticas de crédito e de preço de aquisição do etanol constituíram-se nos "eixos" da expansão da produção do álcool. Porém, por suas características, acabaram criando um ambiente competitivo "frouxo" entre empresas, onde a inovação tecnológica, não se constitui numa variável concorrencial. A produção do álcool constitui-se num investimento onde o risco era quase zero, pois a rentabilidade do investimento estava assegurada pelas políticas de preço e de cotas de produção. O crédito necessário à implantação da unidade produtiva era subsidiado e fornecido pelo governo federal.

Isto afetou a difusão de inovação em equipamentos, porque implicaria em riscos e incertezas, praticamente inexistentes, na rotina de produção e investimentos das usinas.

CAPITULO IV

4 O PNA E O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO.

- Introdução

Este capítulo procura investigar o reflexo do PNA no desenvolvimento tecnológico do setor sucro alcooleiro brasileiro.

A metodologia empregada é a identificação do comportamento dos agentes econômicos do setor (usinas produtoras de álcool e fábrica de equipamentos para a produção do etanol), na introdução de inovações tecnológicas, e identificar a articulação destes agentes com o governo federal, centros de pesquisas e empresas com atuação em outros setores industriais que não o sucro-alcooleiro, mas que possuem, interesse na produção do álcool.

4.1. INDÚSTRIA PRODUTORA DE EQUIPAMENTOS PARA A PRODUÇÃO DO ETANOL.

A indústria de bens de capital desempenha um papel singular no processo de geração e difusão de novas tecnologias pela base produtiva. Inovações em processos e equipamentos de produtos oferecidos por este setor são transferidos para os demais setores da economia, tornando-o um polo de difusão tecnológica.

No setor sucro-alcooleiro não é diferente. A indústria de equipamentos para a produção de álcool possui um papel ímpar na oferta de novas tecnologias. Para entender o comportamento desta indústria, na geração e difusão de tecnologias, torna-se necessário conhecer a dinâmica interna deste sub setor do parque industrial alcooleiro.

- antecedentes históricos

Observando-se a evolução histórica da indústria produtora de equipamentos para o setor alcooleiro, constata-se que por mais de quatro décadas, o setor teve um único produtor nacional. (16) A origem deste grupo está associada à instalação de uma oficina de reparos de moendas e o fornecimento de peças, que se desgastavam ou quebravam durante a produção de açúcar ou álcool.

Ao longo da década de vinte, a oficina DEDINI se diversificou e passou a fabricar equipamentos. Na década de trinta e quarenta, começou a fabricar outros equipamentos para o setor: caldeiras, evaporadores, etc. A tecnologia incorporada em seus equipamentos, tinha sido desenvolvida por outros centros industriais (EUA, EUROPA), em décadas anteriores e absorvida por esta empresa no período em que realizava reparos nestes equipamentos.

A estratégia concorrencial que a Dedini adotou balizava-se no serviço de manutenção rápido e eficiente junto com uma política de vendas ofensiva, fundamentada no auto-financiamento. Esta estratégia empresarial impedia o surgimento de grandes concorrentes potenciais e limitava a importação de equipamentos para o setor. (17) Portanto, pela ausência de um ambiente competitivo "acirrado" a DEDINI continuava a produção de equipamentos com "baixa complexidade" tecnológica até 1950. Neste ano, licenciou tecnologia da empresa "Combustion Engineering" (USA), para a produção de caldeiras produtoras de vapor.

Uma das características da produção de açúcar brasileiro foi sua expansão estar associada ao crescimento do mercado internacional do açúcar. Esta característica refletia, na produção brasileira, crescer em saltos. Saltos que impactavam, negativamente, as empresas produtoras de equipamentos para o setor por uma descontinuidade de demanda, que afetava suas rotinas produtivas de investimento e inovação.

Até 1953, a descontinuidade de demanda foi suprida pela expansão da produção açucareira paulista. (ANCIXES, 1978:268)

A partir do momento em que a descontinuidade de mercado impactou a produção de equipamentos, a alternativa empresarial da DEDINI foi a diversificação. Diversificou sua produção e a sua dependência do setor sucro-alcooleiro diminuiu. Passou, então, a atuar em vários setores industriais: cerâmica, siderurgia, elétrico (transformadores) e implementos agrícolas.

Como se conhece da literatura econômica, a diversificação das atividades é uma opção empresarial, frente à possibilidade que parte da capacidade produtiva fique ociosa, graças à irregularidade da demanda, e a ação dos concorrentes, e também, por uma opção para ganhar novos mercados.

Em 1965, a Dedini perde uma de suas maiores "armas" concorrenciais, o auto-financiamento. A FINAME (agência de financiamento de máquinas industriais) foi criada e passou a financiar equipamentos necessários à produção do álcool. Por isto, as barreiras à entrada ao setor diminuíram, o que possibilitou uma maior divisão do mercado de equipamentos para a produção do açúcar e álcool.

Como veremos, há, na época do lançamento do PNA, um número reduzido de empresas, o que confere ao setor um grau de competitividade a esta estrutura de mercado, onde o papel institucional é importante na criação do ambiente concorrencial.

- empresas fabricantes de equipamentos para setor sucro alcooleiro e o PNA

Uma das metas do Proálcool era direcionada à indústria de bens de capital (indústria produtora de equipamentos para a produção do etanol) "expandir a produção de bens de capital, através de crescente colocação de encomendas de equipamentos com alto índice de nacionalização, destinados à ampliação, modernização e implementos de destilaria". ANCIKES (1978:20) e/ou SZMERECSEANY (1979:436) ressaltam a importância desta meta.

No lançamento do PNA em 1976, as principais empresas do setor eram, segundo SORJ (1985): a) ZANINI, criada em 1950 em Sertãozinho, região canavieira de Ribeirão Preto. Essa empresa possui uma trajetória empresarial semelhante à DEDINI. Originou-se de uma oficina de reparos de moendas e no início do PNA já possuía uma estrutura produtiva altamente diversificada, produzindo máquinas e instrumentos para a mineração, cimento e cal e atuando nos setores metalúrgico e siderúrgico; b) CONGER, fundada por elementos originários da empresa MORLET (empresa fundada na década de trinta, em Piracicaba e que posteriormente passou a pertencer à DEDINI, em 1958 e incorporada à CODESTIL, em 1969). Esta empresa passou a produzir equipamentos para a produção do álcool em 1970. A CONGER também possuía/possue tradição na produção de equipamentos para as indústrias: química e petroquímica; c) DEDINI/CODESTIL, a CODESTIL pertence ao grupo DEDINI, fundada pela DEDINI, em 1943, para a produção de equipamentos para a produção do álcool.

As maiores concorrentes da DEDINI, que se destacaram no setor no início do Proálcool, utilizaram-se da mesma estratégia empresarial que esta se utilizou, a diversificação das atividades empresariais e do licenciamento de tecnologias. A CONGER possuía licenciamento de tecnologia da VOLGELBUSCH (ÁUSTRIA) e a ZANINI, diversos contratos de licenciamento de tecnologias para a produção de equipamentos para a fabricação de álcool.

A indústria de equipamentos para a produção do etanol, segundo NEGRÍ (1981), no início do PNA, estruturava-se como um oligopólio concentrado-diversificado. Este tem as características de: a concorrência não se processa via preços; os fatores relevantes para a determinação da divisão de mercados, entre as firmas operantes são: economias de escala, controle da geração e difusão de tecnologias e serviços de manutenção. A estas características se agregam às das empresas possuem uma linha de produção bastante diversificada. Isto lhes permite, que através de uma combinação de vendas de produtos nas variações cíclicas no nível da demanda, garanta um volume estável de vendas.

Por ser uma indústria de bens de capital sob encomenda, as empresas do setor possuem departamentos especializados, para dimensionar os equipamentos-produtos pertencentes as suas linhas de produção, em certas etapas do processo de produção do álcool, como da extração e fermentação, segundo as exigências do comprador. Este dimensionamento é fundamental para aumentar os rendimentos das fases de produção do álcool, via learning-by-using.

Este mesmo trabalho de NEGRÍ (1981) mostra a distribuição de vendas do setor entre as empresas desta indústria em 1975. O grupo DENINI, em 1975, possuía 54.5% das vendas (primeiro lugar no volume de vendas), enquanto a ZANINI (segunda empresa em volume de vendas) possuía 14% e a CONGER possuía apenas 2.7% (sétimo lugar em volume de vendas).

Apesar desta concentração, em 1975, apenas duas empresas possuíam condições de fabricar destilarias com capacidade de produção acima de 90.000 litros/dia: a CODESTIL e a CONGER. A CODESTIL possuía escala de produção de até cinco destilarias/mês, enquanto a CONGER era capaz de produzir uma destilaria/mês.

No lançamento do PNA, a ZANINI se associou com a CONGER, para a produção de unidades completas de produção de álcool. A ZANINI produzia equipamentos para as etapas de extração e geração de vapor e a CONGER produzia os equipamentos para a destilação e fermentação. Esta associação durou até 1978, quando a ZANINI passou a fabricar equipamentos para montagem de uma usina completa.

Até 1982, a concorrência entre as empresas, para o fornecimento de equipamentos para as usinas produtoras de álcool não possuía nenhuma forma institucionalizada. O demandante, comprava os equipamentos de determinada empresa produtora, segundo motivos que hieraquilasse e desejasse.

Em 1981, o Banco Mundial "injetou" no programa 250 milhões de dólares. Mas este financiamento estava condicionado a algumas exigências, que foram aceitas pelas autoridades governamentais. As principais exigências foram: (18)

a) - internacionalização do mercado de equipamentos para a produção do álcool. Esta exigência possibilitava as empresas internacionais participar do mercado brasileiro de equipamentos;

b)- sistema "turn key" ou chave na mão. Este sistema definia que o Banco Mundial só financiaria usinas completas para a produção do etanol. Por isto, uma entidade jurídica ficaria responsável perante o Banco, para a "articulação" das destilarias. Este sistema criou condições para o aparecimento de um novo personagem dentro do setor, as empresas de consultoria. Estas empresas contactavam os fabricantes dos diversos equipamentos para a produção do etanol e providenciavam a montagem das destilarias;

c)- a concorrência institucional, o Banco Mundial só financiaria a implantação de usinas produtoras de álcool, após o interessado consultar as diversas empresas produtoras de equipamentos e apresentá-las formalmente ao agente financeiro intermediário dos recursos do Banco Mundial.

Três empresas de consultoria (SETAI, NATRON e IESA do Brasil), que passaram a atuar no setor sucro-alcooleiro, eram oriundas do setor petroquímico. Este setor passava por uma crise decorrente da alta do preço do petróleo.

Frente a esta dinâmica imposta pelo Banco Mundial, as empresas se organizaram em consórcios, para enfrentar a concorrência. (SORJ et. alii, 1985:54).

Estes consórcios criados são listados a seguir:

CONSÓRCIOS NACIONAIS

I

CONSÓRCIOS INTERNACIONAIS

DEDINI/CODESTIL	- Inglês - FLETCHER&STWART/JOHN BROWN/NATRON
IESA/FIVES LILLE	- Japonês - MITSUBISHI/A.ARAÚJO/ JAPAN GAZOLINE/KYOWA HAKKO KOGYO
CONGER/COSIMAR/VILLARES/ PROQUIP	- alemão - SETAL/BACKAM-WALKER
TECHNIT/MET. BARBOSA/ FUNDIÇÃO GOITACAS	- francês - SPICHIM
ZANINI	- holandês - STORCK

Apesar da tentativa intransigente do Banco Mundial, a concorrência internacional ficou restrita a mera formalidade. Os consórcios formados pelas três principais empresas do setor, antes do PNA, ganharam a maioria das concorrências e se consolidaram como as três principais empresas fornecedoras de equipamentos para o setor sucroalcooleiro brasileiro. O mercado brasileiro de equipamentos continuou sendo mercado cativo das empresas fornecedoras nacionais.

Para exemplificar o impulso do Proálcool nas vendas das empresas produtoras de equipamentos, a CODESTIL (maior empresa do setor em vendas) tinha vendido no período anterior ao lançamento do PNA (1946 - 1974) - 156 destilarias. Após o lançamento do programa, esta mesma empresa (segundo dados fornecidos na entrevista pessoal com um técnico de seu quadro de funcionários), vendeu até a primeira metade do ano de 1988, 406 destilarias (equipamentos para a fermentação e destilação).

As características do oligopólio, do início do PNA, se mantiveram e se fortaleceram ao longo do desenvolvimento do Proálcool.

- os sistemas fermentativos ofertados pelas empresas fabricantes de equipamentos.

O álcool, antes do lançamento do PNA, consistia num produto secundário da agroindústria canavieira. A utilização principal do álcool era pela indústria de bebidas.

Com o lançamento do PNA, as empresas fabricantes de equipamentos continuaram a ofertar o processo fermentativo, que até então vinham oferecendo, no mercado nacional, o processo MELLE-BOINOT (processo fermentativo por batelada)

Alternativo ao sistema por batelada existe o processo fermentativo contínuo, como foi mostrado no capítulo II. Este último possui vantagens tecnológicas (a inexistência de intervalos produtivos durante o processo de produção do álcool e uma maior velocidade da fermentação) que possibilitam um aumento do rendimento industrial e consequentemente uma redução do custo de produção do álcool.

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA NO BRASIL.

- sistema BIOSTIL.

A fermentação contínua foi ofertada no Brasil em 1982, com o processo BIOSTIL. Este processo foi desenvolvido pela empresa CODESTIL, após licenciar o know-how da empresa Alfa Laval da Suécia, como foi visto no capítulo II, item 2.2.1., d.1.

A justificativa deste licenciamento de tecnologia, segundo técnico desta empresa (19), era de solucionar o problema de excesso de vinhaça, produzida na fabricação de álcool. Este resíduo (vinhaça), possui alto poder poluente e atraía a atenção da sociedade civil brasileira. O sistema Biotil produz 0.5 - 3.5 litros de vinhaça para cada litro de álcool produzido, enquanto o sistema tradicional produz treze litros de vinhaça por litro de álcool produzido.

Segundo dados da CODESTIL, foram vendidas 5 unidades produtoras de álcool com o sistema BIOSTIL, sendo que uma delas foi para o Paquistão.

Algumas perguntas são pertinentes a estes dados: Qual a razão do insucesso das vendas deste tipo de equipamento e sua baixa difusão no setor sucro-alcooleiro? O sistema BIOSTIL é um sistema de fermentação contínua, e que teoricamente possibilitaria maior rendimento industrial, solucionando um problema que afetava toda a sociedade. Algumas respostas para estas perguntas:

- este sistema foi desenvolvido pela CODESTIL para resolver o problema do excesso de vinhaça. Porém, este resíduo já vinha sendo testado como fertilizante líquido nos canaviais. Pesquisas agrônomicas aconselhavam a utilização do produto como fertilizante. Quando o BIODSTIL passou a ser comercializado, o resultado destes testes já estava sendo difundido pelos produtores de álcool, e a vinhaça passou a ser usada nos canaviais. E a produção deste resíduo, em larga escala, interessou aos usineiros, como redutor dos custos de produção do álcool.

(20)

Este exemplo evidencia a questão da incerteza nos processos inovativos. No caso, a rotina da pesquisa no campo agrônomico inviabilizou a difusão de inovação via equipamentos. Logo, o problema não reduz a controvérsia contínua x batelada. O padrão de difusão é mais complexo.

- segundo (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1987:80), o custo de instalação do BIODSTIL é superior ao sistema tradicional MEILE BOINOT, em 10 a 12%. Em instalações, já em funcionamento, a implantação do sistema BIODSTIL, exige a substituição das seções de fermentação e destilação.

Estas variáveis impediram a difusão do sistema BIODSTIL pelo parque produtor de álcool. Mas a principal variável que impediu a difusão do sistema BIODSTIL pelas usinas, foi a utilização da vinhaça como fertilizante, que possibilitava a redução dos custos de produção do álcool via a diminuição dos custos agrícolas, já que estes constituem aproximadamente 50% do custo de produção do etanol. (21)

- sistema INTERLOOP

Este processo de fermentação foi desenvolvido pela HOECHST A.G. e UHDE GmbH, como foi visto no cap.II, item 2.2.1.,b1. Em 1981, este sistema teve uma planta industrial instalada na Usina da Barra, em Barra Bonita - S.P., pela INTER-UHDE Engenharia Química Ltda, a título demonstrativo.

Em 1984, segundo MORAES e SILVA (1984:18), uma planta de 75.000 litros estava disponível para ser comercializada.

O horizonte de comercialização deste processo, a curto e a médio prazo, é restrito, devido a alguns fatores: primeiro, no PNA, as vendas de equipamentos cresceram em função da política de crédito farto e subsidiado. Em 1982, esta política sofreu um inflexão e os subsídios começaram a declinar conjuntamente com o volume de recursos ofertados. O índice de utilização deste sistema em usinas que poderão ser instaladas deve ser baixo, devido ao declínio da política de crédito. Em unidades, já em funcionamento, esta tendência se mantém devido a necessidade de substituir os equipamentos de fermentação e destilação, o que implica em altos custos.

Segundo dados do fabricante, citados em (MORAES e SILVA, 1984:18) este sistema fermentativo apresenta rendimentos de 88% a 92%. Este nível é possível de se obter utilizando-se o sistema por batelada. Como mostra AMORIM (1987), a fermentação por batelada atinge rendimentos entre 83% a 91%, o que limita ainda mais a substituição de processos tradicionais MELLE BOINOT, pelo sistema INTERLOOP.

Outro fator limitante da difusão deste sistema é a escala máxima de produção de álcool, que é em torno de 75.000 litros/dia. A tendência do parque alcooleiro nacional é de se utilizar plantas industriais com uma escala média de 120 mil litros/dia. (CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA, 1985:24). A substituição destas plantas, pelas provenientes do processo INTERLOOP, implicaria em perdas de economias de escala.

Outro fator limitante é da empresa fornecedora deste sistema não possuir uma tradição no setor.

Em resumo, apesar de ser um processo bastante avançado tecnologicamente, sua difusão pela base produtiva é bastante remota.

- processo CODESTIL.

Em 1983, a CODESTIL lançou um sistema de fermentação contínua por CASCATA. Este processo necessita de um número menor de dornas comparando ao sistema MEIJER BOINOT, para a mesma produção diária de álcool, que implica numa redução dos custos de instalação, em torno de 10 a 15%. Porém, o rendimento industrial anunciado pela empresa fabricante é o mesmo que o anunciado por este mesmo fabricante para o sistema tradicional. Este fato limita a venda destes equipamentos para usinas que venham a ser instaladas. Como a linha de crédito industrial do PNA está "fechada", o horizonte de comercialização deste sistema é limitado.

A empresa CODESTIL vendeu apenas quatro sistemas CODESTIL de fermentação.

Por esta descrição das inovações, conclui-se que as características desta indústria anteriores ao lançamento do Proálcool permaneceram e continuou a possuir o mercado nacional como "cativo", apesar das exigências do Banco Mundial. O licenciamento continuou sendo utilizado como uma variável concorrencial das empresas nacionais. Outra característica desta indústria é a "engenharia reversa" para o desenvolvimento de novos processos e/ou produtos. Esta estratégia é utilizada para se aproveitar de produtos e/ou processos desenvolvidos por empresas nacionais e internacionais.

Outra característica é a ausência de qualquer tipo de cooperação para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias para a produção do álcool. A cooperação constitui-se numa opção empresarial frente aos altos custos de P&D.

Nas empresas visitadas: CONGER e CODESTIL/DEDINI, o processo de investigação de novos sistemas fermentativos está estagnado.

- análise das etapas pré e pós fermentativa, após o lançamento do PNA.

As etapas de produção do etanol, aqui descritas, correspondem a fases de extração e de destilação.

a) extração dos açúcares

A matéria prima utilizada pela maioria das usinas produtoras de etanol, é a cana de açúcar. Portanto, neste item, tratar-se-á da extração dos açúcares da cana.

A trajetória tecnológica deste segmento de produção, segue a do setor, de otimizar a tecnologia disponível e utilizada pela maioria das usinas: a extração de açúcares via moenda.

Ao longo do PNA, algumas modificações no processo extrativo foram implementadas, porém o equipamento essencial da extração continuou sendo o conjunto de moendas. Introduziu-se: a) a queda Donelly (a cana picada, desce por uma esteira com um ângulo de 90º para o conjunto de moendas) método originário da África do Sul; b) sistema de embebição (para uma maior extração embebe-se a cana com água para uma melhor extração); c) desfibrador (a cana passa por um sistema de facas para sua abertura, que o possibilita uma maior extração de seus açúcares). (22)

Uma alternativa tecnológica para a extração de açúcar que não seja via moendas é o uso de difusor, que teoricamente apresenta rendimentos de extração em torno de 97%. AMORIM (1987)

No início da segunda fase do PNA, algumas empresas estavam interessadas na produção de difusores. Entre elas, DE SMET (origem belga); KRUPP (origem alemã); JARAGUA (origem brasileira, com licença da Silver Engineering Works (EUA)), entre outras. (23)

O Difusor é um equipamento de extração dos açúcares com um rendimento superior aos da moenda e com um dispêndio de energia menor. Com custo de manutenção da ordem de 30% do mesmo custo da moenda. Os Difusores não se difundiram pela base produtiva, devido ao desinteresse das empresas produtoras de moendas em vender difusores.

O motivo desta falta de interesse esta na perda do serviço de manutenção das moendas ao longo da safra. Este é realizado pelas próprias empresas fabricantes de moendas: a DEDINI e a ZANINI. (24)

No Brasil, foram vendidos aproximadamente 5 difusores. A ZANINI vendeu aproximadamente 4 unidades. A DEDINI vendeu apenas um difusor com tecnologia da BMA (alemã) e construído pela metalúrgica JARAGUA.

b) destilação

As inovações realizadas na fase de destilação deram-se no sentido de diminuir o consumo energético da usina. O rendimento da destilação, no início do PNA, era de 95% e hoje pode atingir com a tecnologia disponível, até 99%. O consumo de vapor era de ordem de 4,5 kg/litro de álcool produzido, atualmente o gasto energético para a produção de um litro de álcool fica entre 1 e 2 kg/litro, além de menores custos de manutenção, operação e perda reduzida de álcool na vinhaça.

Os conhecimentos utilizados pelas empresas no desenvolvimento de novos processos de destilação são originários da Petroquímica. Isto permitiu o reforço da trajetória inovativa desta fase, via o aprendizado no aperfeiçoamento dos processos já existentes.

A ZANINI desenvolveu quatro novos sistemas de destilarias. Dedicou a cada um deles especificações técnicas, dirigidas para as soluções das dificuldades operacionais dos processos de destilação tradicionais, provocando uma redução dos gastos de manutenção da torre de destilação e de vapor, por litro de álcool produzido.

Estes sistemas são listados a seguir:

- a) ZANI-AT - desenvolvido para os problemas de incrustação nas bandejas do destilador, reduzindo-os a zero, caso as recomendações de operação sejam seguidas a risca;
- b) ZANI-PREVAC - destinado a unidades produtoras de etanol derivado da mandioca, já que o processo se destina para a baixa demanda energética. (a mandioca não fornece bagaço para a queima e geração de vapor)
- c) ZANI-COVIPRES (SC-159) - destinado a redução dos volumes de vinhoto, através de um sistema integrado de evaporação.
- d) ZANI-VAC (SC-156) - opera com colunas inteiramente a vácuo, acolhendo as modificações dos sistemas anteriores e destina-se a produção de álcool hidratado, anidro-fino e extra-fino.

A DEDINI/CODESTIL desenvolveu um sistema de destilação, cuja principal vantagem é a redução do vapor gasto para a produção do álcool.

4.2 USINAS PRODUTORAS DE ETANOL

Como foi visto, no início do PNA, as maiores produções de álcool eram provenientes das usinas anexas, empresas que passaram a produzir etanol pelo incentivo governamental e pela crise do mercado internacional do açúcar. Neste período, a fermentação realizada por estas usinas, apresentava os seguintes indicadores segundo (IPT, 1985:123):

- o rendimento da fermentação estava por volta de 70% a 75% (em comparação com um rendimento teórico de 100%);
- a infecção era comum na produção do etanol;
- o tempo de fermentação estava por volta de 17 horas;
- as dornas usadas na fermentação eram abertas.

Estes indicadores sinalizavam as precárias condições operativas da fermentação, as quais se incluem: péssimas condições de higiene, falta de controle biológico, mão de obra mal treinada e falta de controle de qualidade. Este quadro implicava em altos custos de produção do etanol. A maioria das usinas utilizava o processo MEILLE BOINOT.

Apesar da baixa "complexidade" tecnológica deste sistema fermentativo, é possível um aumento da eficiência da fermentação, via um maior controle na condução do processo. Com o lançamento do PNA, métodos mais eficientes de fermentação passam a ser procurados, visando a obtenção de um menor custo de produção do etanol, devido ao aumento do rendimento industrial do processo fermentativo e que refletisse na apropriação de sobre-lucros, já que a margem mínima, do setor, é garantida pela política de preços.

A produção de etanol é um processo biológico, em que microrganismos atuam sobre os açúcares, produzindo etanol e outros subprodutos. As condições de "trabalho" destes microrganismos (pH, espuma, vazão, temperatura, etc) precisam ser acompanhadas e controladas durante todo o processo fermentativo, para que o rendimento da levedura seja otimizado e produza a maior quantidade de etanol possível.

Mesmo se utilizando do sistema por batelada era possível aumentar o rendimento da fermentação via o controle das variáveis acima citadas. Isto poderia ser feito através: a) maior controle da temperatura; b) melhor controle da vazão; c) melhor controle da composição e concentração do mosto e do vinho; d) melhor controle nutricional das leveduras; e) maior seletividade no tratamento do fermento, em termos do controle do pH, tempo de tratamento; g) fechamento das dornas; e h) sistema de limpeza das dornas.

Com o desenvolvimento do PNA, as usinas se utilizaram dos conhecimentos acumulados ao longo das safras de produção do álcool e passaram a implementar as medidas de controle da fermentação citadas acima e começaram a obter maiores rendimentos industriais. Isto pode ser mostrado através dos indicadores a seguir:

a) - rendimento fermentativo aproximando-se a 83%, segundo dados de AMORIN (1987);

b) - tempo de fermentação entre 6-10 horas, em algumas usinas, este tempo é reduzido para cinco horas (IPT, 1985:123)

A introdução de um controle mais eficiente do processo fermentativo interessou primeiramente as destilarias autônomas. Apesar da rentabilidade do investimento estar garantida pelo governo federal, os sobre-lucros buscados pelos empresários eram função direta do rendimento industrial da destilaria, acima dos implícitos na determinação do preço de aquisição do álcool, determinado pelo governo. Além disto, o principal componente é o rendimento do processo fermentativo.

Utilizando a tipologia de trajetórias biotecnológicas elaborada por SILVEIRA e SALLES FILHO (1988a), constata-se que as usinas percorreram uma trajetória biotecnológica tradicional, ao se utilizarem de conhecimentos obtidos empiricamente e acumulados durante os períodos de produção do álcool.

Estas trajetórias internas de aprendizado às empresas e entre empresas, proporcionaram uma sobre vida ao processo MELLE BOINOT, utilizado pela maioria delas. Esta sobre vida permitiu que as usinas produtoras utilizando este processo, "atingisse" performance próximas aos processos de fermentação contínua, ofertados no Brasil, como tempo de fermentação e rendimento fermentativo.

As usinas ao estimularem esta sobre vida da fermentação, se utilizaram também de conhecimentos fornecidos por agentes externos ao setor sucro-alcóoleiro, (firmas de consultoria de fermentação). A empresa de consultoria de fermentação FERMENTEC, sediada em Piracicaba, acessorava, em 1987, 22 unidades. Os resultados abaixo são de três clientes desta empresa: Usina Santa Elisa (Sertãozinho), Cia Açucareira Vale do Rosário (Morro Agudo) e a Usina da Pedra (Serrana):

- rendimento da fermentação: em 1977 - 80%; em 1986 - 90%;
- rendimento geral da destililaria: em 1977 - 78%; em 1986 - 89%.

O aperfeiçoamento da tecnologia fermentativa via o learning by doing proporcionou uma sobre-vida ao sistema tradicional por batelada, consistindo numa das variáveis que reduziram a "pressão" dos usineiros, por processos fermentativos mais eficientes. Duas outras variáveis se agregam a primeira, para explicar o comportamento dos usineiros na análise do desenvolvimento tecnológico do setor sucro-alcooleiro: a) o investimento em novas destilarias foi realizado a partir de 1975, com o aumento da capacidade produtiva de álcool das usinas anexas, e a partir de 1979, com a entrada das usinas autônomas. O tempo de vida dos equipamentos é de aproximadamente vinte cinco anos, o que significa um investimento realizado há pouco tempo. A introdução de métodos contínuos de fermentação representaria o sucateamento da maioria das dornas de fermentação utilizadas pelas usinas (na fermentação contínua o número de dornas necessárias para a fermentação é bem menor quando comparada com a batelada) b) a ausência da concorrência entre usinas, pela intervenção do governo federal, que regula preço e cota da produção a ser comprado.

4.3 LEVEDURAS UTILIZADAS NO PROCESSO FERMENTATIVO

As leveduras constituem-se no principal agente do processo fermentativo de produção do etanol, onde ocorre a conversão dos açúcares em álcool. A pesquisa biotecnológica assume uma papel central no desenvolvimento de novas leveduras, que dependendo das características deste microrganismo poderão condicionar novos processos fermentativos. Portanto, as pesquisas de novas leveduras associadas com empresas fabricantes de equipamentos, são fundamentais para a difusão de tecnologias, no setor sucro-alcooleiro.

No Brasil, a levedura mais utilizada é a Saccharomyces cerevisiae. O parque alcooleiro adquire esta levedura de duas empresas: ITALQUARA E FLESHMANN. Estas produzem a levedura para a panificação, por isto suas características não são devidamente especificadas.

As usinas produtoras de álcool adquirem a levedura no início da safra, em grande quantidade. Estas são recicladas ao longo do período de produção do álcool, via ao tratamento com ácido sulfúrico.

O departamento de Genética da ESALQ desenvolveu a levedura M300A e algumas usinas estão trabalhando com este microrganismo. O tempo de fermentação utilizando esta levedura é de 5 horas, o que provoca uma recirculação das dornas em torno de 6,5 horas. O rendimento é superior aos 92% teóricos. Esta levedura trabalha com temperaturas superiores as da S. cerevisiae. (IPT, 1985:137)

As leveduras possuem peso insignificante na estrutura de custos da produção do etanol. Portanto, a pesquisa de novas leveduras se justifica pela possibilidade de se conseguir leveduras que proporcionem aumento de rendimento fermentativo e diminuição dos custos de produção.

No Brasil, a interação empresa-universidade, para o desenvolvimento de novas leveduras, na literatura consultada, se restringe à pesquisa entre a ESAIQ/USP - departamento de genética (Prof. Dr. Flávio Tavares) junto com a ZANINI e a INTER-UHDE. Estas desenvolvem um processo de fermentação com leveduras floculantes que dispensa o uso de centrífugas para a separação das leveduras do vinho.

- pesquisas à otimização da fermentação alcoólica

No Brasil, algumas pesquisas estão sendo feitas, dirigidas à otimização da fermentação alcoólica, contemplando desde o componente biológico, até questão da geração e disposição dos resíduos industriais, passando pelo álcool derivado de outras matérias primas.

A maioria destas pesquisas é financiada por agências governamentais de incentivo à pesquisa e estão sendo feitas em escala laboratorial.

Algumas linhas de pesquisas se destacam:

a) ESAIQ/USP, coordenada pelo Prof. Dr. Flávio Tavares:

- produção de leveduras amilolíticas (para a fermentação direta do amido), que contenham o componente enzimático amilo-glucose;
- produção de leveduras que proporcionem um maior rendimento alcoólico e que sejam tolerantes à temperaturas elevadas (39° a 41°C);

b) INSTITUTO DE QUÍMICA/USP

i - coordenada pelo Prof. Dr. Francisco Lara, desenvolve o projeto GENFAL II, que visa a obtenção de leveduras capazes de sintetizar a alfa-amilase.

ii - coordenada pela Profa. Dra. Ana Clara Schemberg Fracino, desenvolve pesquisa na mesma linha do Prof. Lara.

c) DEDINI com a FACULDADE DE FLORESTA DA UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, desenvolvem o projeto ACOS - Acid Catalysed Organosolv Saccharification. Este processo se baseia na hidrólise em meio ácido do bagaço de cana para a produção do etanol.

d) FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS/UNICAMP, coordenada pelo Prof. Dr. Yong K. Park, pesquisa a hidrólise enzimática de bagaço de cana para a produção do etanol;

e) FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL em Lorena, coordenada pelos Drs. Carlos Coelho de Carvalho Neto e Sergio Gorfman Carlioux.

- produção de etanol derivado de outras matérias primas;

- desenvolvimento da hidrólise enzimática do bagaço de cana,

com o objetivo de não só produzir etanol, mas também para a produção de ração animal e papel;

- desenvolve a hidrólise enzimática para a produção do etanol derivado da mandioca;

A difusão destas pesquisas biotecnológicas é bastante limitada, devido às características da indústria de equipamentos. Pela opção do licenciamento tecnológico ao financiamento e o desenvolvimento de tecnologias para a produção do álcool. O desenvolvimento destas tecnologias é condicionado ao apoio institucional, que é uma hipótese remota, devido a crise fiscal em que o governo federal se encontra.

CONCLUSÃO

O processo de expansão da produção alcoólica, no Brasil, foi fortemente estimulado pelo PNA. Porém, não foi acompanhado por um ritmo acelerado de difusão de inovações tecnológicas, compatível com o desenvolvimento recente de tecnologias em fermentações de nível intermediário e de natureza físico-química.

As razões podem ser identificadas a partir de dois pontos de vista: em primeiro lugar, pelos agentes do complexo que produzem bens de capital que possuem um papel estratégico na difusão tecnológica e pelo aperfeiçoamento do processo produtivo pelas usinas. O aperfeiçoamento permitiu às usinas adiar as decisões de investimento ou repensar o padrão tecnológico.

A seguir, é mostrado o comportamento destes dois agentes econômicos do setor:

1- Indústria de equipamentos- As empresas que compõem esta indústria, desempenham um papel singular na introdução de equipamentos aos quais são incorporadas tecnologias desenvolvidas para as etapas de extração, fermentação e destilação da produção industrial do álcool.

Esta indústria apresenta a característica do desenvolvimento tecnológico, ser substituído pelo licenciamento tecnológico, como variável da estratégia concorrencial das empresas. O que é responsável pela "filtragem" de resultados de pesquisas desenvolvidas por centros de pesquisas nacionais.

Outro aspecto desta indústria é a ausência de concorrentes externos, na disputa pelo mercado nacional de equipamentos para a produção do etanol, apesar da tentativa do Banco Mundial de internacionalizar este mercado, em 1982.

Por este motivo, estas empresas possuem o poder de "filtrar" inovações, que representem uma perda da rentabilidade de qualquer linha de produção de seus equipamentos. Um exemplo claro desta afirmação é a não difusão do DIFUSOR, pela base produtiva.

Todavia, identifica-se um "gap" tecnológico ao se comparar as tecnologias incorporadas nos sistemas fermentativos, ofertados pelas empresas nacionais, com os processos fermentativos desenvolvidos, ofertados por empresas estrangeiros, principalmente as japonesas. Algumas empresas delas já se utilizam de processos fermentativos de trajetórias biotecnológicas intermediárias, conforme metodologia desenvolvida por (SILVEIRA e SALLES SILVA, 1988a), ao se utilizarem de técnicas fermentativas com imobilização de células.

11- usinas produtoras de álcool- estes agentes econômicos se caracterizaram por aperfeiçoarem a trajetória tecnológica fermentativa, pré existente no início do PNA, e com isto, reduziram a obsolescência do capital investido, ao longo do PNA, e se apropriaram de vantagens econômicas via a obtenção de sobrelucros.

O aperfeiçoamento tecnológico das usinas produtoras de álcool pode ser caracterizado como learning by doing.

Esta otimização do sistema fermentativo ocorreu por um maior controle da operação do sistema MEJJE ROINOT, nas usinas produtoras de álcool e que se transferiu às empresas fabricantes de equipamentos, através da interação usina-empresa. Aliás, neste setor, algumas das empresas produtora de equipamentos possuem usinas produtoras de álcool, o que facilita esta interação tecnológica.

O desenvolvimento tecnológico da indústria fabricante de equipamentos caracteriza-se principalmente pelo learning_by_using.

O segundo ponto de vista refere-se ao processo de intervenção governamental no setor. Os gastos realizados em subsídios ao consumo e à equalização dos rendimentos entre os diversos produtores, criaram um ambiente competitivo "frouxo", ou seja, a atuação do estado permitiu que o processo de apropriação dos sobre-lucros se desse por razões institucionais. Todavia, este estudo obteve poucos elementos para uma explicação de como o processo de fixação de preços e de financiamentos à expansão da produção do álcool permitiu a acomodação competitiva.

Finalmente, o presente estudo permitiu evidenciar, que nem sempre os elementos utilizados para identificar setores prioritários para a geração de novas tecnologias são suficientes para tal objetivo, se não levar em consideração o ambiente e os fatores condicionantes no processo de difusão tecnológica. No final da década passada, as inovações biotecnológicas se destacavam no rol das novas tecnologias. Vários autores, alguns citados ao longo deste trabalho, identificavam nas fermentações alcoólicas, como linhas de pesquisas prioritárias no Brasil. Todavia, apesar de serem identificados novos processos fermentativos, novas cepas e novos sistemas de extração, que permitissem reduzir custos de produção, de um produto já subsidiado, o processo de difusão das inovações foi tão lento, que ficou difícil identificar um padrão de difusão. Ao contrário, da trajetória de aperfeiçoamento das usinas. A racionalização e otimização de processos tradicionais constituíram a essência da trajetória de redução de custos e do aumento da competitividade destas unidades produtivas.

Apesar disto, no aprofundamento da crise financeira do setor público e nas pressões sobre uma redefinição do PNA, pode residir uma fonte de estímulos para a difusão tecnológica e mesmo para um processo de retroalimentada da geração e da difusão de inovações no âmbito do processo: via novos sistemas fermentativos e equipamentos, que desenvolvam a biotecnologia de nível intermediário e de fronteira.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) - Uma descrição sobre os conceitos de biotecnologia se encontram em ANCIRES e CASSIOLATO (1985;155-156). SILVEIRA e SALLES FILHO (1985a) definem biotecnologia como "um conjunto de técnicas de natureza variada que envolvem uma base científica comum de origem biológica, e que também requer crescentemente o aporte de conhecimento científico e tecnológicos oriundos de outros campos do conhecimento".
- (2) - CERANTOLA (1986;16-17) e VELHO (1985;44-45)
- (3) - CENTRE FRANCAIS DU COMMERCE EXTERIEUR (1983;69)
- (4) - Idem, ibidem - p.98
- (5) - Idem, ibidem - p.138
- (6) - Idem, ibidem - p.130.. Esta empresa atua nos setores farmacêuticos, químico e alimentício.
- (7) - Esta empresa possui um convênio com a Universidade de Manchester na Inglaterra, para o desenvolvimento de tecnologias para a produção do etanol.
- (8) - ADN - Ácido desoxirribonúcleico - molécula responsável pelas informações genéticas. ADN recombinante é o ADN resultante da recombinação in vitro de genes provenientes de outros microrganismos. ANCIRES e CASSIOLATO (1985;161)

- (9) - HOMEM DE MELO e FONSECA (1981:31-48) e HOMEM DE MELO e PELIN (1984:7-22), desenvolvem a problemática do Proóleo apontam algumas razões para o não desenvolvimento deste plano enquanto programa para incentivar a produção de óleos vegetais para a substituição ao óleo diesel.
- (10) - o PLANASUCAR e o PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DA AGRINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, são analisados por SMERECSENYI (1979:407-436).
- (11) - a concentração na agroindústria canavieira paulista é tratada por Ramos (1983:50-72).
- (12) - a queda das receitas da exportação é mostrada em RAMOS (1983:233).
- (13) - alguns trabalhos que abordam as origens do Proálcool:
 - ANCIRES (1978)
 - GOMENSORO (1985)
 - SMERECSENYI (1979:436-440)
 - RAMOS (1983:228-270)
- (14) - a metodologia estabelecida consiste em elaborar fluxos de caixa semestrais para um prazo de doze anos, a partir do firmamento do contrato e nas condições que o crédito industrial vigora. Estes fluxos de caixa foram comparados com um fluxo de caixa alternativo que contemplava as mesmas condições do momento do firmamento do contrato, acrescidos de uma taxa de 3% ao ano a título de custo operacional de crédito. Os respectivos fluxos de caixa se encontram no Anexo II de FUNDEPAG (1986).

(15) - No quadro XV, as 137 usinas e destilarias do estado de S.P. nas safras de 1984/85 foram agrupadas pela técnica estatística de Análise de Agrupamento (Cluster Analysis). Agruparam as unidades produtivas em conjuntos (grupos) levando em consideração quatro variáveis: escala de produção (medida pelo total de cana prensada), rendimento industrial, rendimento agrícola e porcentagem de horas efetivamente trabalhadas no seguimento industrial durante a safra. As informações foram obtidas junto ao IAA.

As unidades produtivas que apresentam maiores proximidades entre si segundo os critérios estabelecidos, foram agrupadas nos grupos abaixo, com as seguintes características:

GRUPO I - grandes unidades com altos rendimentos agrícolas e industriais;

GRUPO II - grandes unidades com rendimento agrícola médio e alto rendimento industrial;

GRUPO III - unidades médias a grandes com altos rendimentos agrícolas e rendimentos industriais médios;

GRUPO IV - unidades médias a grandes com rendimentos agrícolas e industriais médios;

GRUPO V - unidades pequenas e médias com rendimentos agrícolas e industriais médios;

GRUPO VI - unidades pequenas (algumas novas) com altos rendimentos agrícolas e rendimentos industriais baixos;

GRUPO VII - unidades com rendimentos industriais e agrícolas baixos.

CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA (1987:58-59)

- (16) - NEGR1 (1977)
- (17) - A hegemonia do grupo DEDINI era inquestionável, mas surgiram pequenas empresa produtoras de equipamentos . NEGR1 (1977:185)
- (18) - entrevista pessoal com o Engº Luís Paulo Biase - Diretor Técnico Industrial da CONGER outubro/1988
- (19) - entrevista pessoal com o Engº Paulo Roberto de Lano - Gerente de Desenvolvimento e Engenharia de Exportação da CODESTIL. outubro/1988
- (20) - Informação obtida na entrevista com o técnico da CODESTIL.
- (21) - uma descrição e comparação das metodologias empregadas na determinação do custo de produção do álcool pode ser encontrada em CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA (1985).
- (22) - entrevista pessoal com o Engº José Luís Olivério do grupo DEDINI.
- (23) - SORJ, B. DOSSIER - BIOTECNOLOGIAS NO BRASIL. Informe preliminar apresentado à coordenação de Estudos e Políticas Científicas e Tecnológica CET/AAPG/CNPq, s.d., p. 38
- (24) - Informação obtida com o técnico da CODESTIL, entrevistado.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- ALMEIDA LIMA, U. Produção de Etanol. In: ALMEIDA LIMA, U. BIOTECNOLOGIA - TECNOLOGIA DAS FERMENTAÇÕES. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1975, V.1, p. 48-68.
- AMORIM, H.V. OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO EM BIOTECNOLOGIA NO SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO. Trabalho apresentado no Simpósio: Impacto da Biotecnologia no Brasil, FEA/USP, São Paulo, 08-09 de abril de 1987, mimeo.
- ANCIRES, W. e CASSIOLATO, J.E. BIOTECNOLOGIA - SEUS IMPACTOS NO SETOR INDUSTRIAL. Brasília, CNPq, 1985.
- ANCIRES, A. et alii - AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DO ALCÓOL ETÍLICO. Brasília, CNPq, 1978.
- CENTRE FRANÇAIS DU COMMERCE EXTERIEUR. ANALYSES DE L'ACTIVITE DE 95 FIRMES INDUSTRIELLES ETRANGERES DANS LA BIOINDUSTRIE. Paris, 1983.
- CERANTOLA, W.A. FERMENTAÇÃO VISANDO A OBTENÇÃO DE ENERGIA. Relatório de Pesquisa do Convênio MIC-STI/UNICAMP-IE/FULB. Campinas, IE-UNICAMP, 1986, mimeo.
- CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA. PESQUISA DE MERCADO DO ALCÓOL DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO. Relatório Final, São Paulo, 1987, mimeo.
- ----- A QUESTÃO DO CUSTO DO ALCÓOL DE CANA DE AÇÚCAR EM SÃO PAULO. São Paulo, 1985, mimeo, versão preliminar.
- CONTINHO, L. et alii PERSPECTIVAS DA BIOTECNOLOGIA: AVALIAÇÃO DAS TENDÊNCIAS INTERNACIONAIS E NO BRASIL. Relatório Final do Convênio CNPq/UNICAMP-IECH-DEPE, Campinas, 1984, mimeo.

- FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA AGROPECUÁRIA (FUNDEPAG) -
O MERCADO DE ALCOOL DE CANA PRODUZIDO NO ESTADO DE SÃO PAULO -
ESTUDO DAS POLÍTICAS DE PREÇOS E DE INCENTIVOS. São Paulo,
SICOT, 1986, mimeo.
- FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (FTI). POTENCIALIDADES DA PRODUÇÃO
E UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS NO BRASIL. Lo-
rena, 1983, mimeo.
- GOMENSORO, S.C.M. PROALCOOL: UM ESTUDO SOBRE A FORMULAÇÃO DE UM PRO-
GRAMA ECONÔMICO DE GOVERNO. Rio de Janeiro, 1985, Tese de Mes-
trado apresentada ao Instituto de Ciências Humanas e Sociais/
UFRRJ, mimeo.
- HOMEM DE MELO, F. e FONSECA, E.G. PROALCOOL, ENERGIA E TRANSPORTE. São
Paulo, FIPE/PIONEIRA, 1981.
- HOMEM DE MELO, F. e PELIN, E.R. AS SOLUÇÕES ENERGÉTICAS E A ECONOMIA
BRASILEIRA. São Paulo, HUCITEC, 1984.
- INSTITUTO de PESQUISAS INDUSTRIAIS (IPT) - ESTUDO DA AGROINDÚSTRIA
ACUCAREIRA DE SÃO PAULO COM VISTAS A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS.
São Paulo, Relatório IPT/DEES-AETEC nº 26.637/88, 1988, mimeo.
- - ESTUDO ECONÔMICO DO USO
DE PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS: INSETICIDAS BIOLÓGICOS, SEMENTES
e MUDAS. CEPAS PARA FERMENTAÇÃO ALCOLICA. São Paulo, Relató-
rio Final DES/AEA nº 22.965/88, 1985, mimeo.
- MORAES E SILVA, R.D. - PERSPECTIVAS FUTURAS DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO
DO ALCOOL E SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS. I Seminário de Tecnologia
Industrial de Produção do Alcool, MIC/STI/CENAI, 1984, mimeo.

- NEGRI, B. UM ESTUDO DE CASO DE INDÚSTRIA NACIONAL DE EQUIPAMENTOS: ANÁLISE DO GRUPO DEDINI (1920-1975). Piracicaba, 1977, Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Economia e Planejamento Econômico do IFCH/UNICAMP, mimeo.
- -----, A indústria Brasileira de Equipamentos para o Setor Produtor de Açúcar e Alcool: um estudo de oligópolio. REVISTA DE ECONOMIA POLÍTICA, São Paulo 1(3):83-106, julho-setembro, 1981.
- NITSCH, M. et alii- PROALCOOL- Economia Política e avaliação sócio econômica do programa brasileiro de bio-combustíveis. Relatório de Pesquisa, Instituto de Estudos Latino-Americanos/Universidade Livre de Berlim, Berlim Oc.- República Federal da Alemanha, 1985, mimeo.
- RAMOS, P. UM ESTUDO DA EVOLUÇÃO E DA ESTRUTURA DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO (1930-1982). São Paulo, 1983, Tese de Mestrado apresentada a Escola de Administração de Empresas de São Paulo/FGV, mimeo.
- RAMOS, P. e BELIK, W. A INTERVENÇÃO ESTATAL E A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO BRASIL. BOTUCATU, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, 1987, mimeo.
- SALLES FILHO, S.J.M. - As NOVAS TECNOLOGIAS DE BASE BIOLÓGICA e os PROCESSOS FERMENTATIVOS: O CASO BRASILEIRO. IN: VIEGAS, J.A. e BARROS, P.M. (orgs) - BIOTECNOLOGIA e DESENVOLVIMENTO NACIONAL. São Paulo, SICCT, 1985, p. 233-294.
- SILVEIRA, J.M.F.J. - BIOTECNOLOGIA E SEUS IMPACTOS NA ESTRUTURA PRODUTIVA BRASILEIRA. Relatório Final da Pesquisa CNPq (Proc. nº 40.0531/84), IF-UNICAMP, Campinas, mimeo.

- ----- - O desenvolvimento das biotecnologias e a avaliação de seus impactos econômicos. CADERNOS DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA, EMBRAPA, Brasília, 3(3):407-418, set-dez, 1986.
- SILVEIRA, J.M.F.J. e SALLES FILHO, S.L.M. - BIOTECNOLOGIA: CONCEITUAÇÃO, EVOLUÇÃO E IMPACTOS SETORIAIS. Texto para discussão apresentado na FEA/USP, agosto/1988-a, São Paulo, mimeo.
- SILVEIRA, J.M.F.J. e SALLES FILHO, S.L.M. - DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA NO BRASIL. REVISTA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, Brasília, 26(3): 371-431, julho-setembro, 1988-b.
- SORJ, B. et alii - As Biotecnologias no Brasil Políticas e Desenvolvimento. In: MARTINE, G. e CASTRO, C.M. (orgs). BIOTECNOLOGIA E SOCIEDADE: O Caso Brasileiro. Campinas, Ed. ALMED/UNICAMP, 1985, pg 36-66.
- ----- DOSSIER - BIOTECNOLOGIAS NO BRASIL. Informe Preliminar apresentado à coordenação de Estudos de Políticas Científica e Tecnologia CNPq, s.d., mimeo.
- SUZIGAN, W. et alii - REESTRUTURAÇÃO INDUSTRIAL NOS PAÍSES DESENVOLVIDOS E IMPLICAÇÃO PARA A AMÉRICA LATINA. Campinas, IE/UNICAMP, 1988, mimeo.
- SZMERECSANYI, T. O PLANEJAMENTO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DO BRASIL (1930-1982). São Paulo, HUCITEC/UNICAMP, 1979.
- OLIVÉRIO, J.L. - TECNOLOGIAS ATUAIS DA DEDINI NA PRODUÇÃO DO ALCOOL. I Seminário de Tecnologia Industrial do Alcool, MIC/STI/CENAL, 1984, mimeo.
- VELHO, P.E. ALCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL: ASPECTOS TECNOLÓGICOS E ALGUMAS IMPLICAÇÕES RELACIONADAS COM O DESENVOLVIMENTO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO. IDS/University of Sucessex, 1985, mimeo.

- Periódicos.

- Brasil Açucareiro

- Açúcar e Alcool

- Revista da STAR