UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA:

O CASO DA COPERSUCAR

ALICIA RUIZ OLALDE

Orientadora: ***Lea M. Velho***

Dissertação de mestrado apresentado ao Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas.

Esse exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Alicia Ruiz Olalde e aprovada pela comissão julgadora em 18.12.92

Campinas, outubro 1992

R859c
18678/BC
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Para Rui
co-orientador e amigo
sempre presente

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, a Lea, com quem tive o agrado de contar como orientadora, por toda a atenção dedicada e permanente estímulo.

Ao IPEA pela participação no Projeto "Capacitação tecnológica, política industrial e competitividade: uma abordagem setorial e por empresas líderes", que contribuiu grandemente para a interação reflexão acadêmica-pesquisa, sendo fundamental para minha formação e para a elaboração desta dissertação.

Meu reconhecimento a Oswaldo por ter me iniciado nos assuntos sucro-alcooleiros e porque muitas das idéias que aparecem nesta dissertação foram produto da reflexão a partir de conversas informais que mantivemos inicialmente.

Também meu agradecimento especial a Sergio Salles pela comprensão na literal "invasão" de sua sala e por ter me transmitido sempre uma atitude coletiva e intelectualmente rigorosa frente ao trabalho acadêmico.

Aos demais professores do DPCT, especialmente, ao André por ter acompanhado meu trabalho e porque me colocou em contato com uma vertente da bibliografia que utilizo nesta dissertação, com a qual me identifiquei grandemente e espero continuar trabalhando. Também meu agradecimento especial a Jorge pelo respeito por nossas opiniões e por ter me transmitido sempre uma atitude profundamente reflexiva.

Ao Zé Maria e a Bia pela construção de uma clima de companheirismo no trabalho e, a esta última, por ter tido várias vezes a paciência de corrigir meu "portunhol".

Ao Paulo Velho pelos contatos que me ajudou a estabelecer e pelo interesse demonstrado nos meus trabalhos de iniciante apesar de ser um entendido em muitos destes assuntos.

Ao Pedro Ramos por ter me facilitado o acesso a várias fontes bibliográficas.

Aos colegas do curso por ter tornado muito agradável o dia a dia em Campinas e, em especial, a Adriana e Alessandra que tiveram que conviver com algumas "neuras" de tese.

Ao pessoal da Biblioteca e da Secretaria pelo apoio e, em especial, a Rosângela e Ana por ter tanta paciência com a gente.

Ao Amauri pelo apoio na área de informática

À CAPES e à UNU que possibilitaram a realização do mestrado e minha estada em Campinas.

Ao pessoal das empresas visitadas que acederam gentilmente à realização das entrevistas.

A Judith Sutz que me transmitiu parte de sua "paixão" pelos assuntos relacionados à ciência e à tecnologia.

RESUMO

Este trabalho analisa a experiência em pesquisa e desenvolvimento da Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR). São apontandos os fatores que levaram à internalização da pesquisa por parte desta cooperativa no contexto das relações de produção predominantes na agroindústria canavieira. Por outro lado, são analisados os diversos programas de pesquisa desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia da COPERSUCAR desde 1969, na área de melhoramento vegetal, no processamento industrial e na área de máquinas agrícolas. Por último, é avaliada a contribuição desta experiência para a capacitação tecnológica no setor sucro-alcooleiro no país.

ABSTRACT

This text analyses the R&D experience of the COPERSUCAR (Alcohol and Sugar Cane São Paulo State Producers Cooperative). The factors that have induced "in house" research are discussed, on the context of the prevalescent production relations of the sugar cane agro-industry. The distinct research programs developed by the CTC (COPERSUCAR Technology Center) since 1969 are also analysed, with special emphasis on the vegetable improvement, industrial process and agricultural machinery areas. As a last point, it is analysed the CTC contribution to the technological capacitation of the braziliam sugar-alcohol productive sector.

SUMÁRIO

pg.

INTRODUÇÃO 1

1. CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS 8

2. CARACTERIZAÇÃO DAS RELAÇÕES DE PRODUÇÂO NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA 13
2.1 Antecedentes históricos 13
2.2 As origens da lavoura canavieira em São Paulo 20
2.3 A agroindústria canavieira em São Paulo de 1930 a 1974 22
2.3.1 As tentativas de expansão equilibrada (1930-1945) 23
2.3.2 A consolidação da hegemonia paulista (1946-1968) 27
2.3.3 A modernização concentradora (1969-1974) 31
2.4 A agroindústria Sucro-Alcooleira em São Paulo (1975 até nossos dias) 35
2.4.1 A expansão do Proálcool (1975-1985) 35
2.4.2 Uma nova conjuntura (a partir de 1985) 37

3. A CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA RECENTE E O PAPEL DA COPERSUCAR 44
3.1 As razões do investimento em P&D 44
3.2 Caracterização do Centro de Tecnologia Copersucar 48
3.3 O Programa de Melhoramento 51
3.3.1 A importância das variedades melhoradas 51
3.3.2 Características da pesquisa em melhoramento vegetal e organização institucional 55
3.3.3 Antecedentes institucionais no melhoramento da ana-de-açúcar 59
3.3.4 A origem do Programa de Melhoramento da COPERSUCAR 62
3.3.5 Caracterização do Programa de Melhoramento 62
3.3.6 Os recursos alocados ao Programa 66
3.3.7 A biotecnologia e o Melhoramento 67
3.3.8 Os resultados do Programa 71
3.4. Tecnologia Industrial 74
3.4.1 Indústria produtora de equipamentos e inovação 75
3.4.2 A origem da pesquisa industrial na copersucar 77
3.4.3 As inovações "incrementais" na moenda 77
3.4.4 Tecnologia de produção de álcool 80
3.4.5 Tecnologia de produção de açúcar 85
3.4.6 Novos produtos a partir da cana-de-açúcar 86
3.4.7 Outras linhas de atuação do CTC na área industrial 88
3.4.8 Os recursos alocados à pesquisa industrial 89
3.5 Engenharia Agrícola 91
3.5.1 As atividades para a capacitação no uso de máqinas agrícolas 91
3.5.2 O projeto de novas máquinas 91
3.5.3 Os recursos alocados à Engenharia Agrícola 97

4. SÍNTESE E CONCLUSÕES 98

BIBLIOGRAFIA 107

INTRODUÇÃO

Nas recentes discussões sobre as possibilidades de desenvolvimento econômico para o Brasil, tem sido apontada, insistentemente, a imperiosa necessidade de superar alguns obstáculos derivados do modelo de industrialização anterior. Este modelo, centrado principalmente na proteção do mercado interno e numa estratégia de substituição de importações, foi capaz de gerar uma base industrial ampla e diversificada. Porém, em muitos casos, questiona-se o nível de eficiência da indústria nacional quando comparada aos padrões internacionais.

Certamente, vários fatores têm contribuído para definir o grau de competitividade industrial nos países em desenvolvimento. Mas, como aponta Bell (1984), um dos elementos comuns nos casos de falhas no desempenho industrial, é a falta de capacitação tecnológica. Este elemento também está presente no caso brasileiro. Observa-se que os investimentos realizados em atividades de P&D representam 0,5% do PIB, enquanto este índice atinge valores de 2,3% a 2,9% para os países industrializados. Além disso, a participação do setor privado é muito menor do que nos países industrializados, situando-se em apenas 11% das aplicações em ciência e tecnologia, ou seja, 0,06% em relação ao PIB (Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica, 1990).

Este fenômeno tem sido atribuído, em parte, ao modelo de industrialização seguido pelo país, que esteve fortemente embasado na importação de tecnologia estrangeira através da transferência de "pacotes tecnológicos". Neste sentido, existe toda uma polêmica acerca de até que ponto o problema estaria localizado nesta estratégia de desenvolvimento imitativo que teria significado a adoção de "pacotes tecnológicos" inadequados para as condições do país e bloqueado qualquer possibilidade de desenvolvimento tecnológico autônomo. Esta argumentação, defendida pela denominada "escola da dependência", procura mostrar que existem obstáculos estruturais ao desenvolvimento impostos pela situação de dependência em que se encontram os países do Terceiro Mundo.

Entretanto, nos últimos anos, surgiram numerosos estudos que criticam o forte determinismo de algumas análises dependentistas, cerificando a existência de experiências bem sucedidas de desenvolvimento tecnológico em alguns países do Terceiro Mundo. Na análise destas experiências, destaca-se a importância do esforço tecnológico endógeno, mesmo quando se trata de absorver tecnologia estrangeira (Dahlman & Westphal,1982)[1]. Nesses casos, o receptor teria um papel ativo na escolha das tecnologias, ou seja, seria capaz de "abrir a caixa preta" representada pelos "pacotes

---

[1] Nestas análises, o *esforço tecnológico* é definido como a utilização de conhecimento tecnológico conjuntamente com outros recursos para assimilar ou adaptar tecnologia já existente e/ou para criar nova tecnologia (Dahlman & Westphal, 1982).

tecnológicos". Aponta-se, também, o papel fundamental do aprendizado na adaptação e aperfeiçoamento da tecnologia incorporada[2]. Por último, é reconhecido que, mesmo partindo de uma estratégia de desenvolvimento tecnológico imitativo, seria possível alcançar, posteriormente, um certo nível de capacitação tecnológica que permita internalizar a capacidade inovativa.

Todavia, existem autores que questionam o real alcance do aprendizado derivado da experiência de transferência e adaptação de tecnologia estrangeira, como forma de diminuir o *gap* tecnológico entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Assinala-se que este aprendizado só teria algum significado nos casos em que a fronteira tecnológica avança lentamente, pois as inovações adaptativas ocorreriam nas margens do avanço da fronteria tecnológica internacional (Katz, 1975).

No mesmo sentido, Kaplinsky (1984) aponta que a discussão sobre a constituição da capacidade inovativa a partir de um processo incremental, derivado da experiência de "*learning by doing*" e complementado pela conformação de um Sistema de Ciência e Tecnologia, tem um caráter a-histórico, pois não dá a devida atenção às descontinuidades e momentos de ruptura tecnológica, como é o momento atual. Com o advento do "paradigma" de base microeletrônica, estão se desenvolvendo tecnologias especialmente inadequadas para os países do Terceiro Mundo pela exigência de qualificações específicas e pelo *viés* no uso dos fatores. Por outro lado, são tecnologias intensivas em ciência, onde os países em desenvolvimento teriam menores vantagens comparativas (Erber, 1983). Entretanto, assinala-se que esta inadequação da tecnologia desenvolvida nos países centrais pode significar um estímulo para o maior intercâmbio sul-sul na transferência de tecnologia (Kaplinsky, 1984). Neste caso, os países do Terceiro Mundo que alcançaram um maior desenvolvimento relativo teriam vantagens como potenciais exportadores de tecnologia.

A partir deste marco geral, consideramos que é possível ter estratégias de capacitação tecnológica bem sucedidas nos países em desenvolvimento e, mesmo atendendo à relativização de que a internalização de certa capacidade inovativa pode não ser um elemento suficiente para reduzir o *gap* que separa os países em desenvolvimento dos países desenvolvidos, não pode ser questionado que este é um elemento necessário. Neste sentido, parece relevante identificar, em primeiro lugar, qual é o atual estágio de capacitação tecnológica alcançado pela indústria nacional. A informação sobre esta questão sofre de sérias deficiências e é muito heterogênea de acordo com os diversos

---

[2] O aprendizado não é entendido aqui apenas como aquele derivado da experiência acumulada na utilização industrial de uma determinadas tecnologia ("*learning by doing*"), senão também como uma atividade específica na estratégia de desenvolvimento das firmas, que requer um esforço endógeno e investimentos na formação de recursos humanos, desenvolvimento institucional, etc (Bell, 1984).

setores, pelo que se torna necessária a realização de estudos que mostrem, a partir de informações empíricas concretas, este estágio em nível setorial. No caso deste estudo, o setor escolhido foi a agroindústria canavieira[3]. Foram várias as razões para a escolha deste setor:

1) Em primeiro lugar, trata-se de um setor com um importante peso na economia nacional, tendo um faturamento de cerca de US$ 6 bilhões, que representa aproximadamente 1,4% do PIB, e que empregaria cerca de 1 milhão de trabalhadores (COPERSUCAR, 1989a).

2) Além disso, os setores relacionados à agroindústria têm algumas vantagens comparativas para o país, seja pela dotação de recursos naturais, pelo preço relativamente baixo da terra e mão-de-obra, seja pela experiência acumulada nestas produções. Ao mesmo tempo, esta agroindústria utiliza, em geral, uma tecnologia relativamente madura. Neste sentido, existiria a possibilidade de alcançar, com relativa facilidade, um nível de capacitação compatível com o ritmo de deslocamento da fronteira tecnológica internacional.

3) Por outro lado, os novos desenvolvimentos, principalmente na biotecnologia, podem chegar a ter um forte impacto sobre o futuro desenvolvimento da agroindústria. No caso do setor em questão, o impacto pode atingir, principalmente, o desenvolvimento de novas variedades, eficiência dos processos fermentativos, e criação de novos produtos e processos a partir da cana-de-açúcar e seus sub-produtos. Assim, a usina poderia transformar-se numa unidade processadora com aproveitammento integral da biomassa, contando com a vantagem de que a cana-de-açúcar é uma gramínea relativamente eficiente na conversão de energia solar em biomassa. Entretanto, a capacidade de aproveitar as "janelas de oportunidade" abertas pelo desenvolvimento das novas tecnologias está fortemente condicionada pelo grau de capacitação anteriormente alcançado.

4) Este é um setor que conta com uma longa experiência e com um setor produtor de bens de capital, criado já desde a década de 30. Além disso, é um setor majoritariamente dominado pelo capital nacional. A partir destes elementos, seria possível estabelecer uma dinâmica tecnológica endógena, pois poderiam ser superadas algumas restrições, tais como a dependência da importação de equipamentos e a participação do capital multinacional, cuja estratégia tecnológica não passa, geralmente, pelo desenvolvimento endógeno de tecnologia, centrando-se na transferência de projetos a partir das matrizes.

5) Existem limites para a transferência internacional de tecnologia pela heterogeneidade da agroindústria sucro-alcooleira em nível mundial. Esta heterogeneidade deriva-se da diversidade de

---

[3] Aqui é utilizado o termo "setor" para referir-se à agroindústria sucro-alcooleira por ser uma denominação frequentemente utilizada, porém é reconhecido que de forma mais precisa deveria ser denominado sub-setor ou segmento, de acordo à conceituação econômica clássica.

matérias-primas utilizadas, e das condições agroecológicas e sócio-econômicas específicas dos diversos países. Mesmo que algumas tecnologias desenvolvidas em outros contextos possam ser transferidas, isto requer um esforço significativo na adaptação às condições locais. No caso da tecnologia agrícola, existe uma forte depêndencia das condições locais, pelo que o significado da geração endógena de tecnologia é geralmente maior do que na maior parte dos setores industriais.

6) Destaca-se como outro determinante da importância da geração endógena de tecnologia, a singularidade da experiência brasileira na produção de álcool como combustível em larga escala na comparação internacional. Esta singularidade torna especialmente difícil a implantação de uma estratégia de desenvolvimento tecnológico imitativo.

7) Além disso, a própria viabilidade da produção de álcool como combustível alternativo depende, em parte, da constituição de vantagens comparativas dinâmicas através do desenvolvimento tecnológico. Atualmente está sendo questionada a competitividade do álcool frente a outros combustíveis, devido a seus elevados custos de produção. Embora deva ser considerado que a viabilidade do álcool depende também de outros fatores, como as variações no preço do petróleo e os desenvolvimentos tecnológicos que ocorram na produção do petróleo, assim como de outros combustíveis alternativos, não restam dúvidas sobre a importância do desenvolvimento tecnológico na produção de álcool como condição necessária para alcançar uma maior competitividade do álcool como fonte energética.

8) Com relação aos novos desafios derivados da crescente substituição do açúcar pelos adoçantes, é também importante conhecer a capacidade de resposta do setor, em termos de inovação tecnológica e diversificação de produtos.

9) Por outro lado, trata-se de um setor com vantagens comparativas no que se refere à inserção regional do país, seja pela participação dos produtos nacionais nos acordos comerciais -como o Mercosul- seja pelas possibilidades de transferir tecnologia e exportar equipamentos para outros países da região.

10) Por último, existem sérias divergências na avaliação da capacidade de inovação da agroindústria canavieira no país. Os autores que discutem o desempenho tecnológico do setor de açúcar e álcool no país compõem basicamente dois grupos, que possuem visões diametralmente opostas com relação à questão (Velho, 1985).

Num primeiro grupo são citados os trabalhos de: CNPq (1980), UNICAMP (1984), Cassiolato (1981), Araujo Jr. (citado em UNICAMP, 1984) e Negri (1977). Nesses trabalhos, a opinião predominante é que a existência de uma proteção estatal excessiva teria constituído um entrave para o desenvolvimento tecnológico do setor, uma vez que a fixação de preços para o açúcar e o álcool

e a distribuição de quotas de produção teriam inibido a competição entre as empresas, provocando uma "inércia tecnológica". Ao mesmo tempo, a indústria produtora de equipamentos para o setor seria tecnologicamente estagnada, devido a seu caráter oligopólico (duas empresas fornecem cerca de 90% dos equipamentos para o setor) e aos elevados níveis de protecionismo. Um outro argumento utilizado é o de que a estreita relação que existe entre os grupos empresariais que participam da produção de equipamentos e alguns grupos empresariais da agroindústria canavieira, teria levado a uma convergência de interesses entre estes atores, que estariam satisfeitos com as taxas de "não inovação" do setor. Não existe, entretanto, nenhum estudo empírico que tenha procurado identificar as causas que levam os produtores de açúcar e álcool e os fabricantes de equipamentos a ser aparentemente tão refratários à mudança técnica (Velho, 1985).

Por outro lado, o mesmo autor aponta que a opinião predominante entre os técnicos ligados ao setor, agentes governamentais e indústrias de equipamentos diretamente envolvidas no processo produtivo, é que houve um importante progresso técnico, que propiciou ganhos significativos na eficiência tanto agrícola como industrial, principalmente depois do advento do Proálcool. Alguns indicadores da evolução da produtividade agrícola e industrial são utilizados para referendar tal ponto de vista. Neste sentido, podem ser citados trabalhos da COPERSUCAR apontando que desde o advento do Proálcool houve um aumento de produtividade e redução de custos de produção de álcool de 4% ao ano (COPERSUCAR, 1989b).

Porém, como aponta Velho: "A discussão das causas reais da evolução desses índices de eficiência e produtividade é extremamente importante quando se objetiva entender a efetiva participação do progresso técnico para sua ocorrência. A identificação dos agentes de inovação é igualmente importante, no sentido de fornecer subsídios para o aperfeiçoamento das políticas tecnológicas do setor" (Velho, 1985:20).

Estes elementos revelam a necessidade de realizar estudos concretos sobre experiências específicas de capacitação tecnológica no setor. Porém, como se trata de uma temática muito ampla para o âmbito desta dissertação, foi necessário realizar um corte analítico. Nesse sentido, vamos centrar nossa análise na experiência realizada pela Cooperativa[4] de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), através do seu centro de tecnologia. A escolha deste corte analítico se baseia em algumas considerações que passamos a enumerar.

O grupo COPERSUCAR é o mais importante do setor com um faturamento anual de US$

---

[4] Foi questionado juridicamente o caráter cooperativista da COPERSUCAR, uma vez que esta associação de empresas não atende a alguns princípios dessa forma de organização. Utiliza-se, no decorrer do texto a denominação "cooperativa" porque este continua sendo o seu registro formal.

1,5 bilhão, responsável por 35% da produção de açúcar em nível nacional e 32% do álcool. Sua participação é mais significativa no segmento de mercado do açúcar refinado, sendo responsável por 75% das vendas totais. Fazem parte desta cooperativa 47 usinas e destilarias de médio e grande porte. Além disso, trata-se da 2ª maior empresa do setor produtor de alimentos (Revista Exame, 1992).

Esta Cooperativa participa em atividades de pesquisa desde 1969 e em 1979, criou o Centro de Tecnologia Copersucar (CTC), que é o maior centro de P&D relacionado ao setor sucro-alcooleiro no país, sendo também um centro relativamente importante na comparação internacional. O CTC tem um orçamento anual de cerca de US$ 20 milhões, 12.800 m^2 de área construída, 5 estações experimentais e um corpo de 844 funcionários.

Existem outros elementos que tornam a análise da experiência da COPERSUCAR uma oportunidade especialmente interessante para discutir algumas questões relacionadas às principais fontes de inovação no setor agroindustrial. Assim, no caso da tecnologia agrícola, chama a atenção uma maior participação do setor privado em atividades de pesquisa, sendo que, na América Latina, têm predominado os investimentos do setor público (Trigo et. al., 1985).

Por outro lado, é uma experiência de uma empresa privada investindo recursos significativos em P&D, num contexto caracterizado pela timidez neste tipo de investimento. Em termos nacionais, constata-se que a maior parte do investimento em P&D é feito pelo setor público, pelos centros de pesquisa de algumas empresas estatais e por algumas empresas multinacionais, sendo muito pouco significativo o investimento das firmas privadas de capital nacional. A importância do investimento da COPERSUCAR em P&D em nível nacional fica evidente quando comparamos o investimento realizado por esta empresa (US$ 20 milhões) com os dados apresentados para o conjunto do setor privado (US$ 200 milhões, de acordo com o Programa de Capacitação Tecnológica da Indústria, 1990).

Além disso, os setores de agricultura e agroindústria são caracterizados, na classificação feita por Pavitt (1985), como predominantemente dominados pelos fornecedores. Nesse sentido, seria interessante analisar o significado da internalização de certa capacidade inovativa, a partir da criação de um centro de P&D, para oferecer ao setor agroindustrial a possibilidade de alcançar um maior domínio sobre suas trajetórias tecnológicas.

O objetivo central do nosso trabalho é caracterizar o estágio de capacitação tecnológica alcançado pela COPERSUCAR e identificar os principais elementos que levaram esta cooperativa a realizar um esforço dirigido à capacitação tecnológica. De acordo com este objetivo, algumas das perguntas que procuraremos responder são: Quais foram os elementos determinantes da internali-

zação das atividades de P&D no caso da COPERSUCAR? Qual foi a estratégia seguida pela empresa com relação à definição de prioridades de pesquisa, formação de recursos humanos e inovação tecnológica? Como se articulou esta instituição com os outros agentes que participam da atividade inovativa? Qual foi sua real contribuição para a capacitação tecnológica setorial?

A discusão sobre esta questão torna-se especialmente relevante no momento atual quando existem algumas propostas de reformulação do marco institucional. Neste sentido, destaca-se a extinção do PLANALSUCAR, principal instituição pública dedicada à pesquisa tecnológica na agroindústria canavieira. Por outro lado, está sendo elaborada uma proposta para a extensão dos direitos de propriedade intelectual sobre variedades de plantas que também pode chegar a ter um forte impacto sobre o modelo institucional em que se organiza a pesquisa agropecuária. Entretanto, para poder antecipar o impacto desse tipo de reformulação institucional sobre a capacidade inovativa é necessário contar, previamente, com uma avaliação detalhada sobre a participação, até o presente, dos principais agentes desse sistema. Deve ser reconhecido que, para poder realizar recomendações fundamentadas sobre a orientação desta reformulação institucional, seria necessário analisar também as atividades das outras instituições e, em especial, do PLANALSUCAR. Entretanto, o presente trabalho pretende avaliar apenas a participação de um dos principais atores do "sistema de inovação"[5], e nesse sentido, contribuir para a formulação de uma política que vise a reformular o marco institucional em que se desenvolve a atividade inovativa, como parte de uma política científico-tecnológica que pretenda promover a capacitação tecnológica setorial.

---

[5] Aqui é utilizado o termo "sistema de inovação" para fazer referência ao conjunto de atores que participam da atividade inovativa e às relações entre eles. Este conceito supera a visão de "sistema de C&T", no qual participam as instituções de pesquisa e desenvolvimento, e passaa a incluir outros agentes muito importantes na atividade inovativa, como fornecedores de equipamentos, usuários da tecnologia, etc. Este enfoque foi utilizado por Nelson (1988) para se referir à experiência dos Estados Unidos e por Freeman (1988), para o Japão. Entretanto, isto não implica pressupor que realmente existe tal "sistema de inovação" articulado e funcionando de forma eficiente. Na verdade, para concluir sobre o estágio deste tipo de "articulação" seria essencial a realização de estudos específicos em tal sentido.

1. CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

O processo de inovação tecnológica deve ser visto dentro do contexto das relações de produção predominantes. Os conflitos que se estabelecem entre os diversos grupos sociais pela produção e apropriação do excedente econômico definem o poder relativo desses grupos e sua capacidade de apropriação dos benefícios gerados pela inovação tecnológica e, conseqüentemente, influenciam as expectativas e atitudes deles com relação ao processo inovativo (Piñeiro et al., 1983).

Entre os grupos sociais interessados na inovação tecnológica na agricultura, quatro merecem ser destacados: os produtores agropecuários; a indústria produtora de insumos e bens de capital; os comerciantes e processadores de produtos agropecuários e, indiretamente, a sociedade urbano-industrial, interessada em manter preços baixos dos alimentos e matérias-primas. A correlação de forças existente entre esses grupos e sua vinculação com o Estado tem, na definição das políticas públicas, um campo de expressão privilegiado. No caso do setor agropecuário, a intervenção estatal no processo de modernização tem sido especialmente intensa, não só pela definição do contexto econômico em que ocorre a atividade inovativa, senão também pela sua participação direta na geração e difusão de tecnologia, através das instituições públicas de pesquisa e extensão.

A partir de estudos realizados em vários países da América Latina pelo "Proyecto Cooperativo de Investigación sobre Tecnologia Agropecuária en América Latina"-PROTAAL, foi destacado o caráter heterogêneo da modernização agrícola ocorrida na região. Esta heterogeneidade foi atribuída à diversidade de relações de produção predominantes na agricultura da América Latina e à debilidade relativa do Estado para a aplicação de uma política global de modernização. Em contraposição aos países desenvolvidos e, especialmente, aos Estados Unidos -onde a clara predominância dos interesses urbano-industriais e a existência de coalizões politicamente estáveis levaram à formulação de uma política global de modernização agrária- no caso da América Latina, a não existência de uma burguesia industrial de caráter claramente hegemônico e o conseqüente caráter heterogêneo das coalizões politicamente dominantes, teria resultado, muitas vezes, na não resolução dos conflitos derivados da mudança técnica e em dificuldades para a aplicação generalizada de um modelo de modernização e transferência do excedente agropecuário, como o descrito para os Estados Unidos. Nesse contexto, teria ocorrido uma diferenciação das políticas em cada situação de produção, de acordo com as forças sociais que caraterizam cada uma delas (Piñeiro et al., 1983).

Como conseqüência do caráter diferenciado e heterogêneo da modernização agrária, os autores anteriormente mencionados propõem, como metodologia, dar especial atenção aos componentes sócio-econômicos que caracterizam cada situação de produção. Neste modelo, a situação de produção é entendida como o espaço sócio-econômico definido por uma série de elementos estruturais e relações sociais. Entre os elementos estruturais destacam-se o tipo predominante de unidade de produção e o acesso destas unidades aos mercados de fatores e de produtos. O objetivo central desta caracterização é identificar os principais grupos vinculados com o processo de acumulação. Por outro lado, as relações sociais dizem respeito ao comportamento dos diversos grupos sociais vinculados à produção, circulação e consumo dos produtos, à relação desses grupos com o Estado e sua influência na formulação de políticas públicas específicas para o setor.

A hipótese defendida pelos autores do PROTAAL é que, para que ocorra um efetivo processo de mudança técnica, é necessária a "articulação" entre os diversos componentes que definem tanto a demanda como a oferta de tecnologia em cada espaço sócio-econômico específico. Segundo eles, na América Latina, têm existido frequentemente "desarticulações" entre esses componentes que têm inviabilizado o processo de mudança técnica.

No entanto, isto não implica na ausência de modernização, pois ocorreram processos efetivos de mudança técnica. Nessas situações foi constatada a presença dos seguintes elementos: a) um grupo social específico se apropria de uma parte substancial dos benefícios derivados dos aumentos da produção e da mudança técnica; e b) esse grupo social teve poder político suficiente para negociar políticas econômicas que lhes permitiram apropriar-se de altas taxas de lucro através dos aumentos da produção (Piñeiro & Trigo, 1983).

O marco geral de nossa análise é a existência de uma estreita correlação entre o desenvolvimento das relações de produção na agroindústria canavieira, os conflitos sociais existentes entre os diversos grupos sociais diretamente relacionados a esta produção, o caráter da intervenção estatal, o processo tecnológico e, mais especificamente, a criação e desenvolvimento de instituições de pesquisa tecnológica. Neste sentido, a hipótese é que, no caso da agroindústria canavieira, houve obstáculos para a articulação de um processo de modernização global por iniciativa de interesses não agrários, dada a manutenção de uma importante parcela de poder por parte de oligarquias regionais que procuraram manter o *status quo* a partir do privilégio das instâncias corporativas de mediação na formulação de políticas. No entanto, isto não implicou na ausência de mudança técnica, pois foram dadas também condições, a partir dessas mesmas instâncias corporativas, para que grupos específicos se apropriassem de forma privilegiada de

"lucros extraordinários". Assim, o caso da COPERSUCAR coincidiria com as referências apontadas acima sobre outras experiências de modernização agropecuária na América Latina que partiram de iniciativas agrárias.

Para desenvolver esta linha de interpretação, no próximo capítulo apresentamos um histórico sobre a evolução das relações de produção na agroindústria canavieira. Destaca-se a dinâmica dos principais conflitos que definiram a evolução do processo de produção e apropriação do excedente neste "complexo", identificando quais foram os principais grupos associados ao processo de acumulação. Neste sentido, identificam-se, em nível analítico, como conflitos mais importantes: conflitos entre capital agroindustrial e capital comercial (usinas e refinadores-atacadistas); conflitos entre as diversas regiões produtoras (Nordeste/Centro-Sul) e conflitos entre capital agroindustrial e capital agrário (usineiros e fornecedores). Além disso, no capítulo seguinte mostramos como os arranjos sociais resultantes da resolução parcial destes conflitos refletiram-se numa ação estatal específica que, ao mesmo tempo, acabou agindo como um importante elemento re-estruturante das próprias relações de produção.

No capitulo 3, é caracterizada a empresa analisada e destacadas as razões que levaram à sua participação em P&D, a origem e desenvolvimento das principais linhas de pesquisa, assim como os principais resultados alcançados.

O levantamento da informação sobre as principais atividades realizadas no Centro de Tecnologia COPERSUCAR foi realizado através de entrevistas, realizadas em 1991, com os técnicos responsáveis pelos diversos programas de pesquisa, com a gerência do Centro de Tecnologia e com representantes do *board* central da COPERSUCAR. A outra fonte de informação utilizada foram dados secundários, como relatórios de atividades da COPERSUCAR, Censo Varietal Qualitativo e Quantitativo e outros boletins técnicos, assim como informação levantada junto a duas unidades cooperadas.

Para a análise da informação recolhida, utilizamos o enfoque do "aprendizado" e "capacitação tecnológica", denominado por Erber (1983) como "incrementalista". Neste enfoque, o processo de capacitação tecnológica é entendido como a progressiva aquisição de capacidades que permitem realizar atividades com um grau crescente de complexidade: a) engenharia de produção (relacionada com a capacidade de operar eficientemente com os processos já existentes); b) execução de projeto (relacionada com a criação de nova capacidade produtiva); c) manufatura de bens de capital (relacionada com a incorporação do conhecimento tecnológico nos equipamentos); e d) P&D (atividades destinadas a gerar novo conhecimento tecnológico) (Dahlman & Westphal, 1982).

Neste enfoque, portanto, o conceito de "capacitação tecnológica" abarca tanto a capacidade de operar uma determinada tecnologia, a capacidade de aperfeiçoá-la, como a capacidade de criar uma nova tecnologia. Ao mesmo tempo, essas atividades são vistas num *continuum* e não como compartimentos estanques. Não se deve deduzir, entretanto, que uma destas capacidades leve necessariamente à seguinte, pois para isto é necessário um esforço explícito por parte da firma, assim como a definição de uma estratégia de capacitação tecnológica.

Merece ser destacada a ênfase que esta perspectiva dá às inovações incrementais, ao considerar que estas têm um significado muito importante para o aumento da produtividade, sendo que sua importância foi negligenciada pelos autores que, a partir de Schumpeter, deram atenção exclusiva às inovações radicais. Neste sentido, é apontado que a visão do processo inovativo exclusivamente a partir das "*major innovations*" desconsidera todo um processo de "aprendizado" e inovação incremental, que é uma das formas de inovação mais importantes nos países em desenvolvimento (Katz, 1975).

No conceito de "aprendizado" são incluídas as contribuições de vários autores:

1) a primeira utilização do conceito de aprendizado foi feita por Arrow (1962) que caracterizou o "*learning by doing*" como o aprendizado derivado da simples acumulação de experiência operacional. Também Katz (1975) destaca que o início das atividades operacionais de uma planta é um período rico em aprendizado no manejo e controle da fábrica, que representam geralmente importantes ganhos de produtividade que não são considerados na análise microeconômica convencional. Este autor também aponta que, além do conceito formulado por Arrow, onde o aprendizado é produto da experiência acumulada, sem necessidade de realizar investimento específico para aprender, deve ser destacado o aporte dos modelos de tradição "post-arrowiana" onde a firma faz um investimento específico em "produzir" conhecimento científico. Assim: "o departamento de assistência técnica à produção emprega pessoal técnico, inventores independentes, etc, e um certo montante de "capital experimental" (planta piloto, maquetas, protótipos, etc.) e produz um certo fluxo de conhecimentos que serão utilizados precisamente para mudar as regras básicas de engenharia empregadas pelo departamento de produção" (Katz, 1975:61, tradução da autora);

2) Rosenberg (1982) definiu o "*learning by using*", que se aplica à utilização de bens de produção complexos que muitas vezes precisam ser aperfeiçoados, o que se consegue a partir da sugestão de modificações aos fornecedores desses bens de capital, caracterizando um processo de "*learning by using embodied*";

3) Lall (1982) define o "*learning by adapting*" como um tipo específico de aprendizado que

é característico dos países onde predomina a importação de tecnologia estrangeira que precisa ser adaptada às condições locais. Por outro lado, Dahlman & Westhal (1982) constatam a importância de atividades como a "engenharia reversa", destinadas à "replicação" de tecnologias para a acumulação de capacidades, uma vez que boa parte do conhecimento associado ao domínio de uma determinada tecnologia tem um caráter tácito e é, portanto, intransferível. Ao mesmo tempo, a capacitação adquirida localmente na assimilação de uma tecnologia estrangeira também favorece uma maior participação na subseqüente transferência de tecnologias relacionadas.

Deve ser destacado que a idéia de "capacitação tecnológica" transcende o efetivo domínio de determinadas tecnologias e refere-se, principalmente, à internalização de capacidade de inovação que permita à firma responder às mudanças no ambiente. Isto é, da capacidade de estabelecer "rotinas de inovação" e aperfeiçoar essas rotinas, no conceito evolucionista de Nelson e Winter (1982)[5].

Por outro lado, o enfoque proposto questiona a visão linear do processo de inovação através de uma sucessão de fases, substitindo-a por uma visão onde existe uma permanente interação e retroalimentação entre essas fases. Assim, o processo de inovação é essencialmente sistêmico, seja pelos *feedbaks* entre seus componentes, seja pela "articulação" dos agentes sociais que dele participam. Neste sentido, é importante o estabelecimento de códigos específicos de relacionamento que podem ser entendidos como instituições, num sentido amplo (Lundvall, 1988).

---

[5] O termo "rotina" é utilizado para definir os comportamentos que se repetem habitualmente nas firmas e inclui a heurística dos procedimentos de "busca", através dos quais as firmas procuram resolver novos problemas. No modelo evolucionista, as "rotinas" jogam um papel análogo ao dos genes na teoria da evolução biológica, no sentido de que são características persistentes que determinam seu possível comportamento e elas são "herdáveis" no sentido que os resultados futuros estão, de certa forma, implícitos no comportamento presente. Por outro lado, também sofrem a "pressão da seleção" do meio ambiente no sentido de que algumas "rotinas" mostram uma adequação ao "ambiente" sócio-econômico melhor do que outras e esta característica será muito importante no crescimento e êxito dessas empresas (Nelson & Winter, 1982).

2. CARACTERIZAÇÃO DAS RELAÇÕES DE PRODUÇÃO NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA

Neste capítulo será apresentada uma breve revisão histórica sobre a evolução das relações de produção na agroindústria canavieira com o objetivo de caracterizar a inserção da COPERSUCAR no processo de produção e apropriação do excedente econômico. Nele, descreve-se a dinâmica dos conflitos sociais considerados mais relevantes para a evolução das relações sociais de produção no "complexo" estudado.

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A cana-de-açúcar foi trazida pelos portugueses e cultivada na colônia desde o descobrimento. O desenvolvimento desta lavoura teve grande importância na história econômica, social e política do Brasil. Dentro do modelo colonial, o açúcar produzido na colônia tinha um trânsito obrigatório pela metrópole, que tinha o direito exclusivo sobre sua exportação. Nesse período, no contexto do sistema mercantilista, esse açúcar era utilizado pelos portugueses como moeda de troca no seu comércio com outras potências. Assim, o Brasil constituiu-se no maior produtor e exportador de açúcar do mundo, até meados do século XVII.

Todavia, a partir da segunda metade do século XVII, o açúcar brasileiro perdeu seu caráter de monopólio exercido pela metrópole ibérica, passando a sofrer a crescente concorrência da produção das Antilhas inglesas, francesas e holandesas. Isto provocou uma forte queda no preço do produto, cujo valor foi reduzido à metade (Furtado, 1977). Ao mesmo tempo, com o desenvolvimento da produção açucareira nas Antilhas, o mercado da Inglaterra e França foi fechado para o açúcar brasileiro. Estas potências passaram a dominar o mercado internacional, marginalizando o açúcar das colônias portuguesas dos principais mercados da Europa.

Criaram-se, portanto, condições para que a economia açucareira tivesse um grande desenvolvimento nas Antilhas durante o século XVIII. A importância do açúcar para estas colônias ficou caracterizada na denominação dada pelos ingleses a estas ilhas: *Sugar Islands* (Fraginals, 1988). Um fato que contribuiu grandemente para este desenvolvimento foi a expulsão dos holandeses do Brasil, em 1654. Os holandeses levaram a tecnologia de produção de açúcar aprendida no Brasil para as Antilhas, e além disso, proporcionaram o crédito necessário para a compra de escravos e equipamentos, cujo pagamento era realizado em açúcar. Assim, o capital

mercantil holandês, hegemônico no comércio internacional da época, financiou o desenvolvimento de uma produção açucareira concorrente à do solo brasileiro. Neste sentido, cabe destacar que a produção antilhana de açúcar conseguiu se impor no mercado, antes pelo poder mercantil das potências envolvidas, do que por qualquer superioridade técnica. O sistema de produção empregado nas Antilhas era muito semelhante ao brasileiro: "A queimada, o processo primitivo de plantio de covas à moda indígena, a falta quase total de utensílios agrícolas adequados, a ausência de qualquer preocupação para a escolha de mudas destinadas ao plantio, o desenvolvimento apenas espacial da lavoura canavieira antilhana, fazem dela o tipo de lavoura extensiva característica das colônias tropicais. Nesses aspectos encontra sua equivalente na lavoura canavieira no Brasil" (Canabrava, 1981:80). Além disso, o tamanho dos engenhos nas Antilhas era comparável aos do Brasil e os dois sistemas se assentavam nos mesmos três pilares: escravismo, monocultura e grande propriedade, mostrando a unidade do sistema colonial praticado pelas metrópoles produtoras de açúcar (ibidem).

No início da colonização, a produção de açúcar concentrou-se na região Nordeste, devido à sua maior proximidade da metrópole e às condições agroecológicas favoráveis para a expansão da lavoura. Sendo a terra abundante e o montante do capital necessário para os equipamentos pouco significativo, a carência de mão-de-obra se constituiria no principal entrave para o desenvolvimento da lavoura. Como apontava um observador da época, o desenvolvimento açucareiro estava na dependência do comércio de escravos, estes eram como causa e efeito e um não podia subsistir sem o outro (Fraginals, 1988). Além disso, a utilização generalizada do trabalho escravo restringia qualquer possibilidade de criação de um mercado interno, sendo a demanda externa o único elemento capaz de imprimir dinâmica ao sistema. Conseqüentemente, constituiu-se um sistema de monocultura, orientado para fora, cujo sub-produto foi a criação de uma agricultura de subsistência de muito baixa produtividade. Com a crise que atingiu o mercado do açúcar desde meados do século XVII, esta economia de subsistência tenderia a se expandir, uma vez que não foi encontrada nenhuma outra lavoura de exportação que viesse a substituir a cana-de-açúcar. Ao mesmo tempo, no início do século XVIII, o crescente interesse despertado pela economia mineira reorientou o tráfico de escravos e a emigração da mão-de-obra para as minas em detrimento da economia açucareira. Assim, a economia nordestina entrou numa letargia secular, mantendo sua estrutura inalterada, até ser atingida por uma nova onda de expansão do mercado do açúcar, que só viria ocorrer no final do século XVIII.

Esta nova expansão do mercado do açúcar pode ser explicada por dois fatores. Em primeiro lugar, houve um forte aumento do consumo de açúcar na Europa como decorrência da incorporação de crescentes parcelas da população ao mercado de consumo, a partir da Revolução Industrial.

Como conseqüência deste fenômeno, houve uma expansão do mercado, ainda que os preços continuassem a apresentar uma tendência declinante. Esta evolução é revelada pelo fato de que, durante a primeira metade do século XIX, o Brasil duplicou o volume de açúcar exportado, enquanto o valor das exportações cresceu apenas 24% (Furtado, 1977).

Em segundo lugar, houve uma desorganização dos mercados a partir da Revolução Francesa e da rebelião nas colônias francesas do Caribe. Como conseqüência destes transtornos, o Haiti, que era o maior produtor mundial, saiu do mercado, abrindo uma importante brecha para a produção brasileira. Posteriormente -durante as guerras napoleônicas- as exportações brasileiras duplicaram. Abre-se assim, para a região açucareira do Brasil, uma nova etapa de prosperidade. Entretanto, esta prosperidade era precária, pois se assentava na conjuntura das condições de anormalidade que prevaleceram no mercado (Furtado, 1977). Além disso, o embargo comercial realizado por Napoleão à Europa fez com que fossem procurados produtos alternativos para o açúcar de cana, chegando-se, assim, ao açúcar de beterraba. Quando cessou o bloqueio, o açúcar de cana, que tinha menores custos de produção do que o açúcar de beterraba, deveria ter voltado a reinar no mercado, mas os produtores europeus fizeram pressões para manter suas produções de beterraba, apesar dos maiores custos de produção. A partir dessas pressões, vários países da Europa implementaram políticas para proteger sua própria produção de açúcar frente às importações. Como conseqüência destas políticas protecionistas, a produção de açúcar de beterraba se expandiu rapidamente na Europa a partir de 1830, chegando a representar cerca de 50% do açúcar produzido mundialmente em 1880 (Queda, 1972).

Assim, mesmo com uma demanda crescente, os preços do açúcar mantiveram sua tendência baixista, dada a rápida expansão da oferta que ocorreu tanto pela produção de beterraba na Europa como pelo aumento da produção de cana em novas áreas, como Java e Filipinas. Nesse período, embora o açúcar de beterraba ganhasse uma maior participação relativa no mercado do açúcar, a produção de açúcar de cana continuava crescendo em termos absolutos. Entretanto, esta nova expansão do mercado não foi aproveitada pelo Brasil, que diminuiu sua participação relativa no mercado internacional.

Também nesse período, Cuba apareceu como um importante produtor mundial, ganhando uma crescente fatia do mercado internacional. O desenvolvimento da produção açucareira em Cuba foi favorecido pelos investimentos diretos de capital norte-americano na economia açucareira da ilha e do acesso privilegiado do açúcar cubano ao mercado norte-americano. Essa produção concorrente ao Brasil, parece ter se modernizado mais rapidamente: em 1860 apenas 1 a 2% dos engenhos

brasileiros era movido a vapor, enquanto em Cuba, no mesmo momento, 70% dos engenhos eram movidos a vapor (Eisenberg, 1977).

A participação declinante do país no mercado mundial podia, portanto, ser atribuída, ao menos em parte, ao escasso dinamismo tecnológico. Por isso, a partir de 1870 foram implementadas medidas destinadas a favorecer a modernização da produção açucareira. Uma destas medidas consistiu em dar incentivos ao capital estrangeiro para a instalação de grandes unidades industriais que incorporassem a moderna tecnologia. O esquema proposto era a criação de "engenhos centrais" com uma separação absoluta entre a atividade agrícola e a atividade industrial. No entanto, a tentativa de instalação destes engenhos centrais não foi muito bem sucedida devido ao caráter especulativo dos capitais estrangeiros atraídos para a atividade. Desta forma, caiu por terra o principal argumento que estava por trás dos incentivos, ou seja, a ilusão de que, através dos capitais estrangeiros, viriam juntamente os cobiçados mercados metropolitanos (Gnaccarini, 1972). Os "engenhos centrais" fracassaram também pela sua incapacidade de subordinar a produção agrícola às necessidades da fabricação industrial de açúcar (Queda, 1972). No Nordeste, os antigos senhores de engenho preferiram, muitas vezes, continuar utilizando seus próprios engenhos bangüês[6].

Posteriormente, reconhecidas as dificuldades para introduzir o modelo dos "engenhos centrais" no Brasil, as medidas implementadas tenderam a possibilitar a criação das usinas, como grandes unidades industriais integradas verticalmente. Entretanto, junto às novas usinas de grande porte, subsistiram um conjunto de pequenas unidades de caráter semi-artesanal, caracterizando a heterogeneidade da agroindústria canavieira no Brasil. Assim, por exemplo, em 1910 já existiam em Pernambuco 60 usinas, mas ao mesmo tempo, havia cerca de 2.000 engenhos tradicionais (Eisenberg, 1977).

Apesar de ter havido um processo de modernização da produção açucareira no final do século XIX, o Brasil não logrou melhorar sua inserção no mercado internacional. A participação do país nesse mercado decresceu de 10% em 1840 para apenas 2% no início do século XX (ibidem). Além disso, também diminuiu a importância das exportações de açúcar para a economia

---

[6] Os engenhos "banguês" estavam constituídos pela unidade entre propriedade fundiária e unidade de processamento, contando com instalações bastante rudimentares para a produção de açúcar bruto. A maioria dos engenhos empregava predominantemente, tração animal e, em menor medida, força hidraúlica. O grande salto com as usinas, foi a incorporação do uso do vapor como força motriz o que, por outro lado, está associado a um substancial aumento da escala de produção e uma centralização do processamento industrial em poucas grandes unidades fabris. Já a diferenciação entre "engenhos centrais" e usinas está referida principalmente a que os primeiros pressupunham a divisão entre capital agrícola e capital industrial, enquanto as usinas também produziam parte da matéria-prima que processavam.

do país. O açúcar era responsável por 10% do valor das exportações na década de 1880, passando para 1,2% desse valor na primeira década deste século (Carone, 1970 citado por Szmrecsányi, 1979). No entanto, no final do século XIX, a economia açucareira no Brasil ainda estava orientada principalmente ao mercado externo. Assim, por exemplo, 80% da produção açucareira de Pernambuco era exportada nesse período.

O comércio mundial do açúcar, nesse período, foi fortemente centralizado nas mãos de uns poucos grupos importadores-reexportadores de açúcar, dos maiores países industrializados. Esses, freqüentemente, dominavam também o refino, passando a investir diretamente no setor agro-industrial de alguns países produtores, cujo comércio era protegido por tarifas alfandegárias preferenciais, que reviveram as velhas práticas do "pacto colonial". Num mercado afetado por frequentes crises de superprodução, o principal problema não era -segundo apontara um observador inglês da época-, produzir mais barato, senão dispor de compradores quando os excessos de produção se avolumassem (Gnaccarini, 1975).

Desta forma, a incapacidade do açúcar brasileiro de melhorar sua inserção no mercado externo pode ser explicada tanto por fatores externos como internos. Entre os primeiros destacam-se a importante participação do açúcar de beterraba no abastecimento do mercado europeu e a crescente concorrência, nos demais mercados, de outros produtores como Cuba, Porto Rico, Filipinas e Java. Por outro lado, no âmbito interno, predominavam os métodos de cultivo e processamento obsoletos que se refletiam em altos custos e baixa produtividade dos fatores de produção (Szmrecsányi, 1979). Porém, o progresso tecnológico ocorrido nos países concorrentes, em grande parte, foi produto da inserção desses países num sistema de produção dominado pelos acordos neo-coloniais que se expressavam nos "mercados preferenciais". Isto é, o progresso tecnológico deve ser visto como uma variável dependente no processo imperialista de conquista dos mercados mundiais, e não o contrário (Gnaccarini, 1972).

A exclusão do Brasil destes novos acordos explica, em grande parte, sua participação marginal no mercado mundial. O país só tinha condições de exportar quando a conjuntura do mercado internacional provocava uma escassez do produto (Queda, 1972). Assim, por exemplo, durante a Primeira Guerra Mundial houve um auge momentâneo no mercado açucareiro. Como conseqüência do conflito e da escassez do produto na Europa, os preços se elevaram, representando um estímulo para a expansão da produção brasileira. Entretanto, com o fim do conflito a produção mundial se normalizou e os preços voltaram a cair. Esta tendência baixista se manteria durante toda a década de 1920, provocando um problema de super-produção que iria tomar proporções dramáticas na crise de 1929.

Ao mesmo tempo em que ocorria a retração do mercado externo, estava ocorrendo uma expansão do mercado interno, pelo que a produção passou a se orientar crescentemente para este último. No entanto, o mercado interno apresentava, para a região tradicionalmente produtora de açúcar no Nordeste, dois problemas básicos: a presença de poderosos comerciantes-refinadores localizados nos principais centros consumidores do país (Rio de Janeiro e São Paulo) que dominavam as condições de realização da produção e a crescente concorrência dos produtores da região Centro-Sul.

Com relação ao primeiro problema, os produtores pernambucanos procuraram formar um "cartel" para negociar sua produção em conjunto e se opor, assim, às manobras especulativas dos comerciantes-refinadores do Centro-Sul. A idéia básica era formar um estoque regulador para atender ao mercado interno e exportar os excedentes, mesmo que essa operação fosse gravosa, para não deprimir os preços no mercado interno. Com este objetivo, formou-se em 1906 a "Coligação Açucareira de Pernambuco". Este sistema, para funcionar eficazmente, devia contar também com a participação das outras regiões produtoras. Isto foi alcançado em 1907 com a formação da "Coligação Açucareira do Brasil", que incluía os produtores de Campos, no Rio de Janeiro, e os de São Paulo. Pretendia-se obter, junto ao Banco da República, o financiamento necessário para a regulação dos estoques. Mas a idéia fracassou, pois o Banco da República, pelo veto do Ministro da Fazenda, negou os créditos pedidos. Esta atitude foi atribuída às ligações que o Banco mantinha com a "Cia. Açucareira", grandes refinadores-comerciantes ingleses do Rio de Janeiro que dominavam o mercado carioca e parte do paulista (Gnaccarini, 1972).

Segundo o mesmo autor: "A posição privilegiada dos monopólios comerciais estava em razão direta aos elementos não capitalistas da produção. Estes determinavam a existência de um excesso de produção crônico, impenetrável aos efeitos equilibradores da concorrência entre os capitais produtivos. Era de tal modo importante essa característica que a atividade comercial se tornou a principal fonte de lucro, resultante essencialmente da especulação com os estoques acumulados em mãos de distribuidores. O controle sobre a efetivação do lucro deslocou-se assim das mãos dos produtores para as dos monopolizadores do comércio e dos transportes" (Gnaccarini 1975:335).

Assim, no período 1890-1930 foram se conformando os grandes monopólios comerciais que passaram a atuar no mercado interno. Ao mesmo tempo em que estes grupos se fortaleciam, processava-se a sua gradativa nacionalização, pois o pequeno dinamismo do mercado externo foi afastando os capitais estrangeiros que participavam da atividade. Assim, surgiram grandes comerciantes-refinadores nacionais que passaram a manipular, em seu benefício, as relações entre

a produção, os estoques e o consumo, criando uma grande instabilidade nos preços do açúcar no mercado interno. Esses grandes comerciantes internos possuíam suas próprias companhias de cabotagem, detinham interesses nas empresas concessionárias dos portos açucareiros do Nordeste, e estavam ligados ao capital bancário (ibidem).

Em 1910, com a criação em São Paulo da Cia União dos Refinadores, formada a partir da associação de algumas das principais empresas que atuavam no refino adquirindo o açúcar bruto das usinas, foi dado um importante passo no sentido da concentração. Esta extrema concentração da demanda atacadista do açúcar, na distribuição e refino, caracterizam um mercado oligopsônico (Gnaccarini, 1972).

Conclui-se que as condições organizativas da produção e do lucro no setor açucareiro favoreciam, principalmente, o capital comercial. Esta produção fizera-se de acordo com as exigências do comércio mundial com características coloniais. Segundo Gnaccarini (1972), pode-se dizer que, se os investimentos e a organização do trabalho no latifúndio açucareiro emprestavam-lhe as características de um capitalismo agrário, por outro lado, o latifúndio açucareiro não dominava completamente as condições de produção e apropriação do excedente, onde o capital comercial -primeiro estrangeiro e posteriormente nacional- detinha o maior poder relativo. Nas palavras do mesmo autor: "Uma situação em que o capital comercial não é tão somente uma das funções de reprodução do capital produtivo, mas ao contrário domina a produção" (Gnaccarini, 1975:344). Nesse sentido, também existiam outros mecanismos de subordinação do capital produtivo ao capital comercial, como os financiamentos dos comissários aos usineiros.

Nesta estrutura existia um certo desestímulo aos investimentos na modernização da produção pois, como apontara um observador, citado por Gnaccarini (1972), não teria sentido para os produtores reduzir os custos porque os preços não respondiam a nenhuma lei econômica.

Assim, o advento das usinas, mesmo tendo representado um processo de modernização, não significou para o capital agroindustrial um controle maior sobre as condições do mercado açucareiro, ou seja, um controle eficaz sobre as condições de realização do capital produtivo (Gnaccarini, 1972). Todavia, pode-se dizer que o maior poder de barganha do capital agroindustrial se manifestava na sua capacidade de transferir os custos das frequentes crises de mercado e da tendência histórica ao declínio da rentabilidade, para os fornecedores de matéria-prima e para os trabalhadores. O desemprego temporário, o achatamento salarial e o desenvolvimento paralelo de uma economia de subsistência, foram os mecanismos utilizados para absorver o impacto do declínio da economia açucareira. Assim, os custos e irracionalidades do sistema foram transferidos para os

setores sociais menos favorecidos da economia açucareira, permitindo manter inalterada a estrutura de produção durante vários séculos (Eisenberg, 1977).

Posteriormente, a concorrência inter-regional, numa economia açucareira orientada para o mercado interno, constituir-se-ia em elemento chave na definição da evolução subseqüente desse setor. Portanto, passaremos a analisar o surgimento e evolução da principal produção concorrente na Região Centro-Sul, a agroindústria canavieira em São Paulo, que veio a se constituir no principal Estado produtor.

2.2 AS ORIGENS DA LAVOURA CANAVIEIRA EM SÃO PAULO

Cabe destacar que a cana-de-açúcar foi originariamente introduzida na Capitania de São Vicente (atual Estado de São Paulo), por Martin Afonso de Souza, em 1532. Entretanto, a lavoura teve inicialmente escasso desenvolvimento como conseqüência das vantagens comparativas apresentadas pela região Nordeste para a expansão da lavoura, entre as que se destacam as condições edafo-climáticas da costa e a maior proximidade da metrópole. Todavia, já no século XVIII, durante o segundo ciclo de auge do açúcar, houve uma significativa expansão da agroindústria açucareira em São Paulo. Este primeiro "ciclo do açúcar" paulista se situa entre o fim da mineração, em meados do século XVIII, e o início do "ciclo do café", em meados do século XIX (Petrone, 1968).

Até a primeira metade do século XVIII, a atividade econômica da Capitania de São Vicente se centrava na captura de índios e na busca de ouro. Nesse momento, a economia mineira passou a atrair a maior atenção no país, e São Paulo orientou-se para a criação de animais de transporte. Mas no último quartel do século XVIII, as atividades agrícolas passaram a ter maior importância (Prado Jr., 1965). No contexto econômico do período, a produção de açúcar apresentou-se como a opção mais rentável. Conseqüentemente, a produção canavieira foi adquirindo importância no decorrer da segunda metade do século XVIII, embora sua participação nas exportações nacionais continuasse sendo pequena -1.000 caixas de açúcar das 44.000 exportadas em 1796 (Sodré, 1976). Data dessa época a formação do denominado "quadrilátero do açúcar", delimitado pelas cidades de Sorocaba, Piracicaba, Mogi Guaçu e Jundiaí.

A expansão da economia açucareira na região obedeceu também às políticas de estímulo que foram implementadas pelos governadores da Capitania a partir de 1765, cujo principal objetivo era incentivar o comércio através do porto de Santos (Petrone, 1968).

O sistema de exploração utilizado em São Paulo era semelhante ao utilizado no Nordeste, e ainda mais precário, dado o escasso desenvolvimento econômico da região. Caracterizou-se pela agricultura itinerante, monocultura e emprego de trabalho escravo. Desde o início, a exploração canavieira esteve associada à grande propriedade, mas era realizada de forma extensiva como se deduz da falta de correlação entre tamanho da propriedade e volume de produção (Petrone, 1968).

A reserva de matas, que proporcionavam lenha para as fornalhas do engenho e madeira para a construção da maioria dos equipamentos utilizados, era uma condição necessária para o desenvolvimento da lavoura. A busca de novas reservas de matas e a falta de práticas de conservação da fertilidade dos solos, faziam da agricultura itinerante a única forma de exploração possível. A força motriz predominantemente utilizada nos engenhos era a animal, sendo menos frequentes os moinhos à água. Também o transporte era realizado utilizando animais. Isto fez com que, ao lado da economia canavieira, se desenvolvesse a criação de animais para atender às necessidades do engenho. A maior parte dos equipamentos necessários para a instalação dos engenhos era fabricada localmente, com madeira, sendo de ferro apenas as peças que sofriam maior desgaste. Todos estes elementos caracterizam um sistema de produção extensivo, cujo desenvolvimento tecnológico era incipiente. Este fato, unido às deficiências nos transportes, que contribuíam para a rápida deterioração do produto, foi responsável pela reconhecida baixa qualidade do açúcar produzido em São Paulo durante esse período (Petrone, 1968).

Existiam sérios problemas para o escoamento da produção devido à falta de infra-estrutura decorrente do pioneirismo da lavoura. Os caminhos para o interior eram praticamente inexistentes e o porto de Santos tinha um desenvolvimento ainda incipiente. No entanto, no final do século XVIII, o açúcar era o principal produto de exportação do Estado. Nesse sentido, a lavoura canavieira precisou criar a infra-estrutura que possibilitasse seu próprio desenvolvimento, o que foi importante, mais tarde, para permitir a rápida expansão do café (Petrone, 1968).

A partir de meados do século XIX, o café se transformou na alternativa mais rentável, relegando a produção de açúcar a um segundo plano. No entanto, a lavoura canavieira sempre continuou existindo em São Paulo, possivelmente mais voltada para o mercado interno (Ramos, 1991). Assim, por exemplo, no quadrilátero do açúcar esta cultura manteve certa importância, mesmo quando a lavoura do café passou a predominar em muitas das áreas anteriormente açucareiras.

Já no início do século XX foi o café que, paradoxalmente, favoreceu a expansão da lavoura canavieira. Esta associação entre as duas lavouras deu-se por, pelo menos, dois motivos. Em primeiro lugar, a crise de super-produção que ameaçava a lavoura de café no início do século fez

com que fossem procuradas novas alternativas para empregar os recursos derivados da economia cafeeira. Isto coincide com a observação de que o capital inicial de boa parte dos principais grupos usineiros paulistas teve sua origem no plantio e comercialização do café (Gnaccarini, 1972; Ramos, 1991).

Mas, o principal elemento explicativo da expansão da lavoura canavieira em São Paulo foi a formação do mercado interno, provocada pela expansão do "complexo cafeeiro", sob relações de trabalho assalariadas, como economia capitalista mais dinâmica e avançada do que as outras regiões do país (Cano, 1977). O primeiro surto de industrialização em São Paulo provocou um aumento do consumo de produtos básicos, entre eles o açúcar.

A disponibilidade de terras, o freio à expansão cafeeira e o crescimento do mercado interno são os principais elementos que explicam o crescimento da agroindústria canavieira em São Paulo, no final do século passado e início do presente.

Assim, surgiram muitos engenhos e engenhocas produtoras de açúcar bruto, rapadura e aguardente que atendiam à demanda dos mercados regionais do interior do Estado. Mas, ao lado destas unidades de caráter semi-artesanal, foram montadas grandes unidades industriais com equipamentos importados. Boa parte destas unidades foi vendida ao capital estrangeiro no início do século, destacando-se a presença do grupo *Societé des Sucrieres Bresiliennes*.

A constituição do mercado interno no principal elemento dinâmico da produção canavieira foi parte de um processo mais amplo: "A primeira metade do século XX está marcada pela existência de um sistema onde o principal elemento dinâmico é o mercado interno" (Furtado, 1977:241). Esta nova orientação consolidou as vantagens específicas da agroindústria canavieira paulista, tanto por estar localizada mais próxima aos principais mercados, como por contar com uma série de "economias externas" derivadas do processo de industrialização. Estas "economias externas" referem-se aos meios de transporte, energia, infra-estrutura de comercialização, indústria de insumos e de bens de capital para o setor. Conseqüentemente, pela atuação das forças do mercado, a produção açucareira tendia a trasladar seu eixo para a região Centro-Sul do país. Mas, a partir de 1930, também ocorreu a integração da economia nacional e, no caso do nordeste, esta integração viria a partir do seu principal produto: o açúcar. Assim, dada a importância dos interesses regionais envolvidos, as relações entre as diversas regiões produtoras passariam a ser objeto de uma luta política cujo resultado se expressaria na intervenção estatal no setor a partir de 1930.

2.3 A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA EM SÃO PAULO DE 1930 A 1974

Neste período consolida-se a hegemonia dos produtores paulistas, centrada na produção de açúcar, compondo a cesta de bens de consumo básico característica de nosso mercado interno, e, a partir do final dos anos 60, participando também ativamente do mercado externo. Essa evolução e o papel das políticas públicas são descritas a seguir.

2.3.1 As tentativas de expansão equilibrada (1930-1945)

A luta entre as diversas regiões produtoras pelo mercado interno alcançou proporções mais dramáticas a partir da crise de 1929, que forçou a reorganização de todo o complexo cafeeiro e também afetou fortemente a economia açucareira, motivando uma maior intervenção estatal, a pedido das classes produtoras.

A primeira manifestação desta intervenção foi a criação da "Comissão de Defesa da Produção de Açúcar", em 1931. Seu objetivo era garantir o preço do produto no mercado interno, devendo para isso criar um estoque regulador e exportar os excedentes de produção.

Mas o planejamento sistemático da intervenção estatal no setor começa em 1933 com a criação do "Instituto do Açúcar e do Álcool" (IAA) como entidade autárquica. Este Instituto adquiriu atribuições crescentes no planejamento e intervenção na economia açucareira.

Ao IAA correspondia a "defesa" dos preços do açúcar no mercado interno, regulando a oferta do produto a partir da formação de um estoque. Os excedentes com relação à demanda interna deviam ser evacuados para não provocar a queda do preço do produto. O destino desta produção excedente poderia ser a exportação, ou a transformação do açúcar em álcool para fins combustíveis. Neste sentido, com o objetivo de estimular a produção de álcool, foram outorgados benefícios para a construção de destilarias anexas às usinas de açúcar. Ao mesmo tempo, o IAA era responsável pela instalação de algumas destilarias de grande porte, mantendo também o monopólio da comercialização de álcool. Data dessa época a obrigação de adicionar 5% de álcool à gasolina importada.

Mas a garantia de um preço estável e remunerador seria um atrativo para a expansão da produção, agravando os problemas de super-produção já existentes. Portanto, deviam ser implementadas medidas para limitar o crescimento da produção, que evidentemente favoreceriam os produtores já estabelecidos[7]. Este objetivo foi alcançado pelo estabelecimento de quotas de produção para cada empresa e pela necessidade de contar com a autorização do IAA para a criação

---

[7] Este tipo de política mostra a importância dos arranjos corporativos na relação dos usineiros com o Estado como forma de mediação na formulação de políticas para este setor.

de uma nova usina. Na distribuição das quotas estabeleceu-se um limite de cerca de 60% para a produção nordestina, e o restante para a região Centro-Sul.

O sistema de quotas serviu tanto para regular o crescimento da produção como para mediar a relação entre as diversas regiões produtoras. Neste sentido, a orientação do primeiro período de intervenção do IAA, sob o governo Vargas, se caracterizou por uma ênfase muito grande na integração da economia nacional, procurando manter a economia regional nordestina. A tentativa de mediação entre as diversas regiões e classes que participavam da produção pode ser vista nas próprias palavras do Presidente Vargas: "Uma nação como a nossa, ou se desenvolve ritmicamente, obedecendo um plano de conjunto, ou se arriscará a semear descontentamentos regionais condenáveis. A própria história nos ensina que o melhor suporte é a unidade política de um povo, é o ajustamento e organização de suas questões econômicas angulares. Quando os alicerces econômicos não são fortes, periclita o edifício de sua cohesão política" (citado por de Marco, 1991:68). Também Leonardo Truda, presidente do IAA, chamava a atenção para as vantagens do comércio bilateral entre São Paulo e Pernambuco, consistente na troca de produtos industrializados e açúcar. Desta forma, a limitação da expansão da produção canavieira paulista era diretamente associada à unidade nacional (Ramos, 1991).

O outro elemento que marcará o caráter da intervenção do IAA será a tentativa de mediação entre as diversas classes participantes da economia açucareira. Os principais conflitos eram os derivados da relação entre usineiros e fornecedores. A participação de fornecedores era mais marcante na região Nordeste e em Campos (RJ), e, portanto, era ali onde os conflitos se manifestavam com maior frequência.

O primeiro antecedente na mediação da relação entre as classes data de 1939, quando foi estabelecido que pelo menos 70% dos aumentos de quota de produção de cada empresa deveriam corresponder ao processamento de matéria-prima dos fornecedores. Mas a verdadeira regulamentação das relações internas dentro do complexo seria dada a partir da formulação do "Estatuto da Lavoura Canavieira", em 1941. Nesse estatuto se estabelecia que as usinas não poderiam moer mais de 60% de canas próprias.

A importância dada aos fornecedores nesse Estatuto correspondia, principalmente, à demanda dos antigos "senhores de engenho" nordestinos, reduzidos à condição de fornecedores a partir da consolidação das usinas. Isto é, a legislação procurava conter o processo de diferenciação "para baixo" que estava ocorrendo nas regiões canavieiras tradicionais, com a consolidação da usina integrada verticalmente como unidade hegemônica. Além disso, existia na regulamentação uma

idealização da pequena produção que procurava ver os fornecedores como uma classe média rural (Queda, 1972).

Entretanto, a aplicação deste estatuto em São Paulo, onde a participação dos fornecedores era menos frequente, acabou criando a figura do fornecedor. A maior participação de fornecedores em São Paulo, num período de crescimento da produção, financiou a expansão das usinas pois estas não precisavam empatar seu capital na atividade agrícola. Na safra de 1941/42 existiam em São Paulo 326 fornecedores, enquanto na safra de 1967/68 participaram da produção 9422 fornecedores. Desta forma, as empresas agroindustriais podiam ampliar sua capacidade de processamento de forma mais que proporcional em relação ao capital de que dispunham, contando com a produção de fornecedores. Enquanto os recursos das usinas não eram suficientes para fazer funcionar os dois setores -agrícola e industrial- nada melhor do que voltar a dividir os riscos do empreendimento agrícola com os fornecedores. Posteriormente, uma vez acumulado o capital necessário, acentuou-se novamente a tendência à integração vertical, diminuindo a presença dos fornecedores. Assim, este processo favoreceu a acumulação do capital agroindustrial, ou seja, a consolidação de um processo de diferenciação "para cima" dos usineiros paulistas.

Por isso, Queda (1972) observa que a aplicação do Estatuto teve um efeito inverso nas duas regiões produtoras. No Nordeste, tratava-se de ver sobre que setor iam cair os custos da retração dos mercados, enquanto em São Paulo tratava-se de se apropriar dos benefícios de uma economia em expansão. Assim, o Estatuto da Lavoura Canavieira, destinado a frear o processo de concentração no Nordeste, acabou representando um arranjo favorável para a expansão agroindustrial em São Paulo.

Outro fator que contribuiu para a maior expansão relativa da agroindústria canavieira paulista foi o desenvolvimento neste Estado de uma indústria produtora de bens de capital para o setor sucro-alcooleiro. Na década de 1920 foi fundada por Mário Dedini uma pequena oficina de reparos, cuja principal função era a reposição das peças que sofriam maior desgaste nos equipamentos dos engenhos e usinas de açúcar da região. A localização da oficina em Piracicaba, aliada ao conhecimento que Dedini já tinha sobre o setor e à assistência técnica permanente oferecida às usinas, são fatores que explicam o grande crescimento da oficina e sua transformação numa indústria (Negri, 1977). Nesse sentido, a Dedini passou a fabricar, já na década de 1930, equipamentos completos para o setor, tais como moendas, caldeiras, evaporadores, etc. A expansão da Dedini, a partir de 1930, também seria favorecida pelas dificuldades cambiais para a importação de equipamentos, que estimularam o desenvolvimento da indústria nacional. Além disso, a Dedini utilizou um sistema de auto-financiamento das suas vendas que consistia em entrar com uma

participação acionária em algumas empresas do setor em troca da instalação de equipamentos de maior capacidade para a expansão e modernização da produção. Nestes acordos, a Dedini aceitava como parte do pagamento os equipamentos usados, que reparava e vendia para engenhos ou usinas de menor porte (Negri, 1977). Por isto, o crescimento da indústria fornecedora de bens de capital encontra-se imbricado com a expansão da agroindústria canavieira paulista. Esta associação pode ser constatada nas palavras de Monteiro, Presidente do IAA no final dos anos 40, sobre a necessidade de limitar a expansão paulista: "Para restabelecer a disciplina da produção e o contingenciamento nacional, não escolherei meios nem modos, mesmo que tenha que lançar uma bomba atômica nas Oficinas Dedini" (citado por Ramos, 1991:161). Não alheio à estratégia de expansão seguida pela empresa Dedini foi o fato de existir uma relação de parentesco entre este empresário e a família Ometto, maior proprietária de usinas em São Paulo.

Durante a Segunda Guerra Mundial, causas externas provocaram uma nova expansão da agroindústria canavieira em São Paulo. Com as dificuldades no comércio de cabotagem, derivadas da ameaça de torpedeamento dos navios, ocorreu uma crise de desabastecimento nos principais centros urbanos, pois o açúcar era transportado por esse meio a partir do Nordeste. Para solucionar este problema de abastecimento foi autorizado, em 1942, o aumento da quota das usinas já existentes e a instalação de pequenas unidades de processamento agroindustrial, cuja produção deveria ser inferior a 400 sacos anuais. Por outro lado, também houve uma valorização do álcool, como conseqüência das dificuldades para a importação de petróleo. Como consequência destes fatores, apesar das medidas restritivas, houve uma expansão da produção de cana-de-açúcar em São Paulo, que chegou a quase se igualar a do Estado maior produtor, Pernambuco, na safra 44/45.

Em São Paulo, nesse período, boa parte da cana era moída pelos engenhos, que processavam 48% da matéria-prima frente a 25% para Pernambuco, na safra de 1944/45. Esta maior participação dos engenhos em São Paulo também foi produto da criação de vários engenhos turbinadores[8] durante o período da Guerra (Ramos, 1991). Ao mesmo tempo, houve um aumento na produção média das usinas em São Paulo, embora o tamanho das empresas continuasse sendo menor do que no Nordeste.

Concluindo, pode-se dizer que na primeira fase da intervenção estatal, até 1945, houve uma tentativa de contemplar, de certa forma, os interesses dos diversos grupos sociais do complexo

---

[8] Os engenhos "turbinadores" eram pequenas unidades fabris que se diferenciavam das usinas pelo seu menor volume de produção e por não possuir equipamentos para o cozimento a vácuo para a produção do açúcar, produzindo somente açúcar bruto.

sucro-alcooleiro e das diversas regiões produtoras. Por isso, o período foi caracterizado como uma "tentativa de expansão equilibrada" (Ramos, 1991).

Foram implementadas medidas visando a frear o processo de concentração/centralização dos capitais e a transferência da produção para a região Centro-Sul. Tentou-se, portanto, retardar o efeito de algumas tendências do desenvolvimento capitalista no setor, sem evitar, entretanto, que as mesmas acabassem prevalecendo. Isto mostra o caráter contraditório da intervenção estatal, ou melhor dito, a intervenção estatal reflete as contradições do processo de transformação em curso e, por isso, era ela própria contraditória (Ramos, 1991). Assim, por exemplo, é clara a contradição entre o desenvolvimento industrial do Sul e a manutenção de um sistema de exploração de baixa produtividade: "Consolidou-se, nessas circunstâncias, uma contradição, radicada nos modos de produção da sociedade brasileira, entre as necessidades das economias regionais desprivilegiadas -que o dirigismo açucareiro buscava atender- e as necessidades de abastecimento de açúcar às camadas trabalhadoras urbanas por um preço rebaixado- que a política industrialista pretendia manter" (Gnaccarini, 1972:85).

Este tipo de contradições derivava, em grande parte, da heterogeneidade do bloco hegemônico no poder e do caráter instável do equilíbrio das forças sociais dominantes. É importante ter presente que a revolução de 30 representou o acesso ao poder de parcelas da burguesia e a quebra do poder hegemônico dos grandes proprietários rurais. Entretanto, não representou uma ruptura absoluta no esquema de poder anterior, senão um movimento acomodatício entre as antigas classes rurais e as novas classes burguesas (Rodrigues citado por Queda, 1972).

2.3.2 A consolidação da hegemonia paulista (1946-1968)

O maior crescimento da agroindústria canavieira paulista seria reforçado a partir de 1945, quando houve uma mudança na orientação da política. Com a derrocada do Estado Novo, iniciou-se um período de maior liberalismo econômico. No caso específico do setor em questão, a mudança na orientação política obedeceu também às pressões dos usineiros paulistas por aumentar sua produção (Gnaccarini, 1972).

Em primeiro lugar, foi autorizada a transformação em usinas dos pequenos engenhos surgidos durante a Guerra, assim como a criação de novas usinas e destilarias. Todavia, a mudança mais importante veio com a promulgação do Decreto-Lei Nº 9827, de 1946. Neste decreto se estabelecia que a revisão das quotas dos Estados importadores devia levar em conta a demanda, a capacidade de produção e o déficit entre produção e consumo. Isto é, no longo prazo, estes Estados poderiam deixar de ser importadores, atendendo ao crescimento da demanda pela sua própria

oferta. Como conseqüência destas medidas e do crescimento do mercado consumidor em São Paulo, os últimos anos da década de 40 mostram um crescimento muito significativo da produção paulista e uma transformação qualitativa de sua agroindústria canavieira (Queda, 1972).

A década de 50 trouxe uma nova fase de expansão que foi determinada, em boa parte, pelo crescimento do mercado externo. Atendida a demanda interna, o setor começou a se orientar para a exportação, colocando o Brasil, novamente, entre os principais exportadores mundiais. No final da década, mesmo com os preços do produto no mercado mundial apresentando uma tendência baixista, o estímulo às exportações de açúcar se mantiveram, devido às dificuldades enfrentadas pelo país para cobrir o déficit do seu balanço de pagamentos. Assim, no período de 1957 a 1961, o Brasil exportou 35,2% da sua produção total de açúcar (Ramos,1991). Todavia, como muitas das exportações acabaram sendo gravosas, na safra 59/60 voltaram-se a implementar medidas restritivas.

Mas a Revolução Cubana voltou a abrir boas perspectivas para a produção brasileira no mercado externo, em especial no mercado norte-americano. Assim, em 1963 foi formulado o "Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional" que tinha por objetivo ampliar a produção até 100 milhões de sacas em 1971 (considere-se que nesse momento a capacidade instalada de produção alcançava 62 milhões de sacas). Para alcançar a produção esperada, as quotas foram reajustadas, correspondendo a São Paulo um ajuste de quase 100% (Szmrecsányi, 1979). Além disso, foi autorizada a instalação de mais 50 usinas nesse Estado. Pode-se concluir, portanto, que boa parte do aumento da produção era esperado a partir de São Paulo, evidenciando a importância do papel atribuído a esse estado, dentro da nova orientação exportadora que se pretendia imprimir à agroindústria canavieira.

No entanto, as expectativas favoráveis com relação ao mercado externo foram rapidamente revertidas e, já no primeiro ano de implementação do Plano, ocorreu uma crise de super-produção. A grave dimensão desta crise fica evidente quando vemos que, em 1964, deixou-se de colher cana suficiente para produzir 13 milhões de sacas em São Paulo (ibidem).

Outro fenômeno que merece ser destacado no período em questão foi a transformação das relações entre o capital agroindustrial e comercial. Um elemento importante em tal sentido foi a constituição do sistema cooperativo na década de 50.

Em 1953 foi formada a COOPIRA (Cooperativa Piracicaba de Usinas de Açúcar e Álcool) e a COPERESTE (Cooperativa de Usineiros do Oeste de São Paulo). A formação destas cooperativas foi uma forma do capital agroindustrial responder à dominação do mercado pelos intermediários. Isto parece claro no discurso de posse do Presidente da COOPIRA, Duvílio Ometto,

em 14/09/53: "Chegamos a uma situação tal em que o usineiro não mais recebe o justo preço do seu produto, e, como se não bastasse isso, fica ainda à mercê dos manobristas do mercado, com a conseqüência lógica da flutuação dos preços. A solução simples e evidente, por si mesma, exige entretanto, um elevado espírito de classe, um alto estímulo de solidariedade. É o princípio da cooperação na defesa dos interesses comuns" (A Gazeta, 14/09/53 citado por de Marco, 1991). No dia 12/09/53, Angelo Filipini, também representante dos usineiros, expressava ao jornal Folha da Manhã: "O intermediário é o que tira o maior proveito, sem nenhum benefício para o consumidor. Por que então não fazermos as vezes de intermediário, por meio de nossa cooperativa?" (Folha da Manhão, 12/09/53 citado por de Marco, 1991).

Mas a intenção dos usineiros não era apenas eliminar o efeito da intermediação, senão consolidar um sistema unificado de vendas semelhante a um "cartel". Neste sentido, defendiam-se da acusação de que pretendiam manipular os preços através do monopólio da comercialização: "Não estaremos esquecendo o interesse do nosso consumidor, e interesse do homem de povo, que em última análise é o nosso próprio interesse, produtores que somos? Aos que porventura nos acusarem de estarmos incidindo nesse erro, eu responderia, automaticamente, que não. Só pretendemos o preço justo de nosso produto. Somente queremos acrescentar ao preço de nosso produto a margem do atacadista. Estamos disciplinando, estabilizando o mercado, para maior sossego do consumidor e para maior segurança nossa, sem pretendermos, de forma alguma, limitar a produção para usufruirmos lucros indevidos" (Duvílio Ometto, Jornal Folha da Manhã, 15/09/53, citado por de Marco, 1991).

Em 1959 foi dado um passo importante na centralização das vendas com a unificação das duas cooperativas anteriormente mencionadas para formar a Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool (COPERSUCAR). Além das duas cooperativas regionais, integraram a COPERSUCAR, 8 usinas independentes de São Paulo, uma do Rio de Janeiro e a Refinaria Paulista.

A partir da sua constituição, a COPERSUCAR passou a dominar uma parte muito significativa da produção do Estado, constituindo um verdadeiro cartel: "Se a cartelização da produção significa o estabelecimento de acordo comercial entre empresas e produtores, as quais, embora conservem a autonomia interna, se organizam em entidades a fim de dominar o mercado, determinar preços, podemos afirmar então que a cooperativa, na medida em que exerce tais funções, pode ser considerada um cartel" (de Marco, 1991:85). Mais adiante, a mesma autora acrescenta que a constituição do sistema cooperativo representou a transferência do domínio do mercado dos atacadistas para os usineiros. Neste sentido, a formação das cooperativas é vista como

o resultado da secular luta entre os capitais comercial e produtivo pelos lucros da agroindústria canavieira.

Posteriormente, a COPERSUCAR passou a atuar também no refino, através do controle acionário da Companhia União dos Refinadores, em 1974.

Por outro lado, a COPERSUCAR também teria uma participação direta na defesa dos interesses corporativos dos usineiros paulistas frente às instituições estatais. Neste sentido, Santos (1987) observa que até os anos 50 o IAA detinha o monopólio da intermediação dos interesses dos produtores de açúcar e álcool e plantadores de cana. Posteriormente: "com capital e produção concentrando-se no Centro-Sul, os produtores dessa região fortaleciam seu poder de barganha e suas cooperativas (COPERSUCAR e Cooperativa Fluminense dos Produtores de Açúcar e Álcool-COPERFLU) tornavam-se poderosas. Desta forma, esses produtores puderam prescindir do IAA como *broker* dos seus interesses *vis-a-vis* outros órgãos envolvidos na política do açúcar e do álcool" (Santos, 1987:87). Entretanto, não deve deixar de ser considerado que os produtores do Nordeste têm contado, geralmente, com uma forte representação política diretamante a partir dos governadores e outros representantes dos estados, dado o poder político regional desses empresários e a importância vital da agroindústria canavieira para a economia regional.

Em resumo, pode-se dizer que, no período sob estudo, ocorreu um aumento importante da produção canavieira em São Paulo e um aumento do número de empresas e do seu tamanho. O crescimento do número de empresas foi mais intenso no final dos 40 e inícios dos 50, enquanto o crescimento do tamanho destas empresas ocorreu, de forma mais acentuada, a partir da segunda metade da década de 50.

Portanto, embora o mecanismo de limitação da produção, introduzido em 1933, tenha evitado aumentos vertiginosos, a área plantada com cana, a produção de açúcar e os rendimentos continuaram crescendo (Queda, 1972). Neste sentido, as contradições da ação estatal também se manifestam no fato de que a grande expansão da produção em São Paulo se fez sob o marco de uma política que, paradoxalmente, queria contê-la. Ao não permitir que as regiões concorressem na base do preço e ao procurar manter uma produção regional apesar dos seus maiores custos, o Estado acabou favorecendo a apropriação de uma "renda diferencial" de caráter permanente por parte dos usineiros do Centro-Sul. Essa "renda diferencial" expressou-se numa maior capacidade de acumulação de capital por parte destes empresários, permitindo-lhes uma grande expansão de sua capacidade produtiva[9]. Neste caso, as medidas implementadas, ao mesmo tempo em que foram

---

[9] Esta interpretação está de acordo com a conceituação de Steindl (1952) que destacou a importância da diferenciação da margem de lucro dentro de uma indústria como elemento determinante da capacidade

um freio à "concentração absoluta", por não permitir a eliminação das empresas marginais, acabaram favorecendo a "concentração relativa" naquela região e naquelas empresas que se encontravam na condição mais favorável, ou seja, que tinham os menores custos de produção.

Além disso, o sistema de quotas de produção não significou um verdadeiro limite à expansão paulista, mas funcionou como uma proteção às empresas já estabelecidas, como uma importante "barreira à entrada" no setor. Esta proteção aos grupos empresariais já estabelecidos no caso do setor sucro-alcooleiro foi muito importante, pois a escala mínima de produção e o acesso à tecnologia não se constituem em verdadeiras "barreiras à entrada". Assim, a proteção legal outorgou uma espécie de "reserva de mercado" para o crescimento das empresas já estabelecidas. Além disso, o estabelecimento de uma distância mínima entre as unidades de processamento agroindustrial também representou uma proteção da concorrência e uma reserva de recursos produtivos para o crescimento potencial das empresas já estabelecidas. Estas medidas de limitação da concorrência, unidas à garantia de preços mínimos remuneradores, fizeram com que o investimento privilegiado dos grupos usineiros paulistas fosse a aquisição de novas usinas e o crescimento das já instaladas. Por isso, mesmo que as características técnicas da produção possam ter significado uma limitação à concentração técnica, além da limitação legal, existiu um importante processo de concentração econômica, onde os quatro principais grupos empresariais chegavam a dominar quase 40% da produção do Estado, no período 1966-1971 (Ramos, 1983).

Como conseqüencia dos fenômenos anteriormente apontados, começou a ser consolidado um processo irreversível de transferência da hegemonia da agroindústria canavieira para a região Centro-Sul e, mais especificamente, para o Estado de São Paulo. Ao mesmo tempo, é consolidado o poder dos usineiros e suas associações -onde se destacam as cooperativas- como classe hegemônica dentro do "complexo" canavieiro.

2.3.3 A modernização concentradora (1969-1974)

A partir da segunda metade dos anos 60 ocorreu uma mudança na orientação da política destinada ao setor. Esta mudança se fundamentava na convicção de que o crescimento da

---

de acumulação e crescimento das empresas "progressistas", que são as que têm os menores custos de produção. Assim, o progresso técnico pode ser incorporado como um dos elementos que contribuem para redefinir as estruturas de mercado: "as oportunidades para assegurar vantagens diferenciais de custos não são fixas: estão sempre mudando com o processo de inovação técnica. Há portanto um processo complicado pelo qual a "margem" é em certo sentido o resultado mais do que o ponto de partida da análise" (Steidl, 1952:38).

agroindústria canavieira só poderia ocorrer através das exportações, o que implicava em tornar sua produção mais competitiva no que se refere a custos e rendimentos (Szmrecsányi, 1979).

Esta mudança respondeu, também, à nova correlação de forças dentro do complexo agroindustrial canavieiro: "A partir de 1965 o processo de desenvolvimento e mudança gerou condições propícias para que a formulação de políticas do setor açucareiro passasse para o domínio dos novos grupos sociais, formados durante o período iniciado em 1930, isto é, uma burguesia industrial do açúcar em oposição aos grupos canavieiros tradicionais" (Queda, 1972:24). Na observação deste autor, existe uma clara correlação entre a predominância do capital agroindustrial e as políticas modernizadoras. Assim, a consolidação da hegemonia do capital agroindustrial tendia a superar as contradições da intervenção estatal no setor, que se derivavam, em última instância, do caráter incompleto da transição burguesa. Nas suas palavras: "Estamos agora na presença de uma ação estatal no setor açucareiro que, a nível nacional, parece indicar o fim daquela política de contradições e incongruências. Tem início uma fase onde o controle das ações governamentais é marcado pela participação dominante da burguesia industrial do açúcar em franca oposição ao setor tradicional da economia açucareira nordestina (Queda, 1972:25). Vemos então que, além do predomínio do capital agroindustrial na figura do usineiro, temos ao mesmo tempo, a consolidação do maior poder relativo dos usineiros paulistas. Como expressa o autor anteriormente mencionado: "Em síntese, essas mudanças parecem indicar que, na estrutura de poder, no que diz respeito à economia açucareira, o domínio passou para os usineiros do Centro-Sul" (Queda, 1972: 24).

O poder dos usineiros paulistas, e de suas organizações para obter políticas favoráveis a seus interesses, parece ter aumentado significativamente no período em questão: "Embora seja quase impossível provar afirmações quanto às pressões dos grupos de interesse, parece não haver dúvidas de que grande parte das alterações havidas na legislação do complexo canavieiro que ocorreram depois do advento do segundo governo militar resultaram do *lobby* dos usineiros paulistas, que assumiram uma posição hegemônica no interior do complexo no contexto nacional. A maior expressão dessa hegemonia passou a ser a COPERSUCAR, verdadeiro cartel constituído para a comercialização e divulgação da produção regional, e que ganhou notoriedade exatamente naquele período" (Ramos, 1991:196).

O primeiro indicador desta fase, que Queda denominou de "tecnológica", foi a promulgação da Lei N°.4870, de 1/12/65. Esta Lei instituiu o pagamento da cana do fornecedor de acordo com a qualidade desta matéria-prima, isto é, de acordo com seu teor de sacarose. Além disso, foi criado o "Fundo Especial de Exportações", que seria dedicado a promover a modernização do setor.

Mas a verdadeira consolidação da política de modernização só ocorreria a partir de 1969. No ano anterior, começou a ser implementada uma política de fomento às exportações como elemento central da estratégia de desenvolvimento para o país. No caso do setor em questão, esta orientação viria reforçar a estratégia seguida desde a década de 50[10]. Para que a política exportadora se tornasse possível, era necessário que existisse uma demanda crescente no mercado internacional do produto e uma oferta suficiente em quantidade e qualidade a custos competitivos (Szmrecsáyi, 1979). A demanda foi criada pelas condições extremamente favoráveis no mercado externo durante o período 1969-1974. Por outro lado, as principais medidas para promover a modernização setorial foram a criação do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR) e do Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, ambos em 1971.

A criação do PLANALSUCAR significou uma maior participação do IAA nas atividades de pesquisa tecnológica que, mesmo sendo uma atribuição do Instituto desde muito tempo atrás, até então não tinha sido consolidada. Neste sentido, Szmrecsányi observa que: "a assistência técnica do Instituto à lavoura canavieira, apesar de existente no papel desde o início da década de 1950, só passou a ter certa expressão quase vinte anos depois. Aparentemente essa demora se deveu à inércia burocrática da cúpula administrativa do IAA. Mas, no fundo, ela era uma decorrência da estrutura do subsetor durante o referido período" (Szmrecsáyi, 1979:291).

Já em 1969 foi criado o Laboratório Agroindustrial de Piracicaba e a Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Araras, ambos no Estado de São Paulo. Esta última tinha por objetivo a criação de novas variedades de cana-de-açúcar e a pesquisa nas áreas de mecanização agrícola, irrigação, uso de herbicidas, adubação, etc. A idéia preconizada pelos técnicos do IAA era que as atividades de pesquisa aplicada deveriam ser atribuídas a "organismos maleáveis e de livre trânsito entre a produção, a técnica e a ciência", deixando apenas as atividades de pesquisa básica para os Institutos e Universidades (Szmrecsáyi, 1979). Segundo o mesmo autor, na criação do PLANALSUCAR estes técnicos tiveram uma importante participação, destacando-se a presença do Eng. G. M. Azzi.

O Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira estabeleceu estímulos para a fusão, incorporação e relocalização das usinas. Também houve créditos para a modernização da atividade agrícola e para a concentração da quota de fornecimento de cana. Além disso, o critério

---

[10] A participação das exportações na produção global aumentou significativamente nesse período: na safra 51/52 as exportações representavam 2,8% da produção; dez anos depois, na safra 61/62, significaram 14,1%, e na safra 71/72, a participação se ampliou para 48,9% (Szmrecsányi, 1979).

de revisão de quotas passaria a considerar os rendimentos industriais das unidades produtivas com relação à média regional, assim os aumentos de quota oferecidos às empresas mais eficientes seriam concedidos em detrimento das unidades menos eficientes (Szmrecsányi, 1979).

As medidas implementadas estavam destinadas a fortalecer as empresas mais dinâmicas. Procurava-se alcançar uma redução de custos através das economias de escala derivadas da concentração empresarial.

Entretanto, é importante destacar que boa parte das unidades que se fundiram durante o Programa já eram propriedade dos grupos incorporadores, isto é, as medidas procuravam eliminar os obstáculos à concentração técnica derivados da legislação açucareira, para completar um processo de concentração econômica que já tinha ocorrido no período anterior (Ramos, 1983).

A partir da vigência do Acordo Internacional do Açúcar em 1969, os preços no mercado externo começaram a subir e as exportações do produto passaram a ser mais significativas. Em 1974, o crescimento do valor das exportações chegou a transformar o açúcar no principal produto na pauta de exportações do país. O incremento do valor das exportações é um elemento central para explicar o alcance das medidas modernizadoras, pois tanto o Programa de Racionalização como o *Programa de Melhoramento* foram financiados por recursos advindos do Fundo Especial de Exportação[11]. Tratava-se de reverter os recursos derivados da exportação para a modernização da agroindústria canavieira. Estes recursos eram oferecidos às empresas do setor em condições extremamente favoráveis: ausência de correção monetária, juros baixos e prazos de 12 a 15 anos.

O resultado dos planos de Racionalização, ao lado do estímulo representado pela situação favorável do mercado externo, foi o aumento da produção em 31%, da safra 70/71 até a safra 74/75. Por outro lado, no mesmo período, ocorreu uma diminuição de 17% no número de usinas em funcionamento (Moreira, 1989), apontando um período claramente concentracionista.

Em 1974, com a expiração do Acordo Internacional do Açúcar e o aumento da participação dos adoçantes no mercado, o preço do produto no mercado internacional despencou: o açúcar demerara, que alcançou um preço FOB de US$ 1.388,56 por TM em novembro de 1974, caiu para US$ 336,12 em maio de 1975 (Szmrecsányi, 1979).

Com este fechamento das boas perspectivas do mercado internacional e com a expansão da capacidade instalada no período anterior, a agroindústria canavieira teve que enfrentar, novamente,

---

[11] O Fundo já havia sido instituído em 1965, porém não chegou a apresentar saldos positivos senão até fins de 1968 (Carmo, 1975 citado por Szmrecsányi, 1979).

uma crise de superprodução, cuja solução seria a orientação para a produção de álcool para o mercado interno a partir do advento do PROÁLCOOL, em 1975.

2.4 A Agroindústria Sucro-Alcooleira em São Paulo (197 até nossos dias)

Os interesses consolidados do capital agroindustrial canavieiro, conseguem, mais uma vez em articulação com o Estado, reorganizar a ênfase de sua produção, que, sem abandonar a participação na cesta básica de consumo do mercado interno, passa a dedicar-se principalmente ao álcool. Con isso, cria-se um nexo com a expansão do setor automovilístico, e uma inserção na matriz energética nacional, que traz novos atores a participarem do setor. Essa mudança, e os novos padrões de operação do setor são analisados nos dois próximos itens.

2.4.1 A Expansão do PROÁLCOOL (1975-1985)

A partir da queda dos preços do açúcar em 1974, a agroindústria canavieira passou a trabalhar com capacidade ociosa. A produção de álcool foi buscada então pelos produtores locais, uma vez mais como uma estratégia para escoar os excedentes de produção. Entretanto, desta vez, a produção de álcool tomaria uma nova dimensão, como conseqüencia da coincidência do 1° "choque" do petróleo em 1973. Nesse ano, o preço do barril de petróleo no mercado internacional se elevou de US$ 3 para cerca de US$ 12. Este "choque" trouxe sérios problemas para o balanço de pagamentos, dada a significativa participação do petróleo nas importações do país.

A partir da busca de novas alternativas energéticas e da pressão dos grupos vinculados à agroindústria canavieira, para que esta matéria-prima fosse escolhida como a fonte energética alternativa dentro do conjunto de possibilidades técnicas que estavam sendo estudadas, formulou-se em 1975 o Programa Nacional do Álcool-PNA, também conhecido como PROÁLCOOL.

Pelo PROÁLCOOL caberia ao setor privado a produção do álcool e à Petrobrás o controle sobre a comercialização do produto. Para promover a produção de álcool foram utilizados três instrumentos. Em primeiro lugar, o estabelecimento de preços remuneradores através da existência de uma paridade com o preço do açúcar. Em segundo lugar, empréstimos para investimentos oferecidos em condições extremamente favoráveis[12]. Além disso, estava garantida a compra do

---

[12] As condições iniciais eram: prazos de 12 anos de amortização com 3 de carência; o financiamento incluía 80 a 90% do valor do investimento e juros de 15% para os produtores do Norte-Nordeste e 17% para os do Centro-Sul na área industrial; e na área agrícola 100% do investimento e juros de 7% ao ano (que correspondiam à metade da taxa do crédito rural), sem correção monetária.

produto por parte da Petrobrás. Pelo lado da demanda, também foram estabelecidas algumas medidas para incrementar o consumo de álcool combustível. Entre estas medidas se destacam a mistura obrigatória à gasolina, como principal utilização do álcool nesta fase inicial.

Em 1979, ocorreu um segundo "choque" do petróleo, onde o preço do barril se elevou de US$ 12 para US$ 34. Isto levou a aprofundar o Programa através do lançamento de sua Segunda Fase. Até então, o álcool produzido era, na sua maior parte, anidro para ser adicionado à gasolina. A partir da Segunda Fase, passou-se a enfatizar a produção de álcool hidratado para ser utilizado como único combustível. Por outro lado, chegou-se a um acordo com a indústria automobilística, que se comprometeu a realizar as modificações necessárias para a transformação do motor a gasolina para sua utilização com álcool e passou também a produzir carros movidos exclusivamente a álcool em larga escala. Isto representou uma significativa expansão para o mercado do álcool. A meta estabelecida era a produção de 10,7 bilhões de litros de álcool para 1985 (Moreira, 1989).

A resposta a estes estímulos foi um rápido crescimento da área plantada com cana, que passou de 619 mil hectares em 1975 para 2 milhões em 1985, em São Paulo. Em nível nacional, a expansão foi de quase 2 milhões para cerca de 4 milhões de hectares em 1985. A produção de álcool combustível foi a grande responsável por esta expansão: de 544 milhões de litros em 1975/76 passou para 11 bilhões de litros em 1985/86 -segundo estatísticas do IAA-, superando a meta estabelecida para esse ano.

Este crescimento permitiu não só a plena utilização da capacidade de esmagamento instalada no período 71-74, como também a ampliação dessa capacidade. Desta forma, o álcool transformou-se em "carro chefe" do complexo e garantiu a continuidade do crescimento da agroindústria canavieira, ameaçada por uma crise de realização no mercado externo.

O crescimento da produção concentrou-se em São Paulo, que passou a produzir 65% da produção nacional de álcool, reforçando desta forma o poder dos tradicionais grupos usineiros paulistas. Até 1979, a maior parte da produção de álcool se concentrava nas destilarias anexas às usinas de açúcar, sendo geralmente este último o principal produto. A partir desse momento, foi estimulada a instalação das denominadas destilarias "autônomas". O aumento destas empresas, na maioria das vezes de dimensões menores que as grandes usinas de açúcar e álcool já existentes, representou uma fase de desconcentração na agroindústria canavieira paulista (Moreira, 1989). Todavia, a participação das destilarias autônomas chegou a alcançar só 30% da produção na safra 1984/85, sendo as maiores beneficiárias da expansão as destilarias anexas às grandes usinas. Assim, enquanto a escala média da agroindústria sucro-alcooleira paulista praticamente dobrou durante o

PROÁLCOOL, as oito maiores empresas desse Estado tiveram um crescimento da escala média de 168% (Moreira, 1989).

Na Primeira Fase do Proálcool (1975-1979) foram investidos US$ 1.2 bilhões, tendo sido aprovados 208 projetos para a instalação e expansão de destilarias de álcool em todo o país. Já na Segunda Fase (1980-1985), o investimento alcançou a US$ 5,5 bilhões num total de 329 projetos (Cavalcanti, 1992). Destes recursos, a maior parte foi subsidiada pelo governo. Segundo cálculos feitos até 1980, os subsídios correspondiam a até 55% dos investimentos realizados na região Norte-Nordeste e até 44% na região Centro-Sul (CNPq, 1980). De acordo com estes indicadores, os recursos subsidiados seriam mais significativos do que os recursos próprios investidos.

Numa avaliação do Proálcool feita pelo CNPq em 1980, conclui-se que foi possível alcançar as metas de produção previstas, porém, os outros objetivos estabelecidos quando da formulação do Programa -diminuição dos desequilíbrios regionais, fixação do homem no campo, diminuição do desemprego rural e distribuição da renda- não só não foram alcançados, como parecem ter sido agravados durante o período do PROÁLCOOL. Na busca de uma explicação para este aparente paradoxo o estudo mencionado aponta que: "Em grande parte isto se deve ao fato de o Programa ter se baseado, quase que exclusivamente, no reforço da capacidade instalada da agroindústria canavieira, espelhando, de certo modo, as distorções já patentes neste setor" (CNPq, 1980:34).

2.4.2 Uma nova conjuntura (a partir de 1985)

O Proálcool foi projetado como um investimento rentável caso o combustível da cana tivesse que concorrer com a gasolina, retirada de barris de petróleo vendidos ao preço de pelo menos US$ 40 (Cavalcanti, 1992). Entretanto, a manutenção de preços relativamente baixos para o petróleo -da ordem de US$ 13/barril-, desacreditando as previsões alarmistas[13], levou a questionar a viabilidade do Proálcool.

Em 1979, o custo real de um barril de álcool era de US$ 45 (Cavalcanti, 1992), tendo alcançado, segundo as avaliações mais otimistas, para a safra 1989/90, um custo de US$ 35,18 (Borges & Campos, 1990). Teria havido, então, uma redução importante do custo de produção do combustível como resultado do aumento de produtividade. Entretanto, como o barril de gasolina

[13] Em 1975, um estudo do Banco Mundial indicava que o barril de petróleo poderia vir a custar US$ 40 (Cavalcanti, 1992).

manteve um preço aproximado de US$ 24,18 para 1990, a fonte energética alternativa mostrava-se economicamente pouco viável[14].

A partir da safra 1984/85 houve um corte nos créditos subsidiados oferecidos ao setor, que também acompanhou a crise financeira do Estado brasileiro. Isto representou o fim dos grandes investimentos na expansão da capacidade instalada no setor.

Por outro lado, como o preço do álcool encontrava-se atrelado ao preço da gasolina, o declínio acentuado no preço do petróleo trouxe uma queda acentuada no preço do álcool. Além disso, dados os problemas inflacionários que o país enfrentou, houve uma contenção dos aumentos dos preços dos combustíveis que afetaram a produção de álcool. Assim, entre junho de 1983 e junho de 1989, os preços do álcool hidratado pagos ao produtor passaram de Cr$ 23,76/litro, para Cr$ 16,87/litro (em Cr$ de 1990), ou seja, uma queda de 29% (Cavalcanti, 1992).

A redução relativa do preço do álcool e, conseqüentemente do preço pago pela matéria prima, refletiu-se numa crise no abastecimento de cana para o processamento agroindustrial. Isto se deveu à falta de investimento na renovação das plantações e ao afastamento de muitos fornecedores da lavoura, pois estes últimos, têm maior flexibilidade para usar seus recursos produtivos, e podem responder mais rapidamente a variações de preço do produto. Além disso, até 1985, havia uma linha especial de crédito para custeio da produção de cana, que nesse ano foi eliminada, passando esta lavoura a estar incluída nos recursos gerais do crédito rural, que também foram bastante reduzidos (Alves, 1991). Nesse contexto, os pequenos e médios fornecedores que têm, em geral, custos unitérios de produção maiores do que os da cana das usinas, não puderam absorver da mesma forma que estas a queda acentuada da rentabilidade[15].

Como conseqüencia dos problemas mencionados, ocorreu o paradoxo de existir, ao mesmo tempo, capacidade ociosa no setor industrial (que tem uma capacidade instalada de cerca da 16 bilhões de litros) e crise no abastecimento de álcool pela falta de matéria-prima. Assim, a produção ficou muito aquém desta capacidade, não alcançando os 12 bilhões de litros. Para uma plena utilização dessa capacidade instalada teria sido necessário ampliar a área plantada com cana em 800 mil hectares (Alves, 1991).

---

[14] Existem estimativas de que com os ganhos de produtividade alcançados, caso o preço do petróleo tivesse se mantido no patamar de 1980-81, o álcool seria competitivo com a gasolina (Moreira & Goldemberg, 1989).

[15] Foi observado um aumento no grau de integração vertical da atividade agrícola. Embora em muitos casos o fornecedor continua produzindo, algumas fases do processo produtivo (colheita, transporte, etc) passaram a ser realizadas com a assistência das usinas, num sistema de prestação de serviços que implica maior dependência do fornecedor com relação à usina.

Assim, o aumento da demanda pelo álcool combustível e a estagnação de sua produção provocaram desequilíbrios no abastecimento, havendo necessidade de se importar este produto nos anos 1989 e 1990. Também foi reduzida a percentagem de álcool anidro misturado à gasolina e acrescentado metanol como forma de equacionar a crise do álcool.

Além da queda da margem de lucro pela contenção dos preços, os produtores de álcool enfrentaram conflitos com a Petrobrás. Esta empresa teve altos custos pela manutenção de grandes estoques de álcool, adotando a estratégia de retirada lenta do produto das empresas do setor, transferindo para elas o custo de estocagem. Por outro lado, a Petrobrás teve que enfrentar prejuízos pela produção de álcool[16]. Segundo Alfeu Valença, presidente da empresa petroleira, de 1984 a 1991, os prejuízos da Petrobrás com a "conta álcool" alcançaram US$ 930 milhões (Folha de São Paulo, 26/06/91).

A diminuição da margem de lucro deve ter afetado também, mais fortemente, as destilarias e usinas marginais do setor. Ainda não existem indicadores consolidados sobre a reestruturação que a crise provocou na indústria sucro-alcooleira nacional, mas, segundo estimativas de entidades ligadas ao setor, haveriam fechado 65 empresas (aproximadamente 18% das empresas existentes). É provável que tenha acontecido uma nova concentração, depois dos primeiros anos do PROÁLCOOL onde ocorreu uma desconcentração.

Como já se demostrou até aqui, as perspectivas do mercado do álcool estão fortemente condicionadas pela formulação de políticas públicas. Aproximadamente 92% do álcool produzido é utilizado como combustível, 74% na forma de álcool hidratado e 18% anidro. A indústria química consome apenas 4% do álcool produzido.

Outras alternativas, como a alcoolquímica não são muito alentadoras, dado o menor preço relativo dos derivados do petróleo como matéria-prima para esta indústria. Por outro lado, a exportação representa menos de 1% do álcool total produzido pelo país. Existiria a possibilidade de ampliar esta taxa de exportação, caso alguns países decidissem substituir o aditivo chumbo tetraetila por álcool para reduzir os níveis de poluição. Esta política já está sendo implementada por países como EUA, Canadá, Alemanha e França (COPERSUCAR, 1990). Entretanto, a maior parte desses países tem optado por favorecer sua própria produção de álcool, como no caso dos EUA que subsidia a produção de álcool a partir dos excedentes de milho. Neste sentido, observam-se

---

[16] A perda de mercado para a gasolina criou excedentes deste produto, cuja oferta está definida pela rigidez do perfil do refino, ou seja, para atender às necessidades de óleo Diesel foi necessário refinar petróleo, criando um excedente estrutural de gasolina que teve de ser exportado a preços não remuneradores. Como a venda de gasolina tem a função de subsidiar outros sub-produtos, esta situação trouxe graves prejuízos para o desempenho financeiro da empresa.

significativos investimentos em P&D na área de novas tecnologias de produção de álcool nos países centrais, tendo sido alcançados importantes resultados.

Uma vez que o setor tinha um elevado índice de endividamento, pelos empréstimos adquiridos no período anterior, a queda da rentabilidade trouxe uma situação financeira delicada para várias empresas. A evolução dos indicadores de rentabilidade e endividamento geral aparecem na Tabela 1.

Tabela 1 - Rentabilidade e endividamento geral da indústria sucro-alcooleira, período 1987-1990

	Açúcar e Álcool		Média setor Alimentos	
Ano	**Rent.(%)**	**Endiv.(%)**	**Rent.(%)**	**Endiv.(%)**
1987	- 7,1	46,6	4,5	40,3
1988	- 5,7	42,9	9,1	34,5
1989	- 9,9	43,8	6,9	33,7

Fonte: Balanço Anual, 1988, 1989 e 1990

Merece ser destacada a estratégia de pressão política encaminhada pelos usineiros desde 1990 e que resultou na concessão de condições de refinanciamento das dívidas extremamente vantajosas para esse setor. Assim, a dívida dos usineiros, estimada em aproximadamente US$ 1,5 bilhão (pelo câmbio comercial), foi refinanciada com prazos de até 15 anos e juros anuais de 12%. Em documento reservado do Banco do Brasil se expressa que os usineiros dispuseram de um tratamento privilegiado frente às repartições públicas de Brasília, por causa do seu "grande poder de representação e mobilização política" (Folha de São Paulo, 30/03/91).

Outras modificações importantes que ocorreram no período dizem respeito à desativação do IAA em inícios de 1990, que também levou à extinção do PLANALSUCAR. Entretanto, a extinção do principal órgão de planejamento da lavoura não significou uma diminuição da intervenção estatal, uma vez que, por exemplo, as quotas de produção continuaram sendo fixadas, agora pela Secretaria do Desenvolvimento Regional, ligada diretamente à Presidência da República.

Por outro lado, em 1989, foram privatizadas as exportações de açúcar, antes atribuição exclusiva do IAA. Agora corresponde às empresas a exportação, desde que sejam satisfeitas as necessidades do abastecimento interno de açúcar e álcool.

Simultaneamente à crise de rentabilidade do álcool, a partir de 1988 o mercado internacional do açúcar teve uma evolução relativamente favorável. Ocorreu um crescimento maior do consumo do que da oferta, o que provocou uma diminuição dos estoques e um aumento do preço do produto. Esta expansão do consumo se deveu, principalmente, ao aumento das importações da China, URSS e países do sudeste asiático (Jank, 1989). Esta conjuntura favorável foi aproveitada por algumas

empresas do setor como, por exemplo, a COPERSUCAR, que tem exportado açúcar, mesmo às custas de importar álcool para satisfazer os compromissos assumidos num período de restrição da produção.

Apesar da conjuntura favorável, as perspectivas do mercado do açúcar no longo prazo não são muito alentadoras, como conseqüencia da crescente concorrência de outros adoçantes (naturais e artificiais). Como resultado do rápido desenvolvimento da bioquímica após a 2a. Guerra Mundial, iniciou-se nos EUA a aplicação de processos enzimáticos para a obtenção de xaropes de alto conteúdo de frutose (HFCS). Os rápidos avanços tecnológicos ocorridos no processo de obtenção dos xaropes permitiram a redução do custo destes produtos até torná-los competitivos com o açúcar de sacarose. Conseqüentemente, começou um processo de substituição que já está tendo um forte impacto no mercado dos países centrais. Assim, por exemplo, nos EUA, o consumo de açúcar caiu de 9,3 milhões de ton. em 1978, para 6,1 milhões de ton. em 1982, enquanto o consumo de HFCS aumentou de 1,5 a 4,5 milhões de ton. no mesmo período (Velho, 1985). A preocupação com a concorrência dos adoçantes tem orientado as atividades de P&D dos grandes grupos açucareiros multinacionais. Frente à ruptura tecnológica, os grandes grupos têm procurado se associar com empresas que têm um forte "savoir faire" em biotecnologia, como, por exemplo, a Sudzucker + Tate & Lyle + Mitsui, e a Béghin Say (Ferruzzi) + Meiji Seika. Além disso, a indústria química tem investido fortemente na produção de novos adoçantes sintéticos: aspartame (Monsanto), sorbitol (Roquette Fréres), etc. (Gonnard et al., 1990). Assim, tanto pela estratégia "defensiva" dos grandes grupos açucareiros como pela estratégia "ofensiva" da indústria química, têm se reforçado os investimentos em P&D na área de adoçantes alternativos, desencadeando um processo de substituição praticamente irreversível.

Entretanto, o mercado internacional apresenta boas perspectivas de curto e médio prazo, desde que se produza com eficiência (alta produtividade e baixos custos) de forma a manter a rentabilidade, apesar dos preços internacionais relativamente baixos e altos índices de protecionismo praticados pelos países centrais (Jank, 1989).

Com relação ao mercado interno do açúcar, pode-se dizer que o consumo teve um escasso crescimento nos últimos anos: de 4,8 milhões de toneladas em 1976/77 para 6,4 milhões em 1989/90. Apesar do açúcar ser um bem com uma baixa elasticidade-renda da demanda, dados os muito baixos níveis de renda de uma boa parcela da população, poderia ser esperado um significativo aumento no consumo no caso de uma elevação no nível de renda. Este fenômeno foi observado, por exemplo, no Plano Cruzado (safra 86/87).

Um último elemento que nos interessa destacar com relação à perspectiva dos mercados, está referido à integração do setor nos acordos do Mercosul. Existem estimativas de que os custos da produção açucareira no Brasil seriam bem menores dos existentes nos outros três países que integram o mercado regional. Assim, a produção açucareira poderia se expandir procurando ocupar esses mercados. Entretanto, dado o efeito desestruturador que esta concorrência traria para a economia desses países, foi proposto, em agosto de 1992, pelos empresários da agroindústria canavieira dos países envolvidos, um acordo pelo qual os empresários brasileiros se comprometeriam a não concorrer no mercado do açúcar, desde que, em troca, seja aberto o mercado do álcool nesses países. Isto se realizaria através da adição de 20% de álcool anidro à gasolina comercializada pelos outros três países. As possibilidades de implementar um acordo deste tipo são ainda incertas, mas caso se concretizem, beneficiariam claramente os empresários paulistas, pois nesse estado encontra-se localizada a maior capacidade industrial instalada para a produção de álcool no país. Por outro lado, cabe destacar que, entre os pontos negociados no acordo, encontra-se a transferência de tecnologia do Brasil, para permitir a esses países uma maior competitividade no setor açucareiro.

Neste capítulo, relatamos o processo que levou à tranferência do centro dinâmico da agroindústria canavieira da região Nordeste para o Centro-Sul. Por outro lado, relatamos a transferência do domínio do capital mercantil para o capital agroindustrial sobre as condições de realização do lucro, e o maior controle que este último passou a ter sobre os mercados a partir da consolidação do sistema cooperativo e, principalmente, da constituição da COPERSUCAR como verdadeiro "cartel" de comercialização.

Vimos como a produção açucareira surgiu orientada para um mercado externo regido por acordos coloniais e, num período posterior, neo-coloniais, que representaram um claro domínio do capital estrangeiro de caráter mercantil sobre a organização da produção e apropriação dos benefícios da atividade açucareira. No entanto, já a partir da segunda metade do século XVII, a produção brasileira começou a ser marginalizada dos principais mercados compradores.

Posteriormente, já no século XX, embora a transferência do centro dinâmico do mercado externo para o mercado interno possa ter significado para os produtores açucareiros nordestinos um maior domínio sobre as condições de realização do seu produto -fenômeno reforçado pela intervenção estatal na defesa dos preços do produto- este domínio estaria limitado pelo poder dos grandes comerciantes-refinadores (agora de caráter nacional) e pela concorrência da nova região produtora no Centro-Sul. Ao mesmo tempo, na região nordeste deviam se enfrentar conflitos de

classe no interior do setor, dada a forte presença dos fornecedores, antes senhores de engenho e grandes proprietários fundiários.

Em seguida, o espetacular crescimento que teve a agroindústria canavieira em São Paulo e a concentração de boa parte da produção nas mãos de uns poucos grupos econômicos, reforçariam o poder relativo destes empresários paulistas. Ao mesmo tempo, a forte integração vertical, tanto "para trás"[17] (produção agrícola) como "para frente" (comercialização e refino), significaria um claro predomínio da classe dos usineiros sobre os outros setores sociais que compõem a economia canavieiria. Este domínio seria consolidado a partir da criação do sistema COPERSUCAR, que significou um crescente controle sobre a realização do produto final no mercado e sobre a apropriação dos lucros derivados da atividade produtiva.

Concluindo, a integração vertical "para trás" e "para frente", o domínio sobre as condições de organização do processo produtivo e o acesso privilegiado à formulação de políticas são elementos que favoreceram a apropriação dos benefícios derivados do progresso técnico por parte dos usineiros filiados à COPERSUCAR e, em última instância, explicam seu interesse no desenvolvimento tecnológico.

---

[17] Existem estimativas de representantes da empresa de que a cana produzida por fornecedores representa apenas cerca de 1/3 do total de cana processada.

3. A CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA RECENTE E O PAPEL DA COPERSUCAR

O estudo do Centro de Tecnologia Copersucar permite a análise das várias possibilidades de inovação no setor sucro-alcooleiro, bem como explicita os vários agentes sociais dela participantes. É a partir dele que se passa agora a desenvolver nossa análise. Inicialmente, apontam-se alguns elementos que, do nosso ponto de vista, são decisivos para entender porque a COPERSUCAR internalizou as atividades de P&D.

3.1 AS RAZÕES DO INVESTIMENTO DA COPERSUCAR EM P&D

A partir da análise do capítulo anterior, fica caracterizada uma situação onde as relações de produção predominantes e a inserção da COPERSUCAR nessas relações favoreceram a apropriação dos benefícios derivados da mudança técnica por parte deste grupo empresarial e, portanto, condicionaram seu interesse na modernização tecnológica.

No entanto, poder-se-ia perguntar porque os produtores decidiram investir diretamente em pesquisa privada e não demandaram a geração de tecnologia de acordo com seus interesses, máxime quando estes produtores tinham um acesso privilegiado ao Estado. A explicação deste fenômeno deve considerar que não se trata de um caso isolado, senão que existem experiências semelhantes em outros países da América Latina. Na análise da modernização agropecuária, os autores do PROTAAL destacam dois tipos de "articulação" social:

> "*Os estudos de caso apresentados neste volume ilustram uma possível tipologia que caracteriza dois tipos principais de processos de mudança técnica. Um deles se assemelha ao paradigma do desenvolvimento agropecuário dos países centrais, em especial do meio-oeste dos Estados Unidos, amplamente estudado por Owen, Cochrane, Ruttan e outros. Neste caso, o processo inovativo foi inicialmente impulsionado por setores sociais não agrários, que procuravam resolver problemas vinculados ao processo de acumulação não agrário. Por este motivo, estes processos podem se considerados como característicos de um desenvolvimento agrário subordinado aos interesses e necessidades do desenvolvimento urbano-industrial. Neste sentido, ilustram processos de desenvolvimento econômico sob condições de articulação global do capital, que resultam num sistema institucional e político capaz de mediar as necessidades e interesses dos diferentes setores sociais de maneira funcional para o desenvolvimento de uma economia capitalista.*
> *O segundo tipo de processo de mudança técnica resulta de iniciativas agrárias onde*

UNICAMP

> *setores específicos, vinculados à produção agrária, e ao amparo de certas condições de contexto, tiveram a capacidade política para incidir sobre as políticas públicas de caráter setorial e, dessa forma, definir um contexto econômico apropriado para sua expansão econômica. Estes processos, embora também estivessem presentes noutras partes do mundo, especialmente nos Estados Unidos nas últimas décadas, em produções tais como o tomate na California, parecem ser característicos do tipo de desenvolvimento agropecuário prevalecente na América Latina*" (Piñeiro et al., 1983:550, tradução da autora).

Estes autores observam, de acordo com vários estudos de caso realizados, que esse segundo tipo de experiência modernizadora só foi possível nos casos em que existia uma certa homogeneidade das unidades produtoras (que determinam a coincidência nas características qualitativas da tecnologia demandada) e a concentração regional da produção (que facilita a organização corporativa). Neste estudo, são citados os casos da Federação dos Cafeicultores (FEDECAFE) dos rizicultores (FEDEARROZ) e a Associação nacional dos Produtores de Cana-de-Açucar (ASOCANA) na Colômbia, onde os produtores têm participado ativamente na geração de tecnologia, seja pelo gerenciamento de fundos públicos ou pelo investimento de recursos próprios. O caso da COPERSUCAR encaixa-se claramente neste segundo tipo.

No Brasil, a partir da década de 70, foi implementada uma política de modernização agrícola global que mais se assemelha ao primeiro tipo. Esta política esteve caracterizada pela utilização do crédito rural subsidiado, estímulo ao desenvolvimento das indústrias produtoras de insumos agrícolas, expansão do sistema de assisténcia técnica e reorganização do antigo DNPEA, com a constituição de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária através da criação da EMBRAPA, em 1973. Mas mesmo com a criação deste sistema, importantes lavouras de exportação como café, açúcar e cacau foram excluídas.

No caso de São Paulo, até a década de 60, a principal instituição pública dedicada à pesquisa na agricultura canavieira era o Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Entretanto, esta instituição devia atender também a outras lavouras que se desenvolviam no Estado. Além disso, a partir de 1963, o IAC entra em crise orçamentária, perdendo entre esse ano e 1967, 30% dos seus técnicos (Albuquerque et al., 1986).

No entanto, já em 1971, destaca-se a presença de uma instituição pública especialmente criada para a pesquisa relacionada à agroindústria canavieira: o PLANALSUCAR. Neste sentido, poderíamos perguntar porque a estratégia da COPERSUCAR foi manter as atividades de P&D "*in house*" e não dirigir suas demandas à instituição pública criada que, além disso, era financiada por recursos provenientes do setor produtor, através do Fundo Especial de Exportações. A resposta a esta questão exigiria um estudo mais aprofundado, mas aqui vamos apenas apontar um elemento

que, do nosso ponto de vista, é importante para explicar a convivência das duas instituições. Trata-se do papel da tecnologia na concorrência oligopólica e, especificamente, na concorrência interregional.

Nesse sentido, enquanto o PLANALSUCAR devia atender a todas as regiões canavieiras, dando possivelmente ênfase à região Nordeste, dado o acesso privilegiado dos produtores dessa região à estrutura do IAA, o CTC responderia diretamente aos interesses específicos dos usineiros paulistas. A convergência de interesses entre a COPERSUCAR e a produção paulista está definida pelo fato de que quando esta Cooperativa foi criada coincidia praticamente com os limites do Estado (a COPERSUCAR estava integrada por mais de 90 usinas, que eram a quase totalidade das existentes no Estado nesse momento). Nesse sentido, a hipótese defendida é que: "a COPERSUCAR procurou desenvolver seu próprio Centro de Tecnologia para São Paulo, na medida em que percebeu que o PLANALSUCAR não iria favorecer diretamente os usineiros de São Paulo" (Belik, 1985:111).

Portanto, o objetivo da criação do centro de tecnologia era também reforçar a superioridade técnica e econômica da produção paulista frente a sua concorrente nordestina. Uma concorrência apenas esboçada no plano político-institucional, pois estrategicamente se evitava provocar fissuras na unidade da classe empresarial -dado que os empresários do Centro-Sul se beneficiam também pela proteção outorgada-, em parte, graças ao poder político dos setores dominantes na economia açucareira nordestina.

No setor em questão, a concorrência via preços não é possível, pois os mesmos são fixados administrativamente. No entanto, é possível trabalhar "por dentro dos preços", isto é, uma vez que o preço está fixado é factível ampliar a margem de lucro pela redução do custo de produção. Nesse sentido, como vimos, historicamente, a concorrência favoreceu a região Centro-Sul e mais especificamente ao Estado de São Paulo. Além da localização e da existência de uma série de "economias externas", os menores custos da produção paulista se explicam pela sua maior dinâmica tecnológica. Os menores custos de produção e, conseqüentemente, as maiores margens de lucro, foram responsáveis por uma maior capacidade de acumulação de capital que, unida à expansão do mercado, explicam o maior crescimento da agroindústria canavieira paulista frente a sua principal concorrente. Neste sentido, podemos concluir que existiu concorrência e concentração no setor, apesar do limite a este processo que poderia ter significado a política de fixação de preços e quotas de produção ou, paradoxalmente, graças a essa política.

Estes fatores poderiam ser denominados condicionantes estruturais da internalização da P&D no setor agroindustrial.

Mas existem também outros elementos importante que poderíamos caracterizar como condicionantes conjunturais. Em tal sentido, merecem ser citadas as perspectivas favoráveis à expansão representadas pelas condições do mercado internacional a partir de 1969, num período onde o auge das exportações trouxe para o setor um volume muito importante de recursos disponíveis para investimentos. Logo depois, embora a crise do mercado externo, pós 1974, possa ter revertido essas expectativas, o advento do Proálcool no ano subseqüente, reforçou o ingresso maciço de recursos para o setor e a alta rentabilidade da atividade. Além disso, a produção do álcool trouxe também certos desafios tecnológicos. Assim, um período de vertiginoso crescimento da produção, crédito abundante e subsidiado e altas taxas de rentabilidade proporcionaram uma acumulação que facilitou a decisão do investimento privado em P&D.

Por último, vamos analisar o papel do tamanho empresarial na internalização da P&D e a importância de um arranjo do tipo cooperativo para realizar esta atividade. Com relação ao primeiro ponto, podemos dizer que a COPERSUCAR tem o porte de uma grande empresa. Neste sentido, mesmo que o investimento em P&D seja significativo (US$ 20 milhões), isto representa 1,7% do faturamento da cooperativa[18]. Assim, seu grande tamanho permitiu-lhe alcançar a escala mínima necessária para montar um centro de P&D, mesmo com um esforço relativamente modesto de cada empresa cooperada.

Por outro lado, destaca-se a importância do arranjo institucional cooperativo para viabilizar as atividades de P&D. As empresas do setor, de forma isolada, não teriam escala para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de forma mais ou menos eficiente. Assim, por exemplo, é claro que nenhuma empresa isolada poderia manter um investimento como o CTC, cujo orçamento representa cerca de 11% do faturamento da maior empresa do setor. Portanto, só a existência de formas associativas pode viabilizar a internalização de uma importante capacidade inovativa nesse setor.

Resumindo, argumentamos que a decisão de internalizar a P&D por parte da COPERSUCAR deve ser explicada por uma série de fatores estruturais e conjunturais específicos do setor e do perídodo analisado. Dentro dos primeiros, destacam-se: a) domínio privilegiado da COPERSUCAR sobre as condições de apropriação do excedente potencialmente gerado pela mudança técnica devido a sua inserção na produção integrada verticalmente e pelo controle dos mercados, assim como pelo seu poder de influência com relação à formulação de políticas

---

[18] De todo modo é um investimento muito significativo na comparação dos investimentos em P&D relizados pelo setor privado no país.

favoráveis aos seus interesses; b) escala para realizar certas atividades de P&D pelo grande tamanho da empresa e pelo arranjo cooperativo que permite socializar os custos da P&D e; c) importância da tecnologia na concorrência inter-regional. Por último, entre os fatores estruturais merece ser destacado o declínio de alguns institutos de pesquisa na década de 60 e a "desarticulação" do sistema institucional.

Por outro lado, como elementos conjunturais destacam-se as condições favoráveis desde meados da década de 60, primeiro pelo mercado externo do açúcar e depois pela criação do Proálcool, que definiram uma rentabilidade suficiente para alcançar uma boa capacidade de acumulação e investimento. Posteriormente, a crise de rentabilidade traria como objetivo central a redução de custos.

Assim, identificamos apenas os fatores de ordem genérica que, agindo de forma interrelacionada, tiveram, no nosso modo de ver, maior influência na decisão de criar um centro de tecnologia pelo setor privado. Entretanto, além destes fatores existem outros de caráter mais específico, que explicam o surgimento de certas linhas de pesquisa no CTC. Estes fatores serão tratados no item seguinte, através da análise das atividades que compõem as três Divisões dentro do Centro.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CENTRO DE TECNOLOGIA COPERSUCAR

As atividades de pesquisa começaram na Cooperativa em 1969 com a instalação do Programa de Melhoramento. Paralelamente foi criado um Laboratório de Análise de Qualidade junto ao Departamento de comercialização que foi o embrião da área de pesquisa industrial. Estas duas atividades, inicialmente separadas, foram reunidas num Departamento Técnico, que se transformaria em 1979 no Centro de Tecnologia.

As atividades desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia devem ser aprovadas anualmente pelo Conselho Consultivo, que tem a seguinte composição: 3 diretores técnicos da área industrial de usinas cooperadas, 3 diretores técnicos da área agrícola, Chefe da assessoria de Economia e Planejamento da Cooperativa e Gerente do Centro de Tecnologia, que é o coordenador.

De acordo com os projetos de pesquisa previstos, o Centro faz um orçamento anual que deve ser aprovado pelo *board* da COPERSUCAR e pelo Conselho Consultivo. A partir do orçamento aprovado, é definida uma contribuição proporcional de cada usina cooperada. Por isto, a participação dos recursos destinados à P&D no faturamento das empresas não é um percentual fixo, senão que tem variado ao longo dos anos. Até 1990 o orçamento definido desta forma foi crescente, chegando a representar cerca de 2% do faturamento das empresas cooperadas. A partir

desse ano houve uma redução significativa e hoje os recursos destinados ao CTC representam aproximadamente 1,2% do faturamento das empresas cooperadas. A evolução dos recursos destinados ao CTC, por via orçamentária, desde sua criação, aparecem na Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento anual do CTC, 1979/1991

Safra	Recursos Alocados (US$ mil)
79/80	5.671
80/81	6.936
81/82	8.952
82/83	9.487
83/84	7.500
84/85	7.787
85/86	9.232
86/87	13.898
87/88	16.949
88/89	21.772
89/90	30.963
90/91	13.927
Total	**153.074**

Fonte: dados CTC/COPERSUCAR, 1991

Além deste orçamento, o CTC conta com recursos derivados das atividades de assistência técnica e elaboração de projetos para as empresas cooperadas. A participação destas duas fontes de recursos tem sido tradicionalmente de 2/3 pela via orçamentária e 1/3 pela prestação de serviços. Assim, por exemplo, os recursos investidos no Centro em 1991 foram da ordem de US$ 20 milhões: US$ 14 milhões de contribuição direta e US$ 7 milhões derivados da venda de serviços.

Com relação à estrutura interna do Centro, a mesma tem passado por várias modificações ao longo dos anos. A estrutura para o ano 1989 aparece na figura 1. Cabe destacar que, desde 1990, a Divisão Agronômica está subordinada à divisão de Engenharia Agrícola.

A alocação dos recursos entre as diferentes divisões aparece apresentada na seguinte tabela:

Figura 1. Estrutura do Centro de Tecnologia Copersucar

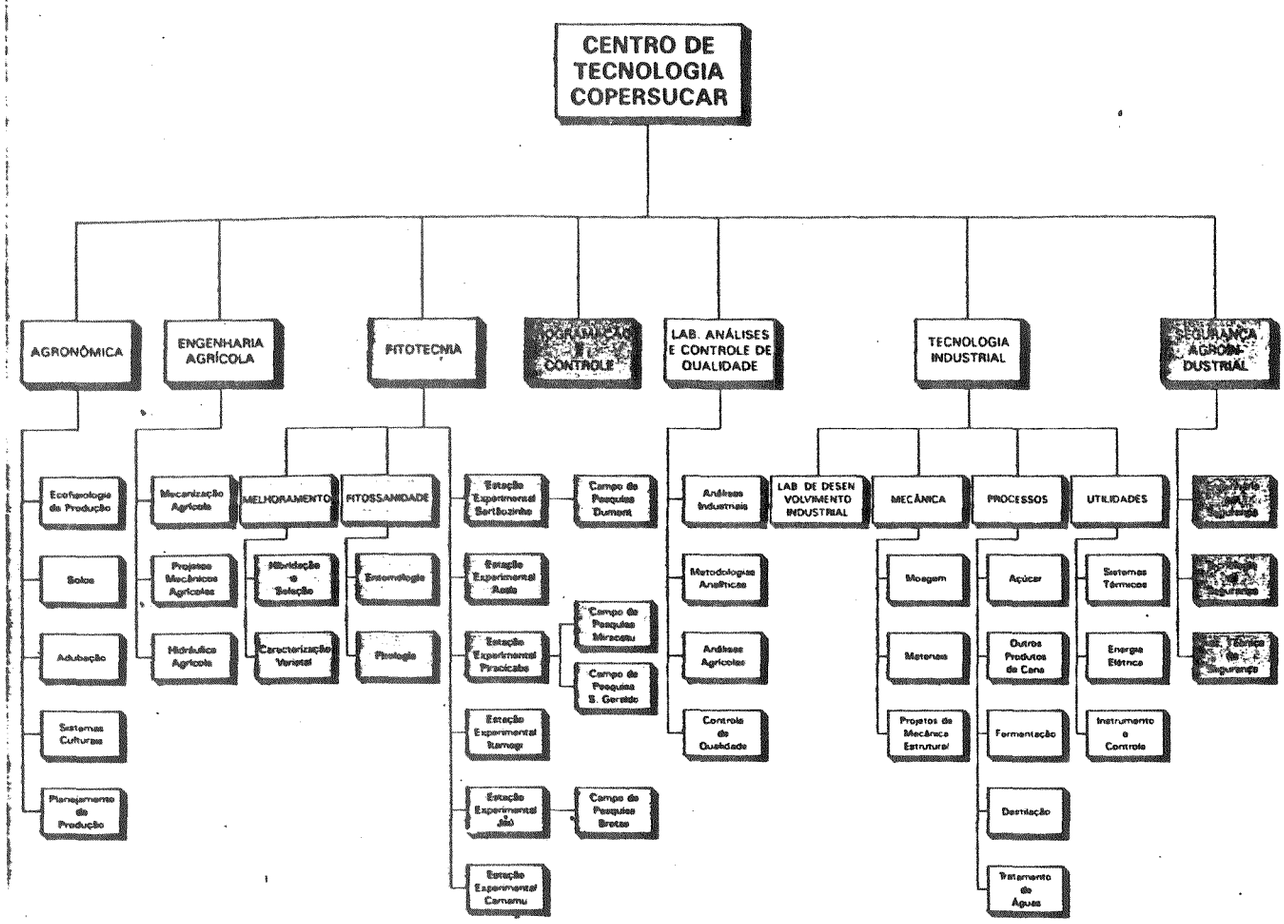

Tabela 3 Alocação dos recursos entre as principais atividades do Centro de TEcnologia para 1991

Divisão	Recursos (%)
Filotecnia	28
Tecnologia Industrial	32
Engenharia Agrícola	10
Outras áreas P&D	9
Administração	21
Total	**100**

Fonte: dados CTC/COPERSUCAR (elaboração da autora).

A divisão dos recursos favorece o Programa de Melhoramento (que é a principal atividade dentro da área de Fitotecnia) e a Tecnologia Industrial. Entretanto, no primeiro caso predominam amplamente as atividades de P&D (que consomen mais de 80% dos recursos), enquanto na área Industrial predominam as atividades de assistência técnica (que consomem mais de 70% dos recursos).

A estrutura dos recursos humanos também reflete a ênfase nas atividades de assistência técnica na área industrial, sendo pequena a proporção dos profissionais que têm cursos de pós-graduação, como pode ser visto na Tabela 4. Também pode ser observado que a maior participação de profissionais com pós-graduação está na área de Fitotecnia, onde a Cooperativa tem realizado o maior esforço de pesquisa.

Tabela 4 - Formação dos profissionais do CTC, 1991.

Divisão	Nível Superior	Mestrado	Doutorado	Total
Fitotecnia	12	8	6	26
Engenharia Agrícola	23	6	-	29
Tec. Industrial	48	6	4	58
Outros	33	1	1	35
Total	**116**	**21**	**11**	**148**

Fonte: CTC/COPERSUCAR (elaboração da autora)

Em síntese, o CTC pode ser caracterizado como um centro de assistência técnica às unidades cooperadas, que tem internalizado atividades de P&D em algumas áreas consideradas estratégicas, como o melhoramento de variedades e a fermentação alcoólica. Este Centro tem atuado nas áreas de aprendizado operacional, elaboração de projeto, transferência e adaptação de tecnologia, desenvolvimento de P&D "*in house*" e contratação de pesquisa em universidades e

institutos. A combinação destas estratégias em cada caso obedeceu a algumas especificidades de suas diversas áreas de atuação, como poderá ser constatado a seguir.

3.3 O PROGRAMA DE MELHORAMENTO

Desde sua criação, em 1969, o Programa de Melhoramento foi a principal linha de pesquisa desenvolvida pela COPERSUCAR. Para melhor compreender o significado do melhoramento varietal para a agricultura em geral e, em particular, para a agroindústria canavieira, apresentamos uma breve discussão sobre a importância atribuída a este tipo de inovação na bibliografia especializada.

3.3.1 A importância das variedades melhoradas

A modernização da agricultura tem sido caracterizada como um processo de crescente "industrialização" do sistema produtivo agrícola (Graziano da Silva, 1981). Os antecedentes deste conceito encontram-se na obra de Marx e Kautsky, quando relatam como o processo de desenvolvimento capitalista, que começou com a separação entre agricultura e indústria (com a ruína do artesanato rural provocada pela concorrência da grande fábrica urbana), culmina com uma nova síntese entre agricultura e indústria, que significa a própria "fabricação da natureza".

Do ponto de vista da dinâmica tecnológica, interessa o desdobramento do conceito de "industrialização" em três componentes. Em primeiro lugar, a modernização da agricultura significa a importância crescente dos insumos de origem industrial, como máquinas agrícolas, fertilizantes, fungicidas, inseticidas, e herbicidas no processo produtivo agrícola. Com estas práticas procurar-se-ia superar os limites que as condições naturais do meio ambiente representam para o aumento da produtividade agrícola. Assim: "se faltar chuva, irriga-se; se não houver solos suficientemente férteis, aduba-se; se ocorrerem pragas e doenças, responde-se com defensivos químicos ou biológicos; e se houver ameaça de inundação, estarão presentes formas de drenagem" (Graziano da Silva, 1981:44).

Entretanto, como o processo de produção agrícola continua sendo eminentemente biológico, existem limites para o aumento da produtividade via utilização de insumos industriais, uma vez que a maioria das características agronômicas importantes para a eficiência do processo produtivo, assim como a capacidade de resposta a condições ambientais favoráveis, têm uma forte determinação genética. Portanto, é a modificação da base genética que permite superar alguns dos

principais limites naturais da produção agrícola: "A importância das inovações biológicas vem do fato que elas não apenas viabilizam, mas sobretudo porque potenciam e aceleram os efeitos do progresso técnico, especialmente nos ramos da química e da mecânica. (...) As inovações biológicas constituem, portanto, a base do processo que leva o capital a superar as barreiras naturais que encontra para seu desenvolvimento na agricultura" (Graziano da Silva, 1981:34).

Por isso, na consolidação do sistema de produção que dominou a agricultura do pós-guerra, centrado na difusão de insumos industriais, foi necessário desenvolver um grande esforço de pesquisa (onde se destaca a criação de um sistema institucional de caráter internacional), para a obtenção de variedades de "alto rendimento" que, de forma mais precisa, poderiam ser caracterizadas como variedades de alta capacidade de resposta a "pacotes tecnológicos". O impacto no aumento da produtividade agrícola provocado pela utilização destas variedades, conjuntamente com os insumos industriais maciçamente incorporados, caracterizam o fenômeno conhecido como a "Revolução Verde".

Por outro lado, a "industrialização" da agricultura está também relacionada ao crescente desenvolvimento da indústria processadora de matérias-primas agrícolas e à sua capacidade de impor um padrão tecnológico à agricultura, de acordo com as exigências do processamento agroindustrial. Certas qualidades dos produtos agrícolas são importantes para o processamento industrial, como época de maturação, padronização, etc, e muitas destas qualidades são procuradas através do melhoramento genético.

Por último, a "industrialização" da agricultura também implica a introdução de características semelhantes ao processo de trabalho industrial na produção agrícola. Na indústria, o desenvolvimento das forças produtivas foi possível graças à introdução do progresso técnico que provocou um aumento espetacular da produtividade do trabalho e da extração de mais-valia relativa através do parcelamento de tarefas e subsequente mecanização das atividades.

Entretanto, estes fenômenos não teriam ocorrido com a mesma intensidade na agricultura. O atraso relativo do desenvolvimento do capitalismo na agricultura tem sido explicado pela maior dependência do processo de produção agrícola de fatores de ordem natural e, conseqüentemente, pelo menor interesse do capital neste ramo da atividade (Mann & Dickinson, 1978). O "tempo de produção" e o "tempo de trabalho" na agricultura são relativamente rígidos por estarem determinados pela duração de processos biológicos. Por isto, mesmo aquelas inovações que aumentam o ritmo de trabalho, não alteram necessariamente a velocidade de rotação do capital, uma vez que existem tempos prolongados de "não trabalho" definidos pela duração dos processos biológicos. Por outro lado, existe na agricultura um uso ineficiente do capital constante e obstáculos

para o parcelamento de tarefas pelas determinantes dos fatores naturais na definição do processo de produção e de trabalho agrícola. Neste sentido, o progresso tecnológico na agricultura procura não apenas reduzir o tempo de trabalho socialmente necessário para produzir uma determinada mercadoria como na indústria, mas também superar os obstáculos que este ramo da atividade apresenta para o desenvolvimento de um processo de trabalho especificamente capitalista. Estes objetivos são definidos como "a subordinação da natureza à lógica de valorização do capital" (Mann & Dikinson, 1978; Graziano da Silva, 1981). Nesse sentido, as inovações biológicas jogam um papel muito importante. Assim, pode ser entendido, por exemplo, o uso de variedades melhoradas que permitem alterar as épocas de colheita e plantio, permitindo uma produção contínua ao longo do ano, com o que se reduzem sensivelmente as "descontinuidades" do processo de trabalho agrícola.

Como conclusão com relação à importância das variedades melhoradas para o desenvolvimento da agricultura, Graziano da Silva expressa que:

> "*uma variedade melhorada não é apenas uma planta ou um animal capaz de gerar um maior volume de produção num menor espaço de tempo ou numa época distinta daquela outra encontrada na Natureza. É muito mais do que isso: trata-se de seres "fabricados" pelo capital, que reproduz artificialmente aí a própria Natureza, à sua imagem e semelhança e de acordo com seus interesses. Afinal, o que é uma seleção genética senão um método de obter em alguns anos aquilo que as forças da Natureza levariam milênios para fazer e que jamais chegariam a um resultado tão perfeito, do ponto de vista do processo de produção capitalista?*" (Graziano da Silva, 1981:34).

Todavia, existem autores que questionam o alcance do conceito de "industrialização" da agricultura:

> "*a ambiguidade intrínseca à idéia de uma industrialização da agricultura tem sua raiz no excessivo otimismo com que os grandes economistas avaliaram a capacidade do capitalismo superar os chamados "limites naturais". Até mesmo o gênio crítico de Marx foi vítima dessa ideologia espontânea do industrialismo ao considerar que a missão histórica do capitalismo era justamente a de transcender o caráter limitado e condicionado das formas anteriores de interação com a natureza. Na falta de uma alternativa à transformação biológica de energia solar em alimento a industrialização não pode penetrar a produção agropecuária propriamente dita, por mais que se desenvolva a montante e a jusante deste setor. Em outras palavras, por menor que seja o peso econômico relativo da agropecuária na esfera da produção alimentar, sua singularidade será mantida até o dia em que o homem consiga encontrar uma fonte de energia necessária à vida que dispense o consumo das plantas e dos animais*" (Veiga, 1990:4).

É verdade que existe certa ambigüidade no conceito de "industrialização" da agricultura, pois a produção agrícola continua mantendo os dois traços que lhe são mais singulares: o caráter biológico do processo produtivo e o uso da terra como meio de produção. Todavia, é justamente

este caráter ambíguo da "industrialização" da agricultura que magnifica a importância das inovações biológicas, pois na medida em que a subordinação da produção agrícola às necessidades de valorização do capital ocorre a partir de inovações biológicas, este processo de valorização torna-se cada vez mais dependente da eficiência dos processos biológicos. Em outras palavras: as inovações biológicas são importantes dentro do processo da "industrialização" da agricultura, porque esta "industrialização" (pelo menos no estágio atual de desenvolvimento da ciência e da tecnologia) nunca se completa totalmente.

Com relação à agroindústria canavieira, deve-se enfatizar, em primeiro lugar, que existe consenso entre os agentes vinculados ao setor sobre a importância do melhoramento varietal como elemento central para seu desenvolvimento. O uso de variedades melhoradas é importante tanto para aumentar o rendimento agrícola e, conseqüentemente, reduzir o custo médio de produção da matéria-prima, como para aumentar a eficiência do processamento industrial.

Com relação ao primeiro ponto, destaca-se que, nas condições atuais de produção no Brasil, a matéria- prima representa cerca de 2/3 dos custos totais de produção do açúcar e do álcool. A diminuição do custo médio agrícola é buscada através da utilização de variedades de alto rendimento (expressado em ton de cana por ha), que sejam resistentes às principais doenças limitantes da lavoura e que mantenham uma boa capacidade de produção em cortes sucessivos (para diminuir os custos de renovação da lavoura).

Por outro lado, ainda é válido o ditado de Reynoso (1878) de que "o açúcar se faz no campo"(citado por Fraginals, 1988). Isto é: o processo industrial apenas recupera a sacarose já presente na planta. Ainda que seja possível se obter ganhos significativos no rendimento industrial pela eficiência da extração e recuperação da sacarose existente na matéria-prima, a forma mais importante de provocar um "salto" na produtividade industrial é através do aumento da qualidade da matéria-prima. Entre as características que incidem na eficiência do processamento industrial, que podem ser procuradas através do melhoramento genético, destacam-se o aumento do teor de sacarose e, em segundo lugar, a eliminação de algumas características indesejáveis que dificultam o processamento industrial (florescimento, isoporização, alto conteúdo de fibra, etc).

Por outro lado, através do melhoramento genético da cana-de-açúcar, procura-se viabilizar a produção em condições específicas como, por exemplo, a adaptação de cultivares de cana-de-açúcar para solos normalmente limitantes para o crescimento da lavoura ou a seleção de cultivares com diversas épocas de maturação. Este último elemento é muito importante, pois permite a extensão da safra e, com ela, o aproveitamento mais eficiente da infra-estrutura industrial.

Em síntese, pode-se dizer que o uso de variedades melhoradas de cana-de-açúcar é importante porque condiciona os rendimentos, tanto agrícola como industrial (expressados no indicador de rendimento agroindustrial: ton de açúcar por ha) e, conseqüentemente, interfere fortemente no custo dos produtos finais (açúcar e álcool). Por outro lado, é importante porque permite superar alguns "obstáculos naturais" para o desenvolvimento da lavoura em condições específicas como: época de maturação, incidência de doenças, adaptação a condições edafo-climáticas determinadas, etc.

Além da importância central das variedades melhoradas para o incremento da produtividade agroindustrial, este tipo de inovação apresenta a vantagem de sua fácil incorporação, pois praticamente não exige investimentos adicionais por parte dos produtores. Apesar da simplicidade e importância das variedades melhoradas, deve-se considerar que a maior dificuldade se encontra nos significativos esforços de pesquisa que é necessário realizar para obtê-las.

3.3.2 Características da pesquisa em melhoramento vegetal e organização institucional

Na análise da organização do sistema institucional de pesquisa agrícola, é apontado que a divisão de tarefas entre setor público e privado foi determinada historicamente pela possibilidade de apropriação privada dos benefícios das inovações a partir de sua incorporação em insumos comercializáveis. Assim, as tecnologias mecânicas e químicas ao se desenvolver basicamente por inovações de produto, têm favorecido a maior participação do setor privado. Nesses setores, no Brasil, foi predominante a presença da indústria multinacional, responsável pela definição da dinâmica de geração de novas tecnologias, e cujo investimento em pesquisa no país tem sido muito limitado (Graziano da Silva, 1985).

Em contraposição, na pesquisa biológica e agronômica coube ao setor privado nacional e, principalmente, ao setor público um papel mais importante. As sementes e mudas melhoradas, embora também sejam inovações de produto, apresentam algumas especificidades que têm significado um obstáculo para a participação do setor privado. Em primeiro lugar, destaca-se a existência de problemas de "apropriabilidade", uma vez que as inovações biológicas apresentam a peculiaridade de ser auto-reprodutíveis. Neste sentido, é apontado o paradoxo de que embora sejam as inovações biológicas as que permitem ao capital (em geral) se "apropriar" da agricultura, estas inovações são dificilmente "apropriáveis" pelo capital (individual), o que desencoraja sua participação na pesquisa biológica (Graziano da Silva, 1981). Nos casos onde a "apropriabilidade" logrou ser alcançada por mecanismos "naturais", como são os híbridos, a participação do setor

privado se ampliou consideravelmente[19]. Já no caso de variedades e mudas, procurou-se criar mecanismos legais de "apropriabilidade", tais como os direitos de "proteção de cultivares", que existem em alguns países. No entanto, estas formas de "proteção" não têm se mostrado totalmente eficientes, pois na maioria das legislações existe a "exceção do agricultor", que é o direito do agricultor a produzir sua própria semente para o ano seguinte. Por outro lado, além das dificuldades de "apropriabilidade", existem outras características da pesquisa em melhoramento genético que têm importantes implicações para a organização do modelo institucional. Assim, por exemplo, os resultados alcançados em termos de melhoramento genético têm uma alta especificidade regional, o que implica na segmentação dos mercados e na necessidade de realizar esforços de pesquisa nas diversas regiões produtoras do país, e explica, em parte, a menor presença das empresas multinacionais.

Da mesma maneira, a necessidade de contar com uma infra-estrutura regionalizada de P&D e realizar altos investimentos para ter retornos no longo prazo, também representaram um desestímulo à participação do setor privado nacional neste tipo de atividade. Assim, a maioria das empresas nacionais de sementes têm feito poucos esforços na área de P&D -com exceção do milho híbrido-, limitando-se à reprodução e adaptação local de materiais gerados nas instituições públicas de pesquisa. Por isto, pode-se dizer que o melhoramento de sementes no país é fortemente dependente do setor público.

Ao mesmo tempo, a especificidade local dos resultados do melhoramento restringe a estratégia de transferência de tecnologia nesta área. Ainda que exista uma frequente troca de material genético entre os diversos centros de pesquisa no mundo, e ainda que importantes instituições tenham sido criadas para facilitar essa troca, as trajetórias tecnológicas sempre são específicas para cada programa de melhoramento, pois seu objetivo é criar variedades adaptadas a condições particulares de produção.

Outro problema das pesquisas em melhoramento diz respeito à incerteza quanto a seus resultados, derivada tanto de fatores técnicos como econômicos. Com relação a estes últimos, há uma certa dificuldade para responder a mudanças nas demandas do mercado devido ao longo tempo necessário para obter resultados das pesquisas nesta área.

---

[19] Nos híbridos, o agricultor deve comprar todos os anos nova semente, não podendo usar como semente seu próprio material de colheita sem ter perda de produtividade. O caso onde mais tem se desenvolvido a produção de híbridos é o milho, onde as empresas privadas, em nível internacional, foram responsáveis por boa parte do melhoramento. No Brasil, a maior e mais antiga indústria de sementes, a Sementes Agroceres S. A., que é uma das poucas que tem realizado esforços endógenos de pesquisa, também tem se concentrado na área de milho híbrido.

Já a incerteza técnica é derivada, fundamentalmente, de duas ordens de fatores. Em primeiro lugar, a dependência de condições ambientais que podem ser alteradas, pode chegar a inviabilizar os resultados de um programa num momento dado. Assim, a aparição de uma nova doença pode alterar substancialmente o êxito alcançado por um programa. Tal foi o caso, por exemplo, da aparição da "ferrugem" em 1986 na região Centro-Sul, que inviabilizou 2 das três variedades do primeiro lançamento do PLANALSUCAR, em 1982.

Por isto, um dos objetivos que deveriam ser procurados pelos programas de melhoramento é a ampliação da base genética, pois seu estreitamento pode significar um forte risco no médio e longo prazo, no caso de surgir novas doenças ou que novas caraterísticas das variedades sejam demandadas pelo setor agroindustrial. Este estreitamento da base genética ocorre, geralmente, pelo aproveitamento de linhas que significam a "oportunidade" de obter ganhos significativos no curto prazo. Então, o melhoramento encaminha-se pelas "linhas de menor resistência" (cruzamentos já provados), procurando evitar o risco implícito no teste de novas combinações possíveis. No caso da pesquisa em cana-de-açúcar em nível internacional, existem exemplos interessantes dos riscos implícitos no estreitamento da base genética. Assim, por exemplo, em 1974, numa auto-avaliação do Programa de Melhoramento de Queensland (Austrália), chegou-se à conclusão de que estava ocorrendo uma redução da base genética como conseqüência da exploração "oportunista" do potencial da variedade Co 4755 como progenitor e, como esse material mostrou-se suscetível à "ferrugem", começou a existir desde esse momento um esforço por introduzir novos progenitores e ampliar a base genética (Walker, 1987).

Além do risco que implica o estreitamento da base genética pelo possível aparecimento de doenças, foi constatado que depois de vários ciclos de cruzamento e seleção num programa "conservador" os ganhos de desempenho são decrescentes (ibid).

A manutenção de uma ampla base genética e a introdução de materiais rústicos num programa de melhoramento -para ampliar as fontes de variabilidade- implicam na necessidade de realizar um grande número de cruzamentos e avaliar o desempenho de muitos clones, encarecendo significativamente as pesquisas.

A incerteza técnica também é derivada do atual grau de desenvolvimento das disciplinas que embasam cientificamente as atividades de melhoramento. Com os métodos tradicionalmente usados no melhoramento genético, a observação e seleção são feitas sobre o fenótipo do indivíduo, que é produto da interação entre genótipo e ambiente. Através dos métodos experimentais procura-se isolar o efeito dos componentes ambientais e, por meio do emprego da estatística e da criação de um banco de dados sobre o desempenho anterior dessas variedades como progenitoras, procura-se

diminuir a probabilidade de combinações mal sucedidas. No entanto, o resultado final continua sendo, em boa parte, aleatório, uma vez que o método básico utilizado é a "tentativa e erro" e a estatística apenas diminui as possibilidades de insucesso[20]. Só a partir do aparecimento da genética molecular será possível identificar o código genético das plantas e reconhecer aqueles genes associados com determinadas características agronômicas. O conhecimento nesta área é ainda incipiente, porém, promete ter um forte impacto sobre o melhoramento genético vegetal.

A introdução da biotecnologia no melhoramento vegetal pode ajudar a contornar algumas das dificuldades apontadas, como o caráter estocástico da pesquisa e a conseqüente necessidade de realizar um grande número de cruzamentos. Assim, por exemplo, um especialista em melhoramento de cana-de-açúcar observa que "A natureza genética da cana-de-açúcar requer que o maior número de cruzamentos possíveis seja avaliado a cada ano. A questão sobre o tamanho da progênie é vital. Quando uma pequena progênie é utilizada, a avaliação e seleção posterior têm escasso significado" (Berding & Skinner, 1987: 295). A conseqüência disto é que os programas de pesquisa nesta área tornam-se muito custosos, pois é necessário manter um grande banco de germoplasma e avaliar o desempenho de grande número de *seedlings*[21] a cada ano.

Como conseqüência destes novos desenvolvimentos na base científica, os programas de melhoramento necessitam estar cada vez mais vinculados aos desenvolvimentos em ciência básica. Para isto, é necessário contar com um grau de capacitação tecnológica razoável e com recursos humanos altamente qualificados, ou aceder a acordos de complementação com outras instituições.

Em síntese, a pesquisa em melhoramento genético distingue-se pelas seguintes características: 1) seu caráter estocástico, que implica um elevado grau de incerteza quanto aos resultados; 2) necessidade de manter uma infra-estrutura local de pesquisa que implica em elevado custo; 3) longos períodos para a obtenção de resultados; 4) alta especificidade local dos resultados e; 5) dificuldades para a "apropriabilidade" desses resultados. Ao mesmo tempo, para obter resultados significativos num programa de melhoramento é necessária a continuidade do esforço durante várias décadas.

A seguir, apresentamos os principais antecedentes institucionais na área de pesquisa em

---

[20] A cana-de-açúcar tem 120 a 140 cromossomos, enquanto o ser humano, por exemplo, tem apenas 46. Neste caso, como produto da hibridação pode se obter uma grande dispersão. Em outras culturas, de genoma mais simples, os cruzamentos podem ser dirigidos com maior facilidade, como é o caso do milho. Já na cana-de-açúcar, pode-se partir de dois progenitores com desempenho agronômico superior e não obter uma variedade melhor a partir do cruzamento. Esta é a base de um ditado conhecido entre os melhoristas: "na cana se cruza o melhor com o melhor e se reza para obter o melhor".

[21] Plântulas produzidas a partir de sementes verdadeiras que entrarão posteriormente nas fases de seleção e competição para obter novas variedades.

melhoramento de cana-de-açúcar no Brasil, que contextualizam o surgimento do Programa da COPERSUCAR.

3.3.3 Antecedentes institucionais no melhoramento genético da cana-de-açúcar

As pesquisas em melhoramento começaram no final do século XIX. Sua base científica foi a descoberta das "leis" da genética por Gregor Mendel em 1865, a partir de experimentos com ervilhas que indicavam a dominância de alguns genes sobre outros. Contando com estes conhecimentos foi possível trabalhar no melhoramento das principais espécies cultivadas, através da hibridação controlada e posterior seleção da progênie gerada.

No caso da cana-de-açúcar, a maioria das variedades hoje cultivadas no mundo são produto do cruzamento inter-específico. O primeiro híbrido inter-específico de cana foi obtido em 1893, em Java. A partir desse resultado, vários programas de melhoramento foram criados em diversos países produtores de cana-de-açúcar no mundo. Na Tabela 5, podemos observar que os principais programas de melhoramento de cana-de-açúcar são bastante antigos, contrastando com a descontinuidade que caracterizou os esforços de pesquisa no Brasil.

Tabela 5 - Ano de início dos principais programas de melhoramento da cana-de-açúcar no mundo.

Estação Experimental	Início	Sigla das Variedades
Java (Indonésia)	1892	POJ
Barbados	1889	B
Guiana	1889	D
Queesland (Austrália)	1890	Q
Maurício	1891	M
Havaí	1904	H
Cuba	1905	C
India (Coimbatore)	1912	Co
Flórida (USA)	1918	CP
Lousiania (USA)	1925	L
Natal (África do Sul)	1928	N
Porto Rico	1931	PR
México	1943	MEX

Fonte: Pinazza et al., 1984.

A primeira variedade produzida no Brasil foi a "Manteiga", criada por Manoel Cavalcanti de Albuquerque em 1892, pela obtenção de sementes verdadeiras a partir do cruzamento da cana "caiana". Mas as primeiras tentativas de institucionalização da pesquisa em melhoramento de cana-de-açúcar datam da década de 1910. Assim, foi criada a Estação Experimental de Escada em Pernambuco (1910), onde trabalhara O.C.Goes que deu origem às variedades EB. Também em Pernambuco, foi criado o Programa da Escola Superior de Agricultura de São Bento, onde A.

Salles desenvolveu as variedades SBP. Posteriormente surgiu, nesse mesmo Estado, a Estação de Curado onde Andrade Lima desenvolveu as variedades PB. Mas a maioria destas estações experimentais teve uma existência muito breve (Machado et al., 1987).

O primeiro programa de melhoramento de cana de maior dimensão e continuidade foi o de Campos, Rio de Janeiro, iniciado em 1930, por A.Torres Filho para ser depois conduzido por F.M. Veiga. O fim deste Programa ocorreu com o falecimento deste último técnico, em 1973. Segundo Machado et al. (1987), o Programa de Campos foi mais fruto do conhecimento e do esforço pessoal de Veiga que, contando com recursos muito escassos, conseguiu dar continuidade às pesquisas. Mesmo tratando-se de um Programa "tímido", as variedades originadas desse Programa, as CB, foram, durante muito tempo, as mais utilizadas na Região Centro-Sul. A CB 41-76 foi, durante mais de 20 anos e até recentemente, a variedade mais plantada em São Paulo.

Em São Paulo, as primeiras tentativas de institucionalizar a pesquisa em variedades de cana-de-açúcar datam do final dos anos 20, depois que o advento da doença do "mosaico" nos primeiros anos dessa década provocou uma perda de produção maior que 75%. Assim, em 1929, foi criada a Estação Experimental de Piracicaba, dirigida por José Vizioli, que posteriormente seria incorporada pelo Instituto Agronômico de Campinas. A principal contribuição dessa Estação, durante esse período, foi a importação e seleção das variedades POJ, de Java, para substitur as variedades suscetíveis ao "mosaico". As POJ provocaram um verdadeiro "salto" de produtividade na lavoura canavieira paulista, permitindo enfrentar o problema do "mosaico". Porém, em 1946, com a chegada do "carvão", a variedade POJ mais plantada mostrou-se suscetível a esta doença e precisou ser substituída.

Em 1934, o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) começou a desenvolver pesquisas em melhoramento de cana-de-açúcar. Primeiramente o programa foi conduzido por J.M. Aguirre, para ser depois desativado e voltar novamente a funcionar a partir de 1947 sob a direção de A.L. Segalla e R. Alvarez. As variedades IAC foram amplamente plantadas em São Paulo e outros estados, sendo que até recentemente a variedade IAC 52-150 era bastante difundida no Estado.

Fora de São Paulo, destaca-se a participação do Instituto Agronômico do Nordeste, cujas variedades, caracterizadas pela sigla IANE foram bastante difundidas nessa região.

Entretanto, até recentemente, destacava-se a participação de materiais importados, às vezes testados pelas estações experimentais e outras, trazidos diretamente do exterior pelos produtores. Tal foi o caso, por exemplo, das variedades Co da "Imperial Sugarcane Breeding Station at Coimbatore", na India. Algumas variedade Co ainda continuam em cultivo, principalmente, na Região Nordeste. Também no final da década de 70 e início dos 80, destacou-se na região

Centro-Sul, a presença da variedade argentina NA 56-79, que foi introduzida por técnicos do PLANALSUCAR.

A NA 56-79 foi a base da lavoura durante quase uma década. Seu crescimento foi tão espetacular que alcançou 45% da área de cana plantada no Estado em 1982, ou seja, cerca de um milhão de hectares. Entre as opções existentes na época, nas áreas de baixa fertilidade para as quais a lavoura da cana se expandiu com o Proálcool, esta variedade era a que tinha o melhor desempenho (Matsuoka, 1985). Além disso, por ser uma variedade precoce, permitiu adiantar a safra de início de junho para maio[22]. Todavia, embora deva ser reconhecida a importante contribuição da NA 56-79, como não foi cultivada com os cuidados fitossanitários necessários, entrou em "degenerescência".

Existe um trabalho mostrando que há uma clara correspondência entre a evolução da produtividade da cana-de-aúcar em São Paulo e a utilização predominante de uma determinada variedade no período de 1943 a 1982 (Pelin citado por Matsuoka, 1991).

Analisando estas experiências, podemos concluir que existiram múltiplos esforços, ainda que atomizados e descontínuos para a incorporação de variedades melhoradas de cana-de-açúcar. Assim, Pinazza et al.(1984) chamam a atenção para o fato de que de 1910 a 1970, foram desativadas quatro Estações Experimentais e houve interrupção sistemática no trabalho realizado por outras seis.

Existem outras evidências de importantes deficiências na área de melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil ainda na década de 60. Assim, Mangelsdorf[23], em sua visita ao Brasil em 1966, constatou, da mesma maneira que Vizioli em 1926, que os problemas da baixa produtividade da agroindústria canavieira em São Paulo eram derivados da baixa qualidade das variedades em uso (Vizioli, 1926). Aparentemente, em 40 anos, esta deficiência não tinha sido superada.

A primeira tentativa de organizar a pesquisa em melhoramento de cana-de-açúcar em nível nacional, foi a criação do PLANALSUCAR, em 1970, mas já no ano anterior, a COPERSUCAR tinha criado seu próprio Programa.

---

[22] A antecipação da safra foi uma forma de aumentar rapidamente a produção sem necessidade de ampliar a capacidade de processamento industrial. Esta estratégia foi possível para a produção de álcool, pois para produzir açúcar é necessária a ausência de açucares redutores, fenômeno que não acontece no início da safra. Assim, a maioria das empresas começa produzindo álcool para depois iniciar a produção de açúcar.

[23] O Dr. Albert Mangelsdorf foi, durante muitos anos, diretor do programa de melhoramento de cana-de-açúcar do Hawai.

3.3.4 A origem do Programa de Melhoramento da COPERSUCAR

Como já mencionamos, o início das atividades de pesquisa na COPERSUCAR foi em 1969, com o Programa de Melhoramento. No entanto, já existiam antecedentes em atividades de pesquisa na COPERESTE, uma das cooperativas regionais que formaram a COPERSUCAR, desde 1962. Esta cooperativa criou a Estação Experimental de Cana-de-Açúcar, com a finalidade de realizar trabalhos de pesquisa sob a supervisão de F. O. Brieger, mantida com fundos da própria Cooperativa e do IAA (de Marco, 1991).

Um fator que influenciou a decisão da COPERSUCAR de instalar seu Programa de Melhoramento foi a visita do geneticista do Havai, Dr. Mangelsdorf, em 1966. Este cientista veio ao Brasil por convite do IAA e esteve nos principais centros de produção açucareira do país, acompanhado por técnicos dessa instituição. O objetivo de sua visita era colher subsídios para a instalação de um programa de pesquisa agronômica, com vistas a elevar os rendimentos da cultura canavieira. Como produto desta visita surgiu um relatório que foi a base da criação tanto do programa de melhoramento da COPERSUCAR como o do PLANALSUCAR.

Aparentemente, o relatório de Mangelsdorf (publicado em 1967), mesmo tendo sido encomendado pelo IAA, foi arquivado sem maior atenção por parte dessa instituição. Mais adiante, o mesmo seria retomado pelo Eng. Azzi, a quem deve atribuir-se boa parte do mérito da iniciativa (Szmrecsányi, 1979).

Entretanto, durante o período que vai da publicação do referido Relatório até a criação do PLANALSUCAR (em 1970), a COPERSUCAR decidiu instalar seu próprio Programa, em 1969, contando com o assessoramento do mesmo Dr. Mangelsdorf durante 10 anos.

Em entrevistas realizadas na COPERSUCAR, apontou-se como outra razão para a criação do Programa, o abandono da pesquisa em Campos, com a aposentadoria do Eng. Veiga. Com isso, existia a possibilidade de que o material genético dessa Estação Experimental se perdesse e os trabalhos de melhoramento sofressem uma descontinuidade.

3.3.5 Caracterização do Programa de Melhoramento

A primeira pré-condição para a instalação de um programa de melhoramento é contar com um banco de germoplasma. A COPERSUCAR criou um destes bancos que possui hoje cerca de 4.000 variedades[24], incluindo espécies, híbridos naturais e variedades comerciais produzidas por

---

[24] Esta coleção encontra-se no nível das existentes nos dois Bancos Mundiais de Germoplasma de Cana-de-Açúcar: um na Florida, nos EUA, e outro em Cannanori, na India.

outros programas de melhoramento no Brasil no mundo[25].

As variedades importadas devem passar por um processo de quarentena, num lugar afastado da lavoura comercial, para evitar que novas doenças sejam introduzidas no país. No caso do Programa da COPERSUCAR, inicialmente foram utilizadas as instalações do Instituto Biológico em Monte Alegre (SP), e depois foi criada uma estação especificamente para a quarentena, em Miracatu, litoral paulista.

O Programa está composto pelas seguintes fases : 1) Seleção dos progenitores; 2) Hibridação; 3) Seleção dos *seedlings* em estação experimental (até o oitavo ano); 4) Ensaios experimentais nas usinas para seleção dos clones (durante 5 anos).

1) A capacidade de escolher adequadamente os progenitores para os cruzamentos é uma variável chave para o êxito de um programa. Como o número de combinações possíveis é muito elevado, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas que procurem reduzir a subjetividade na escolha dos progenitores. Estas técnicas baseiam-se na utilização de recursos estatísticos e são auxiliadas pelo emprego da informática. No caso da COPERSUCAR, conta-se com um banco de dados sobre o desempenho de cada variedade: produtividade, teor de açúcar, resistência às principais doenças, etc. Por outro lado, são utilizados indicadores de "herdabilidade", isto é, indicadores sobre o desempenho anterior dessas variedades como progenitores nos cruzamentos em que participaram. A seleção é feita com a ajuda do *software* PROCRUZA, transferido e adaptado da Austrália, que apresenta, em ordem decrescente, as probabilidades de sucesso dos cruzamentos possíveis num momento dado[26].

Ainda que o uso deste tipo de instrumento possa tornar a seleção mais objetiva, deve-se destacar que a escolha ainda está fortemente baseada na experiência de campo dos técnicos. Assim,

---

[25] Existem hoje 23 centros de hibridação de cana-de-açúcar, havendo contínua troca de materiais entre eles. Até o momento não houve restrições a esta troca de material genético entre os centros, o que certamente tem favorecido o avanço do do melhoramento.

[26] A escolha é feita a partir de eqüações que estabelecem o "fator de prioridade" de cada cruzamento, cujos fatores são corrigidos todos os anos:
FA= 1,2(10-AO)+(10-TO)+3,75-3,75(CO+MO)+(S+F)
FA= fator de prioridade do cruzamento;
AO= nota para teor de açúcar;
TO= nota para tonelagem;
CO= nota para resistência ao carvão;
MO= nota para resistência ao mosaico;
S= N° de cruzamentos com status maior que 0 (bem sucedidos)
F= N° de cruzamentos com status igual a 0 (falhas)

a utilização de técnicas estatísticas e recursos informáticos auxilia, mas não substitui, a figura do "melhorista", como aquele técnico com uma longa experiência, que é capaz de ter uma boa intuição sobre a escolha de progenitores e a posterior seleção de clones no campo. Por isto, no melhoramento genético é de importância fundamental contar com recursos humanos qualificados e com uma longa experiência na atividade. No caso da COPERSUCAR, a permanência média dos técnicos na área de Melhoramento foi de 15 anos e o Coordenador do Programa tem 19 anos de trabalho na área, o que indica que houve uma importante continuidade do corpo técnico.

2) Para realizar a hibridação, no caso da cana-de-açúcar existe o problema de que, nas condições climáticas de região Centro-Sul, a maioria das variedades de cana-de-açúcar não floresce. Como o florescimento é uma condição necessária para realizar a hibridação, a Estação Experimental para cruzamentos precisou ser localizada em Camamú (Bahia) onde existem condições climáticas mais favoráveis ao florescimento.

Uma vez realizados os cruzamentos, é necessário recolher e conservar as sementes verdadeiras de cana-de-açúcar em condições de alcançar um alto índice de germinação no campo. Todavia, a conservação de sementes de cana-de açúcar tem apresentado alguns problemas, pelo que a COPERSUCAR contratou, durante dois anos, o assessoramento de um técnico de Barbados, especialista na secagem e embalagem de sementes[27].

3) A partir das sementes verdadeiras são produzidas as plântulas ou *seedlings* que entrarão nos ensaios de competição. Os testes sobre o desempenho dos *seedlings* devem ser feitos em áreas representativas das principais condições ecológicas de desenvolvimento da lavoura. Para isto, a COPERSUCAR criou várias estações experimentais nas suas principais áreas de influência: Piracicaba, Jaú, Assis, Sertãozinho e Brotas. Esta última foi instalada só em 1979, com a criação de um sub-programa destinado à obtenção de variedades especialmente adaptadas a solos de baixa fertilidade[28]. Durante os primeiros 8 anos do Programa são realizados testes e selecionados os melhores clones nestas estações experimentais.

O número de *seedlings* é um indicador do tamanho de um programa de melhoramento. No caso da COPERSUCAR este indicador foi se modificando ao longo do tempo: nos primeiros anos

---

[27] Barbados especializou-se na produção e exportação de sementes verdadeiras de cana-de-açúcar para vários países da região.

[28] A necessidade de contar com este tipo de variedade foi reforçada pela expansão da lavoura que acompanhou o Proálcool, pois o esgotamento da fronteira agrícola no Estado fez com que a cana precisasse se expandir para solos considerados desfavoráveis para esta lavoura ("cerrado paulista").

trabalhou-se com 700 mil *seedlings*, chegando a 1 milhão em 1976. Nos dez anos seguintes o número de *seedlings* se ampliou até 2 milhões, para, em 1986, ser reduzido para 1,2 milhão de *seedlings* e, em 1990, para 600 mil.

O grande número de *seedlings* com que trabalhou o Programa da COPERSUCAR está de acordo com os volumosos recursos alocados ao mesmo. Por outro lado, está de acordo com o modelo do Programa do Havaí, transferido pelo Dr. Manglesdorf, que era partidário de contar com o maior número possível de *seedlings* para ter maior chance de encontrar alguma combinação bem sucedida[29].

Em 1990, além de ser reduzido o tamanho do Programa, foram desativadas as estações experimentais de Sertãozinho, Assis e Brotas. O fechamento desta última obedeceu ao abandono do sub-programa para solos de baixa fertilidade, uma vez que, segundo o Coordenador de Melhoramento, não foram alcançados os resultados esperados.

Nas primeiras fases a seleção é mais subjetiva, pois seria impossível fazer testes quantitativos em 600 mil amostras. Escolhem-se os melhores *seedlings* de acordo com as características morfológicas, avaliação visual do vigor e verificação das principais doenças. A partir do ano 5 do Programa, são levantados indicadores quantitativos de produtividade, que são comparados com as variedades padrão[30]. Paralelamente aos ensaios sobre produtividade, são realizados testes sobre resistência às principais doenças. Assim, anualmente são inoculados 50 mil *seedlings* com a doença do mosaico na Estação Experimental de Piracicaba, para seleção precoce dos materiais resistentes. No caso da "ferrugem", dado que até recentemente esta doença não tinha aparecido no Brasil, os testes eram realizados no Panamá, através de convênios de intercâmbio com instituições daquele país[31]. Já para os testes de resistência ao "carvão" foi necessário montar duas

---

[29] No entanto, alguns melhoristas de cana-de-açúcar questionam a vantagem de trabalhar com uma progênie muito numerosa devido às dificuldades que existem para o efetivo processamento de um volume tão grande de informação. Dentro desta última tendência encontra-se, por exemplo, o Programa da Louisiana (EUA), que trabalha com um número de seedlings limitado.

[30] Cabe destacar que, durante os primeiros anos de existência do Programa, as variedades utilizadas como padrão eram as mais plantadas no Estado: IAC 52-150, NA 56-79 e CB 41-76. Posteriormente, com a difusão das primeiras variedades SP, o novo padrão está formado pelas três variedades agora mais plantadas no Estado: SP 70-1143, SP 71-1406 e SP 71-6163.

[31] Na última década uma grande epidemia de "ferrugem" alastrou-se rapidamente pelos países da América Central, Caribe e parte da América do Sul. A rápida disseminação desta doença é explicada pelo plantio predominante da variedade B4362 na região que se mostrou altamente suscetível ao fungo causador da ferrugem (Matsuoka, 1985). A "ferrugem" chegou ao Brasil em novembro de 1986.

estações experimentais: uma em São Geraldo (MG) e outra em Itamogi (PR). A localização destas estações fora do Estado de São Paulo obedeceu à proibição da realização de testes para essa doença dentro dos limites do Estado. Recentemente, com a extinção do órgão de fiscalização ("Comissão do Carvão"), a COPERSUCAR passou a desenvolver os testes para esta doença nas estações experimentais existentes em São Paulo, tendo desativado suas estações em Minas Gerais e Paraná.

Durante as fases de seleção realizadas nas Estações Experimentais também são utilizados recursos da informática: o *software* denominado Banco de Dados do Melhoramento (BDM), armazena a informação sobre as características de todos os clones para auxiliar na seleção. Também a informação sobre a ocorrência de doenças é processada pelo *softwarwe* DATAFITO.

4) No oitavo ano, como produto do trabalho das Estações Experimentais, são selecionados um número máximo de 270 clones para serem testados em 18 ensaios instalados nas usinas cooperadas.

Nesses ensaios são avaliados indicadores de produtividade, resistência a doenças e é identificada a "curva de maturação" de cada variedade.

A fase final está constituída pelos Ensaios de Caracterização, onde se estabelece o perfil completo da variedade. Nestes ensaios, que vão do ano 12 ao ano 16 do Programa, os clones candidatos a variedades SP são avaliados de acordo com três parâmetros básicos: produtividade de cana (t/ha), pol[32] % de cana e resistência às doenças. Os resultados de florescimento, isoporização e resistência à broca são informativos, ou seja, não eliminam os clones altamente promissores.

Como produto final destes ensaios é possível classificar as variedades de acordo com sua "margem de contribuição", que é a diferença entre o aumento da receita bruta que se pode obter com os produtos e subprodutos (açúcar, álcool,etc) e o aumento dos custos variáveis na área agrícola (corte, carregamento e transporte) e do setor industrial (recepção, lavagem, etc).

3.3.6 Os recursos alocados ao Programa

A COPERSUCAR tinha investido no seu Programa de Melhoramento US$ 240 milhões até 1990. Além disso, como vimos anteriormente, foi montada uma infra-estrutura para desenvolver as pesquisas em Melhoramento, que chegou a contar com 9 estações experimentais.

Todavia, esta infra-estrutura foi sensivelmente reduzida em 1990, quando foram fechadas 5 dessas estações. Os cortes realizados obedeceram, certamente, à drástica redução orçamentária que sofreu o CTC a partir de 1990.

---

[32] Conteúdo total de açúcares recuperáveis.

A pergunta que cabe colocar é até que ponto essas restrições orçamentárias podem ter chegado a comprometer os resultados do Programa. Segundo o Coordenador de Melhoramento, a pesquisa não foi muito atingida porque a restrição orçamentária veio ao encontro de uma auto-avaliação da área de Melhoramento que indicava que o Programa estava hiperdimensionado em algumas áreas. Assim, por exemplo, chegou-se à conclusão de que era possível trabalhar com um número de *seedlings* menor pois, dada a experiência adquirida, era factível direcionar melhor os cruzamentos. Por outro lado, os resultados alcançados quanto a variedades adaptadas às condições agroecológicas da área de influência das diversas estações experimentais não mostraram tanta dispersão como era esperada num primeiro momento, ou seja, as variedades SP mostraram-se razoavelmente "ecléticas" para a lavoura da cana em São Paulo.

Cabe destacar que boa parte do ajuste feito pelo CTC a partir da restrição orçamentária recaiu sobre o Programa de Melhoramento, resultando no fechamento de 5 estações experimentais e na demissão de 54% do pessoal. Ao mesmo tempo, a participação do Programa no orçamento global do CTC, que chegou a ser de quase 40%, constitui hoje aproximadamente 28% do mesmo. Mesmo assim, o volume de recursos alocados a este Programa continua sendo muito significativo, da ordem de US$ 6,3 milhões ao ano.

Quanto aos recursos humanos, na fase inicial existiam 4 melhoristas e 8 técnicos, depois esse corpo técnico foi crescendo até chegar a 1990 com 32 profissionais de nível superior e 62 de nível médio. A partir desse ano a equipe foi reduzida para 26 profissionais de nível superior e 52 de nível médio, existindo também 382 funcionários de apoio. Portanto, ao todo são 460 pessoas trabalhando para o Programa, o que representa 55% do pessoal empregado no CTC. A área de Melhoramento emprega 24% dos profissionais de nível superior do CTC. Estes são, na sua grande maioria, agrônomos, existindo também alguns biólogos. Dos 26 profissionais de nível superior existentes nesta área, 14 têm nível de pós-graduação: 8 mestres e 6 doutores[33].

Com relação à capacitação dos recursos humanos, cabe destacar a formação de profissionais na área de genética molecular, a partir do envio de técnicos a realizar seu doutoramento na Universidade de Cornell (EUA). Isto faz parte da busca de fontes externas de capacitação em biotecnologia, estratégia consolidada a partir de convênios que apresentamos no item seguinte.

3.3.7 A biotecnologia e o Melhoramento

Nos últimos anos, a COPERSUCAR vem desenvolvendo pesquisas na área de biotecnologia

---

[33] O CTC emprega um total de 11 doutores, pelo que mais da metade estão no Melhoramento.

com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento do Programa de Melhoramento. Tais pesquisas têm três propósitos básicos: a) utilização da cultura de tecidos para micropropagação; b) elaboração do mapa genético da cana-de-açúcar; e c) transformação genética da cana-de-açúcar.

Para trabalhar em biologia molecular existem contatos com universidades americanas. Assim, em 1987 assinou-se um convênio, juntamente com a *Hawaiian Sugar Planters Association*, com a Universidade de Cornell (EUA), iniciando-se as pesquisas em 1989, a um custo anual aproximado, para a COPERSUCAR, de US$ 67 mil.

Os objetivos específicos de convênio são: a) determinar as relações genotípicas existentes entre as variedades comerciais e as espécies selvagens de cana-de-açúcar; b) desenvolver um mapa genético com a utilização de marcadores que identifiquem os fragmentos do DNA da cana-de-açúcar e; c) relacionar os marcadores com características de importância agronômica e industrial. Cabe destacar que são estudos pioneiros para a lavoura da cana-de-açúcar em nível internacional.

Os estudos sobre o primeiro item foram concluídos em 1990. A importância de determinar o grau de parentesco entre espécies de cana-de-açúcar radica, entre outras coisas, na possibilidade de explorar o vigor híbrido[34].

Quanto ao mapeamento, está se trabalhando com a técnica do *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP), e até 1991 tinham sido colocadas 25 marcas no mapa genético da cana-de-açúcar. A técnica do RFLP tinha sido utilizada no mapeamento de espécies com menor complexidade genética. No caso da cana-de-açúcar, dada sua complexidade, deveu-se recorrer a uma técnica auxiliar: *Single Dose Restriction Fragments* (SDRF). Para isso, estabeleceu-se um convênio com Californian Institute by Technological Research (CITR), a um custo anual de US$ 23 mil.

Por outro lado, também existe um convênio com a Universidade do Texas para mapeamento e transformação da cana-de-açúcar, a um custo anual de US$ 98 mil[35].

Após a conclusão do mapa, o passo seguinte será a determinação daqueles marcadores no DNA que estejam relacionados com genes que controlam a produtividade de açúcar e resistência

---

[34] De acordo com os estudos de genética, o vigor híbrido aumenta pelo efeito da heterosis quando os cruzamentos são realizados entre espécies com pouco grau de parentesco. Para testar esta hipótese, a COPERSUCAR está realizando cruzamentos entre materiais geneticamente distantes a partir dos resultados desses estudos.

[35] Estão participando neste convênio, além da COPERSUCAR, várias instituições: American Sugar Cane League, Bureau of Sugar Experiment Stations, Hawaiian Sugar Planters Association Experiment Stations, South African Sugar Experiment Station, Texas Agricultural Experimental Station e Agricultural Research Service of the United States Departament of Agriculture.

a doenças, para, posteriormente, trabalhar com plantas transgênicas, isto é, transferir genes de interesse agronômico de uma planta para outra. Mas isso ainda pertence ao terreno das especulações. Neste sentido, existem problemas técnicos não resolvidos para a transferência de genes em gramíneas[36]. Por outro lado, mesmo que fossem obtidas plantas transformadas com resistência às pragas, estas deveriam entrar como progenitores no Programa de Melhoramento, o que exigiria vários anos para obter resultados aplicados à lavoura, caso as características sejam transferidas às novas variedades. Mesmo assim, já está se trabalhando no desenvolvimento de uma técnica que permite a transformação da cana-de-açúcar utilizando a "cultura de tecidos". A técnica consiste na utilização de uma pistola de spray que injeta DNA de uma célula a outra. Os resultados alcançados até o momento com a utilização dessa técnica em cana-de-açúcar mostram sua viabilidade, pois já foi transferido um gene que determina cor azul, e a planta passou a multiplicá-lo como se fosse realmente parte de sua informação genética. Porém, ainda não foi feita nenhuma transformação de interesse agronômico.

Dadas as dificuldades para trabalhar com transferência de genes de uma planta a outra, têm sido procurados caminhos alternativos como, por exemplo, inserir nos vegetais genes de organismos mais simples, como vírus e bactérias, que têm a capacidade de produzir toxinas contra alguns insetos. Nesta linha, existe na COPERSUCAR a intenção de trabalhar com plantas transformadas para resistência a herbicidas (glyphosate)[37], proteção de insetos (por transferência de gene de *Bacillus thuringiensis*) e resistência a vírus (para a doença do "mosaico").

Está se pensando em transferir o gene do *Bacillus thuringiensis* que outorga proteção contra insetos, para o controle de *Diatreae* (broca) e *Migdolus*. No primeiro caso, os resultados teriam um menor impacto, pois já existem técnicas de controle biológico eficientes[38]. Já no caso

---

[36] Até o momento, os resultados de maior sucesso em plantas transgênicas foram obtidos através da utilização do vector *Agrobacterium tumefaciens* em dicotiledôneas. Mas este vetor não pode ser utilizado para a transferência de *Plasmodium* no caso das gramíneas, não existindo nenhum vetor alternativo até o momento.

[37] A criação de variedades resistentes a herbicidas é uma das áreas onde existem mais resultados concretos da biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas. Isto se deve, pelo menos em parte, aos investimentos feitos pelas grandes companhias com interesses na área dos agro-químicos. No caso do glyphosate (Round-up) o gene já está disponível.

[38] O método de controle biológico da Broca (*Diatrea sacharallis*) foi desenvolvido pela COPERSUCAR e pelo PLANALSUCAR. Atualmente existem 50 empresas que possuem laboratório para controle biológico da Broca. Assim, o índice de infestação na região que era de 15% em 1976, chegou a apenas 3,3% em 1991.

de *Migdolus*, embora não se trate de uma praga tão generalizada como a broca, os resultados podem ser mais importantes pois, com a proibição da utilização dos inseticidas organo-clorados, não existem meios efetivos para o combate a essa praga.

Outra alternativa a explorar é a transformação de microrganismos endófitos da cana[39] pela incorporação de genes que determinam a produção de toxinas e protegem as plantas do ataque de certos insetos. Foi identificada a bactéria *Acetobacter*[40] como endofítica e agora está se trabalhando na transferência do gene de *Bacillus thuringiensis* para esse microrganismo.

Com relação ao controle de doenças provocadas por vírus, existe a possibilidade de transferir genes que codificam a produção de uma proteína presente na capa do vírus, que quando produzida pela planta, inibe a infestação de novas células por parte do vírus. Existem informações de que na Austrália já foi isolado um gene que determina resistência específica ao "mosaico" da cana, mas as pesquisas neste sentido ainda são incipientes.

Com relação às características que definem produtividade e resistência a outras doenças, por serem de determinação multi-gênica, a aplicação da engenharia genética ainda está muito distante.

Assim, pode-se concluir que a aplicação da biotecnologia ao melhoramento genético ainda apresenta importantes obstáculos técnicos a serem superados[41], ainda que resultados sejam esperados no médio e longo prazo.

A expectativa é que o desenvolvimento da genética molecular possa reduzir a incerteza inerente aos métodos de "tentativa e erro" do melhoramento convencional, auxiliando na escolha dos progenitores para os cruzamentos e reduzindo o número de cruzamentos e, conseqüentemente, os custos das pesquisas. Essas técnicas, entretanto, potencializam, mas não substituem o melhoramento convencional.

---

[39] Microrganismos endófitos são aqueles cujo habitat natural está associado a determinada espécie de planta.

[40] As pesquisas em *Acetobacter* começaram a ser realizadas com outro objetivo, que é a possível existência de fixação biológica de nitrogênio em cana-de-aúcar. Esta hipótese foi levantada pela pesquisadora Johanna Döbereiner da Embrapa. A capacidade de fixação seria diferenciada de acordo com a variedade (Döbereiner, 1990) o que traria novos desafios para o melhoramento genético. A COPERSUCAR está participando destas pesquisas através de um convênio com a EMBRAPA, mas ainda não se chegou a nenhum resultado conclusivo sobre a fixação biológica de nitrogênio em cana-de-açúcar.

[41] Evemtualmente são feitas previsões espetaculares sobre o possível impacto da engenharia genética, do seguinte tipo: "desde que identificados, por meio de uma fragmentação do DNA, os genes podem ser transferidos de uma planta para outra, gerando variedades com mais açúcar ou de crescimento mais rápido, ou até mesmo, montados para formar uma super-cana, num processo parecido com aquele que deu origem ao Frankstein" (Keller, 1991). Mas a partir dos obstáculos apontados anteriormente, estas previsões cedem lugar a expectativas mais cautelosas.

3.3.8 Os resultados do programa

Foram necessários 13 anos desde os primeiros cruzamentos até o lançamento das primeiras 12 variedades SP em 1983. Nos anos seguintes, essas variedades se difundiram rapidamente, alcançando também as unidades não integradas à COPERSUCAR (ver Tabela 6) [42].

Tabela 6 Evolução da área ocupada (em %) pelas variedades SP, nas empresas sucro-alcooleiras do Estado de São Paulo, 1981-1991

Tipo de empresa	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Cooperada	5	8	14	22	34	43	52	63	70	75	80*
Não cooperada	s/d	s/d	s/d	14	22	31	42	56	65	73	s/d

* Previsão

Fonte: elaborado a partir dos dados do Censo Varietal Quantitativo da COPERSUCAR. Anos: 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990.

Primeiramente foram substituídas as variedades CB 41-76, IAC 52-150, IAC 48-65, e outras variedades CB e IAC, para depois alcançar a NA 56-79 (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Principais variedades em % utilizadas pelas unidades cooperadas (1981-1991)

Variedades	1981	1985	1991
Diversas	51,3	26,1	6,8
NA 56-79	45,0	39,6	11,7
SP	4,5	33,8	80,3

Fonte: Censo Varietal Copersucar.

Das variedades SP lançadas em 1983, três delas tiveram uma maior aceitação entre os produtores: SP 70-1143, SP 71-1406 e SP 71-6163. O gráfico 1 mostra a clara superioridade das variedades SP com relação às variedades então utilizadas como padrão (IAC 52-150 e NA 56-79 e CB 41-76).

A SP 70-1143 expandiu-se rapidamente até chegar a ser a mais plantada no Estado em 1988, devido a sua alta produtividade agrícola, rusticidade, e adaptação a solos de baixa fertilidade com presença de nematóides. A SP 70-1143 ocupa hoje 27,4% dos canaviais

---

[42] Aqui deve ser considerado que a cana-de-açúcar é uma lavoura plurianual, sendo que a área renovada a cada ano fica em torno de 20%. Por isto, o processo de substituição varietal é necessariamente mais lento do que em lavouras anuais. Outro fator que retarda a substituição varietal é a prática do agricultor de produzir suas próprias mudas. Neste caso, a taxa de multiplicação é de 1:10, isto é, um viveiro tem capacidade de produzir mudas suficientes para o plantio de uma área dez vezes maior. Por isto, leva aproximadamente cinco anos para obter as mudas necessárias para que uma nova variedade possa ocupar uma área significativa de cultivo. Estas restrições reforçam a idéia de que a substituição varietal foi especialmente dinâmica no período analisado.

paulistas.

A variedade SP 71-1406 também se expandiu rapidamente, principalmente a partir de 1987, pela substituição de parte da área ocupada pela NA 56-79. Entretanto, esta variedade tem perdido seu lugar entre as mais plantadas por ter se mostrado suscetível à "ferrugem". Mesmo assim, a SP 71-1406 ocupa hoje 21,4% da área cultivada com cana em São Paulo.

Recentemente, outra variedade SP passou a ser a preferida entre os produtores paulistas: a SP 71-6163. Esta preferência se explica pela riqueza em sacarose desta variedade e por ser uma opção frente ao aparecimento da "ferrugem" na SP 71-1406. Hoje a SP 71-6163 ocupa 15,8% da área cultivada em São Paulo, mas sua participação tende a crescer, pois no último ano ocupou 29% da área de renovação na lavoura das unidades cooperadas.

Vemos, então, que as três variedades mencionadas (SP 70-1143, SP 71-1406 e SP 71-6163) ocupam hoje 64,6% da lavoura. Também existem outras variedades SP da primeira geração com destaque, como a SP 70-1284 e a SP 70-3370, mas sua participação é bem menor.

Deve ser destacado que a participação das empresas do setor no Programa de Melhoramento tem superado o papel de adotantes passivos de novas variedades. Em primeiro lugar, várias empresas cooperadas participaram diretamente no Programa através dos ensaios desenvolvidos nas suas terras. Isto explica o fato de que, em 1981, quando as variedades SP ainda não tinham sido lançadas oficialmente, as mesmas já ocupavam uma área de 4,5%, que em 1982 cresceu para 7,2% nas unidades cooperadas. Nestes casos, como já existia informação sobre o desempenho dos clones SP nas condições específicas dessas usinas, as mesmas se adiantaram na reprodução dos materiais mais promissores. Esta reprodução inicial permitiu a obtenção de mudas para a grande expansão das variedades SP que viria depois.

Por outro lado, nas duas últimas décadas algumas das grandes usinas têm montado seus próprios departamentos de assistência técnica agronômica que, além de acompanhar os ensaios realizados pela COPERSUCAR, estão desenvolvendo ensaios paralelos (aí são testadas, além das variedades SP, variedades de outras instituições, como PLANALSUCAR, IAC, etc). Em alguns casos, a metodologia empregada é a mesma do Programa da COPERSUCAR, destacando-se assim uma forma específica de contribuição do CTC para a capacitação das empresas cooperadas.

Ao mesmo tempo, nos últimos anos, algumas grandes usinas estão investindo na criação de laboratórios de cultura de tecidos para reproduzir, de forma rápida e livre de doenças, o novo material genético. A decisão de criar uma instalação deste tipo é explicada pela

expectativa de que nos próximos anos, quando os Programas (tanto da COPERSUCAR como do PLANALSUCAR) alcançarem sua maturidade, possa ocorrer uma aceleração do processo de substituição varietal. A estratégia destas empresas é reproduzir rapidamente os materiais promissores para "sair na frente" na exploração comercial desses materiais.

No ano 1989 a COPERSUCAR lançou 8 novas variedades e, em 1991, 5 mais. A Cooperativa espera que agora, com o amadurecimento do Programa, seja possível lançar novas variedades todos os anos.

Estes últimos lançamentos são muito recentes para poder avaliar sua aceitação pelos produtores. Existem até algumas estimativas de que não existe nenhum material que se destaque especialmente frente às variedades hoje cultivadas. Entretanto, hoje as opções tendem a se diversificar com a entrada de algumas variedades do PLANALSUCAR (RB). Assim, as variedades RB estão aumentado sensivelmente sua participação, em especial pela aceitação da RB 72-454, que aparece como uma opção à SP 71-1406 (Gheller et al., 1990)

Em síntese, o rápido processo de difusão das variedades SP é um primeiro indicador do sucesso alcançado pelo Programa de Melhoramento da COPERSUCAR. A incorporação destes materiais representou um patamar superior de produtividade para a lavoura, assim como permitiu enfrentar alguns problemas específicos que surgiram nesse período. Entre esses problemas destaca-se o aparecimento de algumas doenças, como "carvão" e "ferrugem", pois caso não existissem as novas variedades e, caso a NA 56-79 continuasse se expandindo, o "carvão" teria, muito provavelmente, dizimado a lavoura em São Paulo. É provável que para seu controle fosse necessário recorrer ao uso de variedades resistentes, embora pouco produtivas, como ocorreu com a epidemia de "carvão" de 1964, quando a Co 419 precisou ser substituída pela CB 41-76, por falta de melhores opções.

Entretanto, ainda que as SP representem um avanço com relação ao controle de doenças, não deve ser esquecido que existe hoje uma forte concentração em apenas três variedades, sendo que por razões fitossanitárias não é conveniente que uma variedade ocupe mais de 20% da lavoura.

Ao mesmo tempo, a existência de algumas opções varietais, como a SP 70-1143, que permitiu a expansão da lavoura para solos marginais, pode ser considerado um resultado importante do programa[43]. Entretanto, existe muito de acerto casual neste resultado, pois

---

[43] Cabe destacar que a viabilização da lavoura em solos de baixa fertilidade não ocorreu apenas pelo uso de variedades especialmente adaptadas, senão também pelo aperfeiçoammento de outras práticas culturais como, por exemplo, a aplicação da vinhaça como fertilizante.

quando o cruzamento foi realizado (1970) ainda não se previa a expansão da lavoura para solos pobres. O sub-programa para obter variedades para solos de baixa fertilidade começou apenas em 1979 (junto com a 2a. fase do Proálcool), sendo desativado sem chegar a resultados.

O outro objetivo importante em termos de melhoramento de cana-de-açúcar em São Paulo era obter variedades precoces. Neste sentido, nenhuma das variedades SP logrou superar a NA 56-79, sendo ainda prática comum em muitas usinas começar a safra por esta variedade.

Existem estudos feitos pela COPERSUCAR mostrando que, no período 1986-1990, a entrada das variedades SP representou um aumento de rendimento de 5 ton./ha (7% de aumento), e um ganho no teor de açúcar de 0,82 pontos pol% cana (correspondente a 6% de aumento). Isto foi suficiente para provocar um aumento na "margem de contribuição" de US$ 95 por hectare, que corresponde a um aumento de 31%. O mesmo estudo também mostra que só na safra 89/90 para o estado de São Paulo, o aumento na "margem de contribuição" devido às variedades melhoradas foi da ordem de US$ 75 milhões (COPERSUCAR, 1991b). Portanto, a relação custo/benefício do Programa teria sido altamente favorável.

No entanto, deve ser considerado que este êxito é relativo, pois está medido em comparação às deficiências das variedades até então disponíveis, em especial, com relação ao conteúdo de açúcar. Por isto, o maior desafio para o Programa, a partir de agora é lançar outras variedades SP sensivelmente superiores àquelas hoje utilizadas, visando a ganhos exponenciais. Estes ganhos seriam alcançados através da "seleção recorrente" (uso das mesmas variedades SP como progenitores). A COPERSUCAR está realizando esta prática desde 1985, mas ainda é muito cedo para saber se serão alcançados esses ganhos exponenciais.

3.4 TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Para analisar a dinâmica tecnológica de um setor industrial, de acordo com Pavitt (1984), é necessário identificar quais são as principais fontes de inovação nesse setor. Este autor aponta que geralmente existe um padrão setorial específico de geração das inovações. Neste sentido, ele diferencia quatro grandes tipos de setores: a) dominados pelos fornecedores; b) intensivos em escala; c) fornecedores especializados e; d) fortemente embasados no desenvolvimento da ciência.

O primeiro tipo é característico dos setores em que existem poucas firmas que fabricam produtos complexos para um grande número de pequenas unidades independentes, onde cada uma destas unidades possui, geralmente, uma baixa competência científica e tecnológica. Neste tipo,

Pavitt identifica agricultura e agroindústria como setores característicos.

Embora seja necessário precisar melhor o alcance do termo "dominado pelos fornecedores" para o caso estudado, deve-se reconhecer a importância da indústria produtora de bens de capital na definição do padrão tecnológico das empresas do setor sucro-alcooleiro. Por isto, apresentamos, a seguir uma breve discussão da dinâmica inovativa do setor produtor de bens de capital para o setor, com o propósito de contextualizar adequadamente a contribuição da COPERSUCAR.

3.4.1 Indústria produtora de equipamentos e inovação

No Brasil a indústria produtora de equipamentos para o setor sucro-alcooleiro já estava se desenvolvendo na década de 1920 com a criação da empresa Dedini. Esta empresa originariamente foi uma pequena oficina de reparos que passou a fabricar componentes para, mais tarde, chegar a produzir praticamente todos os equipamentos necessários para a indústria sucro-alcooleira.

A outra grande empresa produtora de bens de capital para o setor, a Zanini, teve uma origem semelhente à Dedini, surgindo na década de 50 a partir de uma oficina de reparos de componentes dos equipamentos da indústria sucro-alcooleira na região de Ribeirão Preto. A necessidade de contínua manutenção nas usinas, especialmente pelo desgaste permanente de alguns componentes da moenda, foi um fator que favoreceu o desenvolvimento deste tipo de empresa.

Assim, a Dedini e a Zanini passaram a dominar completamente o setor produtor de bens de capital para a indústria sucro-alcooleira, com participação bem menor de outras empresas que produzem certos componentes muito específicos. No ano 1975, quando se iniciou o Proálcool, a Dedini respondia por 55% das vendas de equipamentos para o setor e a Zanini por 23%, correspondendo o restante 22% a outras 13 empresas menores. Devido a esta elevada concentração, o setor produtor de equipamentos para a agroindústria sucro-alcooleira tem sido caracterizado como fortemente oligopolizado (CNPq, 1980).

Na maioria dos casos, a tecnologia incorporada nos equipamentos já era de domínio público nos centros industriais da Europa e Estados Unidos, tratando-se de um caso de assimilação eficaz dos princípios básicos de construção mecânica e de funcionamento das máquinas e equipamentos que se pretendia produzir (Negri, 1977). Mas a partir da década de 1950 passou a ser prática mais frequente a aquisição de tecnologia estrangeira.

O aumento do número de usinas em São Paulo até meados dos 50, e seu crescimento posterior, gerou um mercado para a indústria produtora de bens de capital. Mas o mercado de equipamentos para o setor sucro-alcooleiro sempre teve uma demanda descontínua, o que levou a indústria de bens de capital a procurar a diversificação.

A diversificação, embora justificável do ponto de vista da segurança empresarial, foi desfavorável para o desenvolvimento tecnológico, pois sendo esse um dos resultados naturais do crescimento sustentado da produção, a regularidade das encomendas assume uma importância vital. Assim, as empresas perderam a possibilidade de usufruir das denominadas economias de especialização (CNPq, 1980)[44].

Optando por trabalhar com uma linha razoavelmente diversificada de produtos, teria sido muito difícil para esta indústria manter esforços de pesquisa e desenvolvimento nas suas várias áreas de atuação. Por isto, como complemento da diversificação, seguiu-se uma estratégia de licenciamento de tecnologia estrangeira. Isto permitiu internalizar a produção de uma grande gama de equipamentos, mas criou uma forte dependência em relação ao licenciador estrangeiro quanto à engenharia de projeto (ibid).

No entanto, observa-se que nos seus esforços de diversificação, as indústrias produtoras de bens de capital utilizaram tecnologia mais sofisticada do que a utilizada para o setor sucro-alcooleiro. A explicação encontra-se na incapacidade da demanda de induzir inovações: "essa relativa estagnação tecnológica está diretamente relacionada ao comportamento do empresário do setor açucareiro-alcooleiro, o qual não pressiona os produtores de equipamentos para a produção de novos produtos e/ou melhoria dos já existentes" (CNPq, 1980:274).

A partir destes elementos pretende-se explicar, por exemplo, a não substituição da moenda pelo difusor[45]. Neste sentido é apontado que apesar do difusor alcançar um maior grau de extração e menor consumo de energia do que a moenda, como não houve pressão da demanda, os produtores de bens de capital também não tiveram a iniciativa de desenvolver esse equipamento, pois essa mudança tecnológica ameaçaria seu próprio mercado de moendas[46].

No caso da produção de álcool, aos fatores anteriormente apontados, soma-se o fato da expansão da produção ter sido muito vertiginosa e a maior parte das plantas ter se originado a partir de projetos "chave em mão" o que dificultou a assimilação da experiência a partir da relação

---

[44] Os limites à especialização, devido ao pequeno tamanho do mercado, não existiram apenas para o setor produtor de equipamentos para a indústria sucro-alcooleira, senão que foi um problema geral para o desenvolvimento da indústria de bens de capital nos países menos desenvolvidos.

[45] O difusor ao invés de triturar a cana, como no caso da moenda, extrai o caldo por osmose, com a utilização de pressão e calor.

[46] Cabe destacar que boa parte das vendas no mercado de moendas derivam da necessidade de aquisição de peças para reposição, pois os componentes da moenda estão sofrendo um permanente desgaste. Já no caso do difusor, a necessidade de peças de reposição parece ser bem menor.

usuário-fornecedor como via para a capacitação tecnológica.

Nesse contexto de escasso dinamismo tecnológico, vamos analisar o papel que coube à COPERSUCAR e sua contribuição para o desenvolvimento da tecnologia industrial.

3.4.2 A origem da pesquisa industrial na COPERSUCAR

A Divisão de Tecnologia Industrial do CTC teve sua origem no Departamento de Assistência Técnica da Cooperativa. Este Departamento estava formado por um grupo de engenheiros que procuravam soluções para os problemas operacionais enfrentados no dia a dia pelas empresas cooperadas. Tratava-se, utilizando a expressão de Katz (1975), da utilização de um conjunto de conhecimentos para aperfeiçoar as regras de engenharia empregadas na produção. Muitos destes conhecimentos traziam soluções conhecidas para problemas também conhecidos, mas não por isso careceram de importância explicativa com relação ao aumento da produtividade.

A ênfase na assistência técnica por parte da COPERSUCAR sempre se manteve, sendo atualmente dedicados a esta atividade 70% dos recursos alocados à Divisão Industrial. No entanto, a empresa foi estendendo seu campo de atuação, incluindo atividades de detalhamento de projeto, transferência e adaptação de tecnologia, pesquisa e desenvolvimento industrial.

A primeira experiência que representou uma ampliação do campo de atividades tecnológicas da Cooperativa foi a transferência e adaptação de tecnologia de moagem na década de 70.

3.4.3 As inovações "incrementais" na moenda

A referida experiência de transferência de tecnologia foi iniciada em 1974. Naquela época, constatava-se que a produtividade das moendas brasileiras era muito inferior à alcançada por outros países produtores de açúcar de cana, como Austrália e África do Sul.

Assim, procurou-se transferir a tecnologia de moagem da África do Sul para o Brasil. Para isso, foi contratada a assessoria da Deon Hullet que trabalhou de forma articulada com os engenheiros do Departamento de Assisténcia Técnica.

O resultado desse trabalho consistiu na incorporação de uma série de equipamentos "periféricos" às moendas já existentes:

- Mesas de 45° para favorecer uma maior regularidade na alimentação e propiciar uma lavagem da cana mais eficiente.

- "Picadores" e "Desfibradores", que facilitam a abertura das células para a extração da sacarose (elevando o índice de "open cells" para 80 a 85%)

- Calha "Donnelly" que é um sistema de alimentação da moenda por gravidade que força

a alimentação pelo peso da coluna de cana formada em seu interior e possibilita a instalação de dispositivos de controle automático para alimentação das moendas.

- "Rolo de pressão" ou "4° rolo" da moenda, com a finalidade de melhorar a alimentação e aumentar a capacidade de trabalho da moenda.

- Sistema de "embebição composta", que consiste na adição de água de embebição no último terno da moenda para que o caldo extraído retorne ao terno anterior, em contra corrente com o fluxo da cana.

- Uso de solda especial nos flancos dos frisos para aumentar a rugosidade e assim melhorar a "pega" da cana na moenda.

Além disso, a aceleração no ritmo da moagem levou à necessidade de reprojetar alguns dos outros componentes da moenda, para minimizar os problemas de quebra. Neste caso, os engenheiros da Cooperativa tomavam o projeto básico dos equipamentos e, a partir da experiência sobre o desempenho deles nas usinas, eram identificados os "gargalos" e, em seguida, eram reprojetados. Os principais componentes ajustados pela COPERSUCAR foram eixos da moenda, pinhão, sistema de transmissão, sistema de vedação dos mancais dos eixos da moenda, etc.

Os trabalhos desenvolvidos iam desde a elaboração do projeto detalhado para o dimensionamento e fabricação destes equipamentos até sua montagem nas usinas. Assim, a COPERSUCAR estabeleceu uma articulação institucional entre a indústria produtora de equipamentos e as empresas cooperadas, como forma de estabelecer os *feedbacks* necessários entre as fases de desenho, construção, montagem e operação dos novos equipamentos. Esta articulação foi alcançada a partir das seguintes atividades: 1) estudos de pré-factibilidade e elaboração de anteprojetos para instalação de um novo equipamento, reformulação da instalação e do *lay-out* existente ou criação de uma instalação totalmente nova; 2) uma vez escolhida a alternativa mais conveniente, o projeto passava à fase de detalhamento e definição das especificações para sua fabricação; 3) acompanhamento e inspeção do fornecedor para constatar o cumprimento das especificações combinadas e; 5) assessoramento na montagem e operação dos novos equipamentos nas usinas cooperadas. Este tipo de atuação ocorreria não apenas na moenda, senão também nas restantes fases do processo.

No caso da moenda, o resultado da introdução dos novos equipamentos foi o aumento significativo da capacidade de extração e da produtividade: na extração passou-se de 92,5-93% para 96-97%[47]; o "pol" do bagaço[48] foi reduzido de 3-4% para 1,5% e a capacidade de trabalho das

---

[47] Este indicador refere-se à recuperação de sacarose no caldo extraído com relação à sacarose total presente na matéria-prima.

moendas aumentou de 240 ton de cana/hora para 400 ton/hora.

A maioria dos "periféricos", embora não utilizados integralmente por todas as empresas, são hoje de uso generalizado nas usinas paulistas, tanto nas unidades cooperadas como nas não cooperadas. Um fator que favoreceu sua difusão foi a necessidade de crescer rapidamente a partir do Proálcool. Por outro lado, sua difusão foi facilitada por se tratar de equipamentos de baixo custo quando comparado com o investimento necessário para a instalação de uma nova moenda, e porque se tratava de uma tecnologia complementar, compatível com a base tecnológica já existente na indústria[49].

Assim, no final dos 70 e início dos 80 as usinas paulistas puderam crescer significativamente através do aperfeiçoamento de suas moendas, pois como vimos nos indicadores apresentados acima, foi possível praticamente dobrar a capacidade de produção com os mesmos equipamentos.

Para ilustrar o impacto que os "periféricos" provocaram na eficiência das moendas vamos citar o caso de duas das maiores usinas do Estado associadas à COPERSUCAR. Na empresa A a capacidade de trabalho das moendas passou de 409 ton/hora em 1978, para 650 ton/hora em 1983, representando um aumento de produtividade de 60%. Por sua vez, o aumento do ritmo da moenda da empresa B foi de 67%. Na extração também houve aumentos significativos: a empresa A passou de 92,5% a 96,5%, chegando em alguns períodos da safra até 97,5%, enquanto na empresa B partiu-se de uma extração de 88,7% para chegar até 96,5%.

Podemos ver que a COPERSUCAR fez uma importante contribuição para o aperfeiçoamento das moendas. O caminho escolhido foi o das inovações "incrementais", pois embora as mesmas aumentassem significativamente a produtividade, não alteraram substancialmente o processo. A escolha deste caminho frente à possibilidade de substituir a moenda pela difusão é explicada pelo Coordenador da Divisão Industrial do CTC da seguinte forma: "O aperfeiçoamento da tecnologia de moagem, como alternativa à introdução e desenvolvimento do processo de difusão, foi uma conseqüência lógica da situação vigente em 1974: praticamente não havia difusores no País e o grande número de moendas justificava o esforço de desenvolvimento. Como conseqüência, hoje, os bons resultados obtidos tornam difícil qualquer mudança nesta direção" (Macedo, 1984).

Vemos que, de certa forma, a opção pelo aperfeiçoamento das moendas bloqueou a

---

[48] O pol do bagaço representa a quantidade de açúcar que não é efetivamente recuperada e que se perde junto com este subproduto.

[49] A ampliação da capacidade de trabalho dos equipamentos foi especialmente importante, pois a moenda representa aproximadamente 30% do investimento de uma planta industrial de açúcar e álcool.

introdução do difusor, o que está de acordo com a idéia de que existem trajetórias preferenciais para o desenvolvimento tecnológico que têm um forte efeito de exclusão sobre outras alternativas tecnicamente possíveis. Além disso, mostra que a difusão de uma nova tecnologia não depende apenas de sua superioridade frente à antiga, senão também dos aperfeiçoamentos que possam ocorrer na base técnica anterior.

Porém, o caminho "incremental" mostra também alguns dos limites da experiência da COPERSUCAR que se fundamenta no "*learnig by doing*" ou no "*learning by using embodied*", mas sempre trabalhando sobre uma base técnica já existente. Dessa forma, a capacidade de alterar essa base técnica com a introdução de "novas" tecnologias apresentou maiores obstáculos.

O sucesso alcançado pelo aperfeiçoamento da moenda é um elemento importante para entender a decisão da COPERSUCAR de dar um passo a frente nos investimentos em P&D através da criação do Centro de Tecnologia Copersucar em 1979. Assim, a criação do CTC pode ser vista como o resultado da experiência anterior, reunindo as atividades de pesquisa na área agrícola e industrial que já estavam sendo desenvolvidas. Além disso, essa decisão deve ser contextualizada no marco de expansão setorial criado pelo Próalcool, que além de aportar significativos recursos para o setor, trouxe novos desafíos tecnológicos. Por isto, depois da expansão da capacidade produtiva através do aperfeiçoamento da moenda, a atenção passaria a estar centrada, fundamentalmente, no domínio da tecnologia de produção de álcool.

3.4.4 Tecnologia de produção de álcool

De forma simplificada, o processo convencional de produção de álcool compõe-se das seguintes fases: a) preparo do mosto com uma mistura de caldo de cana, melaço e água; b) fermentação do mosto em dornas, que são tanques cilíndricos com trocadores de calor para o resfriamento do vinho durante a fermentação; c) uma vez obtido o teor alcoólico máximo, o conteúdo é enviado à seção de centrifugação onde são separadas duas correntes, uma mais pesada, que contém as leveduras, e a outra mais leve, que contém a maioria do álcool produzido; d) a fase leve é enviada à seção de destilação e a pesada, à seção de tratamento para a recuperação do fermento; e e) na destilação, o efluente é concentrado para a produção de álcool hidratado, podendo ser, após isso, desidratado com utilização de benzeno, para a produção de álcool anidro.

No início do Proálcool, o principal problema tecnológico que se apresentava para a produção do álcool era a baixa eficiência do processo fermentativo, que em média para as empresas do setor era de 75%. Entretanto, no período posterior à implantação do Proálcool ocorreu um avanço no

rendimento, que reflete um melhor domínio da tecnologia já disponível. Assim, comparando os indicadores das empresas cooperadas no período 77/78 a 82/83 observa-se a seguinte evolução: a) o rendimento fermentativo se elevou de 82,9 para 86,3%; b) o teor alcoólico aumentou de 7,50% para 9,18%; c) o tempo médio de fermentação conseguiu ser reduzido de 14,5 hs. para 13,2 (Macedo, 1984). Estes ganhos ocorreram a partir de um processo de "*learning by doing*", pois não houve maiores alterações da tecnologia empregada.

Em trabalho publicado pela COPERSUCAR em 1983, destacava-se que esse caminho tendia a se esgotar e que maiores aumentos só seriam possíveis com investimentos em controle e desenvolvimento de processo, e não apenas pela assistência técnica e difusão da tecnologia disponível no momento (Finguerut et al., 1983).

O processo fermentativo empregado em geral no Brasil é o Melle-Boinot ou "batelada", onde a fermentação é realizada em várias dornas, mas cada dorna é preenchida separadamente com o mosto e levedura, sendo esta última recuperada por centrifugação no final do processo. Em nível internacional já foram desenvolvidos alguns processos alternativos que se identificam genericamente como "fermentação contínua"[50].

Entre os processos de "fermentação contínua" desenvolvidos internacionalmente que tiveram maior significado para a produção de álcool podemos citar: 1) processo desenvolvido pela Hoechst (Alemanha) e Uhde (Áustria) que utiliza leveduras floculantes; e 2) processo desenvolvido pela Alfa Laval (Suécia) que utiliza leveduras osmófilas (fixadas em membranas osmóticas), que resistem a altas concentrações de açúcar/álcool no mosto.

No início dos 80, houve tentativas, por parte das indústrias produtoras de equipamentos para o setor, de introduzir alguns destes processos de fermentação contínua a partir do licenciamento de tecnologia estrangeira.

Assim, a empresa Codestil/Dedini licenciou a tecnologia da Alfa Laval chegando ao processo Biostil em 1982. Tal processo tinha a capacidade de reduzir sensivelmente a produção de vinhaça: de 13 litros deste sub-produto por litro de álcool no processo convencional, para 0,5 a 3,5 litros de vinhaça por litro de álcool na fermentação contínua. A mesma empresa lançou em 1983, o processo Codestil que é a chamada fermentação em "cascata", onde a fermentação não se realiza numa única dorna, mas em várias que estão interconectadas.

---

[50] Estes sistemas foram desenvolvidos para a recuperação do álcool sem necessidade de interromper o processo para separar a levedura por centrifugação. No sistema convencional as leveduras estão suspensas e saem junto com o efluente. Por isto, foram desenhados sistemas como "leveduras floculantes" ou "células imobilizadas" que procuram manter a levedura no interior do fermentador e assim evitar sua perda junto com o efluente.

Por outro lado, a firma Inter-Uhde licenciou o processo desenvolvido pela Hoechst/Uhde, lançando o processo Interloop, em 1984.

Já a Zanini procurou desenvolver um esforço endógeno, montando um Departamento de P&D com linhas de pesquisa na área fermentativa no início da década de 80. Em 1982 investiu 3,2% do seu faturamento neste Departamento. Porém, não chegou a atingir os resultados esperados, o que motivou uma redução do investimento até a quase total desativação das atividades de P&D (Frausino & Silveira, 1990).

Todos estes processos foram introduzidos em algumas destilarias do Estado, mas apresentaram sérios problemas no seu desempenho, sendo, na maior parte dos casos, desativados.

Assim, a "fermentação contínua" apresentou problemas de viabilidade técnica. Um destes problemas era manter a estabilidade das condições da fermentação, pois como a composição do mosto (relação de açúcares e não açúcares) é variável em nível industrial, é difícil manter a efetiva operação do sistema. Por outro lado, ocorreram problemas com a viabilidade da levedura. O microrganismo mais utilizado, *Saccharomyces cerevisie*, não apresentou um bom desempenho em concentrações elevadas de glicose e etanol ao mesmo tempo, pois o projeto original foi pensado para trabalhar com um teor alcoólico baixo (5-6%) e não com mais de 9%. Ao mesmo tempo, no caso das leveduras floculantes, o processo foi desenvolvido para trabalhar com melaço e não com caldo, onde existem impurezas que obstaculizavam a continuidade do processo.

Por outro lado, um dos objetivos da introdução destes processos, que era a redução da produção de vinhaça por ser um efluente altamente poluente, deixou de existir quando foi viabilizada a aplicação deste resíduo como fertilizante à lavoura.

Na COPERSUCAR, as linhas de pesquisa na área de fermentação alcoólica foram orientadas em duas direções: a) aumento da eficiência fermentativa; e b) desenvolvimento de novos processos fermentativos.

A maior ênfase das pesquisas esteve na área de eficiência dos processos fermentativos. A explicação dada por pesquisadores do Centro é que, dado que a matéria-prima representa mais de 60% dos custos de produção, o mais importante é esgotar essa matéria-prima, alcançando a máxima eficiência possível na conversão do açúcar em etanol. Assim, o objetivo de aumentar a produtividade (produção de álcool por unidade de equipamento e de tempo) estaria em segundo lugar.

As pesquisas desenvolvidas na área de rendimento fermentativo referem-se ao conhecimento da fisiologia fermentativa nas condições específicas das empresas cooperadas e ao desenvolvimento dos controles fermentativos e incorporação de instrumentação e automação de processo.

Em 1987, a COPERSUCAR montou seu Laboratório de Desenvolvimento Industrial, num investimento de US$ 2,5 milhões, para trabalhar em três sub-áreas: Biotecnologia, Materiais, Instrumentação e Controle de Processo. O Laboratório de Biotecnologia foi construído para realizar pesquisas na área de fermentação. Possui dois fermentadores de bancada, um fermentador piloto, luminômetro para medir níveis de atividade celular e um laboratório de microbiologia. Além de desenvolver alguns processos de forma piloto, e por isso ser um laboratório de "scale up", é principalmente um laboratório de "scale down", pois procura reproduzir, em escala de laboratório, o processo industrial para poder isolar o efeito de determinadas variáveis sobre o desenvolvimento do processo fermentativo.

Além das pesquisas desenvolvidas "*in house*" foram contratados alguns estudos sobre fermentação etílica em universidades e institutos de pesquisa. Neste sentido, foi realizado um estudo junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), com o objetivo de empregar a microaeração para favorecer a atividade fermentativa. Também se procurava, através destas pesquisas, reduzir a formação de sub-produtos (ácidos orgânicos, glicerol, etc.) durante a fermentação. Recentemente, a COPERSUCAR assinou um convênio com o Instituto de Química da UNICAMP para estudar o potencial da microcalorimetria na instrumentação para controle da fermentação.

As pesquisas sobre fermentação contínua iniciaram-se no CTC em 1980, a partir da contratação de um consultor francês, procurando transferir um processo (semelhante ao da Alfa Laval) existente nesse país. O sistema original trabalhava com uma única dorna. Como este processo não se mostrou viável para as condições do Brasil, foi necessário repensá-lo e realizar vários ajustes, até chegar ao sistema de três dornas conectadas em "cascata" que está sendo difundido atualmente[51].

Hoje existem 4 empresas cooperadas que possuem o sistema de fermentação contínua da COPERSUCAR e outras 8 que adaptaram o sistema em "batelada" para semi-contínua a partir da ligação das dornas. A estimativa é que possa ocorrer uma maior substituição do processo convencional pelo contínuo da COPERSUCAR, na medida em que as unidades cooperadas precisem renovar seus equipamentos de fermentação. Segundo os técnicos do CTC, as vantagens obtidas não justificariam a substituição antes do esgotamento da vida útil dos equipamentos já instalados[52].

---

[51] Com a utilização de várias dornas procura-se diminuir o efeito inibitório de uma alta concentração de etanol sobre a atividade celular da levedura, acelerando as primeiras fases do processo e, consequentemente, reduzindo o tempo de residência e a mortalidade do fermento.

[52] A vida útil dos equipamentos de fermentação é de aproximadamente 15 anos. Neste sentido, como a maioria das destilarias foi instalada no final dos anos 70 e começo dos 80, poderia se esperar que nos próximos anos seja possível difundir o novo processo mais rapidamente.

A principais vantagens do sistema "contínuo" quando comparado ao de "batelada" são: i) maiores facilidades de controle e automação; ii) menor dimensão dos trocadores de calor (que são dimensionados para a produção média de calor, e não para alternar altas e baixas temperaturas); iii) menor custo do equipamento (a fermentação convencional precisa de, no mínimo, 6 dornas enquanto a contínua trabalha com três) e; iv) menor consumo de energia.

Já com relação ao rendimento fermentativo, os resultados do processo contínuo não vão muito além dos alcançados com um bom domínio do sistema convencional (em torno de 90 a 92%).

Observa-se que ainda existe um potencial importante de aumento de rendimento nas usinas cooperadas a partir da difusão de tecnologia disponível para as unidades menos eficientes, seja pelos controles do processo fermentativo convencional ou por introdução do processo contínuo. Todavia, os mesmos pesquisadores da COPERSUCAR estimam que está se chegando a um "patamar", isto é, apenas ganhos incrementais poderiam ser obtidos pelo aperfeiçoamento na tecnologia disponível. No entanto, no futuro, seria possível obter importantes avanços pela seleção e melhoramento dos microrganismos por biotecnologia.

Nesse sentido, pouco tem se avançado até o momento. Mesmo tendo sido realizadas várias pesquisas nas universidades (com destaque para a USP-ESALQ), a aplicação industrial dos resultados tem apresentado algumas dificuldades. Assim, ainda não é possível utilizar em nível industrial leveduras resistentes a altas temperaturas e a elevada concentração de etanol[53].

Na COOPERSUCAR foram propostas pesquisas na área de melhoramento genético da levedura por bio-engenharia. Porém, este caminho não foi seguido devido à incerteza técnica que ainda existe nessa área, pois ainda não há resultados sobre transferência de genes que determinam resistência alcoólica por bio-engenharia e, além disso, mesmo que leveduras modificadas fossem produzidas, sua sobrevivência em escala industrial precisaria ser demonstrada. Por outro lado, para trabalhar nesta área seria necessário ampliar significativamente os investimentos em pesquisa industrial, tanto em laboratórios como em recursos humanos. Este investimento foi desestimulado pela drástica redução orçamentária que ocorreu a partir de 1990. Neste sentido, observa-se que os projetos de mais longo prazo e que envolvem maior incerteza quanto a seus resultados, foram os mais prejudicados.

Na fase de destilação não houve maiores inovações, mas foram introduzidas algumas

---

[53] O aumento da tolerância à temperatura reduziria a necessidade de remoção de calor na fermentação, reduzindo sensivelmente o consumo de energia. Por outro lado, as leveduras resistentes a um maior teor alcoólico permitiriam obter um vinho mais concentrado, que reduziria as necessidades energéticas para a destilação e produziria uma vinhaça mais concentrada, reduzindo os custos de transporte.

modificações a partir da experiência na utilização dos equipamentos ("*learning by using*") que permitiram aumentar sensivelmente a produtividade dos aparelhos. Entre estas, destaca-se a "safenação", que consiste em ligar a determinada altura duas colunas de destilação para obter álcool hidratado. Isto tem permitido às destilarias produzir uma quantidade de álcool hidratado muito superior à capacidade original dos projetos.

Estima-se que ainda existe um importante potencial de redução do consumo de energia na destilaçào, caso as utilizações alternativas do bagaço justifiquem os investimentos necessários. Também nesta área existe potencial de melhorar os projetos como, por exemplo, projetos baseados na composição real do vinho a ser destilado (IPT, 1988).

3.3.5 Tecnologia de produção de açúcar

Com os programas de racionalização e as possibilidades de exportação no início dos 70, muitas empresas ampliaram e modernizaram sua produção de açúcar. Até então, as inovações eram introduzidas no sentido de esgotar o melaço, isto é, maximizar a transformação do melaço em açúcar. Todavia, com a orientação do setor para fabricação de álcool, a partir de 1975, começou a haver capacidade ociosa para a fabricação de açúcar. Além disso, o melaço residual começou a ser usado na fabricação de álcool, pelo que se deixou de dar tanta atenção para a eficiência na produção de açúcar.

Entretanto, foram desenvolvidos na COPERSUCAR alguns projetos com relação a certos "gargalos" que apareciam nas unidades cooperadas. Assim, por exemplo, várias empresas tinham dificuldades para clarificar o caldo, com o que se reduzia a qualidade do açúcar e a eficiência do processo de cristalização. A partir de um processo de "*trouble-shooting*" foi decidido contratar uma consultoria da Austrália que resultou num contrato de transferência de tecnologia com o Sugar Industry Research Institute (SIRI), para aperfeiçoamento de tecnologia de tratamento de caldo. O projeto demorou 4 anos e os recursos envolvidos no contrato foram aproximadamente US$ 200 mil. A tecnologia conseguiu ser ajustada em 1989 e, atualmente, encontra-se na fase de implantação nas usinas cooperadas. Parte da tecnologia transferida consistiu na adaptação para as condições do setor sucro-alcooleiro nacional, de um equipamento para tratamento de caldo denominado "decantador sem bandejas" utilizado na Austrália.

Nos últimos anos, a COPERSUCAR está dando maior atenção à atualização tecnológica na área de produção de açúcar. Neste campo, destaca-se a utilização dos vácuos contínuos na cristalização, em substituição ao sistema de evaporação e cozimento em "batelada" empregado tradicionalmente.

A tecnologia dos vácuos contínuos foi desenvolvida pela indústria beterrabeira européia. Para transferir e adaptar essa tecnologia foi contratado um consultor na França.

Por outro lado, foi estabelecido um convênio, assinado recentemente, com a Sudzucker da Alemanha[54] para conhecer os vários processos de cristalização que esta empresa desenvolveu e trabalhar na economia de energia na cristalização[55]. Além disso, estão pensando em utilizar o marco deste convênio para treinamento de pessoal. Atualmente, o processo de cristalização contínua encontra-se na fase de teste piloto numa usina cooperada, não existindo ainda avaliação sobre seu desempenho. Também está sendo estudada a possibilidade de transformar os equipamentos hoje utilizados pelo setor para trabalhar com vácuos contínuos sem a necessidade de substituí-los.

A única área da pesquisa industrial, que teve origem no planejamento estratégico e não surgiu a partir de problemas operacionais, foi a de novos produtos que utilizam como matéria-prima a cana-de-açúcar e seus derivados. Este é um dos campos onde existe maior potencial de desenvolvimento tecnológico e é a área de pesquisa mais recentemente criada no CTC.

3.4.6 Novos produtos a partir da cana-de-açúcar

Os novos produtos incluem tanto o aproveitamento racional dos sub-produtos como novos usos para a sacarose obtida a partir da cana-de-açúcar. A bibliografia aponta mais de 38 utilizações possíveis para os sub-produtos da cana-de-açúcar (Paturau, 1982).

Com relação aos novos produtos, a idéia é obter produtos de maior valor agregado a partir da cana-de-açúcar. Neste sentido, a pesquisa do CTC está sendo orientada para processos fermentativos que utilizem como matéria-prima o caldo de cana. Esta orientação se fundamenta no fato de que já existe um domínio dessa base tecnológica nas usinas a partir da fermentação alcoólica, reforçando a observação realizada por Penrose (1959) sobre a importância da base tecnológica na estratégia de diversificação da firma.

Além disso, estão procurando produtos que tenham mercado de tamanho considerável ("commodities") como para justificar sua produção em larga escala. Por outro lado, estão sendo procurados processos relativamente simples que possam ser dominados por uma usina. Neste sentido, foi descartada a hipótese de trabalhar com álcooquímica por precisar de uma tecnologia mais sofisticada.

---

[54] Esta empresa, que também é de caráter cooperativo, é conhecida internacionalmente pela alta qualidade do açúcar que produz e por contar com um centro de P&D muito importante.

[55] Em geral, a eficiência no uso da energia na indústria que produz açúcar a partir de beterraba tem sido mais desenvolvida. Já no caso da cana, por contar com o bagaço como insumo energético disponível, existem maiores deficiências no aproveitamento energético.

Os produtos que estão sendo estudados atualmente são solventes e gomas. O CTC tem estabelecido convênios com universidades e institutos de pesquisa. Neste sentido, existe desde 1986 um convênio com o Instituto de Biotecnologia da Alemanha (GBF) para a produção de 2-3 butanodiol (solvente), envolvendo recursos da ordem de US$ 250 mil. O GBF já fez a sua parte, que consiste na seleção do microrganismo (uma bactéria) e desenvolvimento do processo. Já existe uma patente desse microrganismo na Alemanha e em outros países, não no Brasil, que não reconhece patentes nesta área. À COPERSUCAR cabe fazer o desenvolvimento industrial do processo. Para isto, recentemente foi construída uma planta piloto numa usina cooperada cujos resultados ainda não foi possível avaliar.

Em 1991, o CTC estabeleceu um convênio com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Universidade de São Paulo (USP) para a produção de plásticos biodegradáveis (ácido poli-hidroxi-butílico) a partir de sacarose, com financiamento do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT). Os trabalhos começaram recentemente e consumirão um investimento de US$ 5 milhões a ser alocados pelos participantes nos seguintes percentuais: PADCT/FINEP 35%; IPT 29%; COPERSUCAR 29% e USP 7% (IPT, 1992). A duração prevista do projeto é de quatro anos. Também neste caso, cabe ao IPT desenvolver o processo em escala de laboratório e à COPERSUCAR desenvolver a tecnologia de purificação e fazer o "scale up" para a aplicação industrial.

Com relação ao melhor aproveitamento de sub-produtos, a COPERSUCAR esteve trabalhando principalmente com bagaço. Este sub-produto tem sido usado até o momento como energético (seja diretamente pela queima nas caldeiras da usina ou para a obtenção de energia elétrica para a venda) e para a complementação na alimentação animal (bagaço hidrolizado).

Entretanto, está se estudando a possibilidade de obter produtos de maior valor agregado a partir de fibra de bagaço. Neste sentido, está se pensando sua aplicação na fabricação de painéis para a construção civil e na fabricação de papel. As pesquisas sobre processamento de bagaço para obtenção de fibra também estão sendo desenvolvidas a partir de um convênio, desta vez com o Forest Laboratory dos EUA, a um um custo anual de US$ 60 mil. Os trabalhos começaram em 1990 e já se chegou a instalar uma planta piloto para a produção de fibra, mas o desenvolvimento de produtos (painéis, etc) ainda não foi realizado.

Os outros sub-produtos importantes desta agroindústria são o vinhoto, a torta de filtro, o gás carbônico da fermentação e a levedura. Os dois primeiros estão sendo usados no melhoramento da fertilidade e na estrutura dos solos das usinas. Também existiram tentativas de utilizar o vinhoto para a produção de metano por biodigestão. Todavia, estes trabalhos foram abandonados quando

conseguiu se viabilizar o uso do vinhoto como fertilizante na lavoura. Por outro lado, a rentabilidade da produção de metano parecia não ser atrativa frente aos custos subsidiados do óleo diesel.

Com relação ao gás carbônico (CO_2) está se desenvolvendo um projeto piloto numa usina cooperada para a produção de bicarbonato da amônio. No médio e longo prazo, segundo pesquisadores do CTC, existe um importante potencial de aplicação do CO_2 liberado na fermentação para a produção de proteínas e óleos a partir da atividade fotossintética de algas em ambientes controlados. Nos EUA já existem pesquisas em tal sentido. No CTC ainda não está se realizando este tipo de trabalho porque sua viabilidade é ainda incerta e de longo prazo.

Por último, com relação ao aproveitamento da levedura, a COPERSUCAR trabalhou durante quatro anos no processo de desalcoolização e secagem. A levedura obtida pode ser comercializada para ração animal. Atualmente 8 empresas cooperadas estão comercializando a levedura seca. A COPERSUCAR está comercializando 4.000 toneladas de levedura por ano, enquanto existe potencial para comercializar 60.000. No entanto, o mercado de rações não parece muito atraente para os produtores de levedura, pois é difícil concorrer em preços com o farelo de soja como fonte protêica. Neste sentido, uma alternativa apontada pelos técnicos do CTC seria aumentar o valor alimentício da levedura em algum aminoácido essencial (lisina, complexo B, etc.), através da bio-engenharia. Porém, os trabalhos de pesquisa seriam relativamente complexos e de longo prazo, por isto foi descartada a internalização deste tipo de pesquisa no Centro.

Com relação à atitude das empresas cooperadas frente aos novos produtos, podemos dizer que existe interesse na diversificação das atividades e que este interesse tem se acentuado nos últimos anos devido à crise de rentabilidade dos produtos tradicionais. Porém, na maior parte das vezes, este interesse ainda está no plano informativo, sendo as iniciativas de investimento ainda muito limitadas. Coincidindo com esta avaliação, podemos ver que a participação dos subprodutos não chega ainda a representar 1% no faturamento da COPERSUCAR. Pode-se concluir que nesta área ainda existem importantes desafios tecnológicos e de mercado a serem superados.

3.4.7 Outras linhas de atuação do CTC na área industrial

Além das áreas mencionadas, o CTC tem acompanhado os desenvolvimentos feitos com relação ao controle de poluição ambiental. Assim, foi realizada uma pesquisa junto ao Instituto de Física da UNICAMP para o desenvolvimento de um catalizador que permite dissociar o etanol reduzindo os gases de escapamento dos motores.

Na mesma área, o CTC tem realizado estudos de avaliação de impacto ambiental para

empresas cooperadas, de acordo com as exigências da Secretaria do Meio Ambiente[56].

Na área de utilidades também foi realizado um acompanhamento por parte da COPERSUCAR, constatando-se que, na maioria das empresas do setor, a eficiência no uso da energia é muito baixa. Estudos realizados pelo CTC mostram que é possível com a tecnologia disponível, reduzir o consumo de energia de 500 kg vapor/ton de cana para 400 kg vapor/ton de cana. Estes resultados coincidem com um estudo feito pelo IPT (1988) que aponta as deficiências existentes na maioria das usinas quanto à utilização da energia. Neste caso, já existe tecnologia disponível para aumentar a eficiência do sistema, mas sua adoção está dependendo da capacidade de investimento das empresas e, principalmente, da valorização do bagaço excedente como subproduto.

Outra área onde existe um claro atraso da agroindústria sucro-alcooleira nacional com relação ao padrão internacional é na área de instrumentação e automação de processo. Nos últimos anos, algumas operações têm sido automatizadas (alimentação da moenda, etc), porém tratam-se de operações unitárias isoladas (automação "out line") e não de uma automação do conjunto do processo. Os obstáculos para a maior incorporação da automação são atribuídos, entre outros fatores, à escassa qualificação dos operadores (IPT, 1988).

As pesquisas em instrumentação realizadas pelo CTC tiveram sua origem nas dificuldades encontradas pelos técnicos da Divisão em avaliar o desempenho dos processos em muitas unidades cooperadas. Em muitos casos, inexistiam instrumentos adequados ou, quando existiam, não eram devidamente calibrados (COPERSUCAR, 1983). Assim, foi criada uma equipe técnica para assessorar as usinas na calibragem dos instrumentos disponíveis e na implantação de sistemas de instrumentação: projeto, detalhamento, especificação e acompanhamento de compra e supervisão da montagem e operação.

Em 1987 a COPERSUCAR montou um Laboratório de Instrumentação que está aparelhado tanto para desenvolver o *hardware* como o *software* para controle de processos na produção de açúcar e álcool.

3.4.8 Recursos alocados à pesquisa industrial

Na Divisão Industrial do CTC estão empregados 15 profissionais de nível superior. Antes dos "cortes" de 1990, chegou-se a empregar 25 profissionais. Nesta Divisão a redução de pessoal foi feita de acordo com um critério hierárquico, tendo permanecido os técnicos mais antigos no

---

[56] O interesse da COPERSUCAR em trabalhar na área de impacto ambiental está associado à sua defesa do álcool como combustível menos poluente frente à opinião pública.

Centro.

A formação dos técnicos empregados é, na sua grande maioria, na engenharia química, bioquímica, de alimentos e mecânica. Existem 5 mestres e 2 doutores e os restantes têm algum curso de especialização no país ou no exterior.

Deve ser destacado que na Divisão Industrial a estratégia de formação dos recursos humanos não favorece a qualificação dos profissionais em nível de cursos de pós-graduação. Além disso, a "carreira" dentro do CTC não depende muito da titulação formal. Entretanto, é estimulada a formação em nível de especialização no exterior, porque o envio de técnicos a outros centros é parte da estratégia de atualização tecnológica e transferência de tecnologia.

É uma orientação geral do Centro que não exista pessoal especializado em pesquisa ou assistência técnica, procurando-se profissionais "ecléticos" que tenham bom desempenho em ambos os tipos de atividade.

A Divisão Industrial consome anualmente aproximadamente 1/3 do orçamento global do CTC. Destes recursos, cerca de 30% é dedicado à P&D e o resto a tarefas de assistência técnica (aperfeiçoamanto das rotinas operacionais, "*trouble-shooting*", projeto, etc).

Por outro lado, deve ser destacado que a Divisão Industrial é a principal responsável pela receita gerada por assistência técnica pelo Centro, com uma participação de aproximadamente 70% destes recursos.

A partir de 1990, ocorreu uma mudança na orientação: os serviços de assistência técnica, que antes eram oferecidos aos cooperados por um preço simbólico, agora são cobrados pelo seu custo real. Consequentemente, dentro desta nova orientação, tende a aumentar a participação dos recursos gerados pela assistência técnica no orçamento global do Centro.

A alocação de recursos para P&D na área industrial favorece as linhas de pesquisa em fermentação alcoólica, correspondendo a aproximadamente 50% dos recursos.

Como síntese, podemos dizer que o processo de capacitação ocorrido na fase industrial se centrou no maior domínio das tecnologias já empregadas pelo setor, não tendo ocorrido nenhuma "inovação radical". As áreas de pesquisa estabelecidas no CTC derivaram dos "gargalos" identificados no processo produtivo das empresas cooperadas. A estratégia para superá-los consistiu, na maior parte das vezes, na contratação de consultores e convênios para a transferência de tecnologia.

3.5 ENGENHARIA AGRÍCOLA

A Divisão de Engenharia Agrícola foi criada em 1979. Na sua estrutura original, encontrava-se dividida em três seções: a) Mecanização Agrícola; b) Projetos de Máquinas Agrícolas e; c) Hidráulica Agrícola. Na reestruturação que ocorreu em 1990, foram transferidas para esta Divisão outras atividades da área agronômica, como por exemplo, atividades de Manejo de Solos e Manejo de Variedades.

3.5.1 As atividades de capacitação dos usuários

A seção de Mecanização realiza atividades destinadas ao melhor uso da maquinaria agrícola: sistemas de otimização de uso do equipamento disponível, sistemas de manutenção preventiva, treinamento de operadores, etc. No treinamento são capacitados "multiplicadores"[57] na operação das diversas máquinas agrícolas. Através deste sistema, já foi treinado o pessoal de 41 empresas cooperadas.

3.5.2 O projeto de novas máquinas agrícolas

A seção de Projetos realiza desenvolvimento de máquinas para as condições específicas da lavoura canavieira em São Paulo. Trata-se, às vezes, de desenhar novos equipamentos ou, mais freqüentemente, de ajustar e aperfeiçoar o projeto de equipamentos já existentes. Neste sentido, foi apontado, nas entrevistas, que na maioria das empresas fabricantes as atividades de P&D são muito limitadas.

Assim, em alguns casos, a COPERSUCAR, tem assumido o desenvolvimento do equipamento. Para isto foram realizadas atividades de elaboração de projeto, construção de protótipo, aperfeiçoamento desse protótipo junto às empresas cooperadas indo até a construção do "cabeça de série". Após disso, o projeto é transferido para a empresa produtora de equipamentos. Os projetos de novos equipamentos são negociados com os fabricantes, através de acordos que incluem a cobrança de *royalties*. Cabe destacar que esta é praticamente a única área onde a COPERSUCAR está recebendo *royalties*.

O desenho de novos equipamentos e o aperfeiçoamento dos existentes surge a partir dos "gargalos" que ocorrem mais freqüentemente no processo produtivo agrícola nas unidades cooperadas. Os principais equipamentos em que o CTC teve participação no desenvolvimento foram

---

[57] Os "multiplicadores" são trabalhadores selecionados para receber o treinamento e depois transmiti-lo para os restantes operadores da empresa.

os seguintes:

1) Preparo de solos:

-Eliminador de Soqueiras: este equipamento substitui a grade utilizada tradicionalmente para a eliminação da soqueira, realizando uma operação mais eficiente e reduzindo os problemas de compactação. Sua função também é substituir a utilização de herbicidas (glifosfato) de elevado custo. Este projeto começou a ser desenvolvido em 1981 e hoje é utilizado amplamente, tanto pelas empresas cooperadas como pelas não cooperadas.

-Sulcador-Subsolador-Destorroador para Cultivo Mínimo: equipamento desenhado para realizar várias operações de preparo do solo ao mesmo tempo, reduzindo a movimentação do solo e o consumo de combustíveis[58].

Cabe destacar que tanto este equipamento como o anterior foram desenvolvidos a partir de outros já existentes no mercado, redesenhando-se certos componentes periféricos.

2) Tratos culturais:

-Carreta para Distribuição de Torta de Filtro: sistema desenvolvido para a aplicação e dosagem dos resíduos sólidos (torta de filtro) como fertilizante à lavoura. Anteriormente, os resíduos eram aplicados em toda a área, mas, com o desenvolvimento do sistema de aplicação na linha aumenta a eficiência da operação e é possível aplicar abudo orgânico numa área maior.

Para desenvolver este equipamento foi necessário incorporar dispositivos de distribuição e dosagem especialmente adequados para a aplicação de resíduos às carretas já existentes no mercado. Hoje, o uso deste equipamento já está amplamente generalizado na lavoura canavieira paulista.

-Misturador de Resíduos: foi desenvolvido um equipamento para realizar compostagem de resíduos sólidos que utiliza bagaço, resíduos da colheita, etc. Com isto, procura-se aumentar a disponibilidade de matéria orgânica para a lavoura e concentrar essa matéria orgânica para reduzir o custo do transporte.

Este projeto ainda está sendo desenvolvido e se encontra em fase de teste do primeiro protótipo numa usina cooperada.

-Sistemas de Aplicação de Vinhaça: no início do Proálcool o enfoque dos sistemas de

---

[58] Com este equipamento consegue-se reduzir a movimentação do solo de 75 a 80% com relação ao sistema convencional, reduzindo a erosão e evitando a compactação, além de diminuir sensivelmente o custo da operação.

aplicação de resíduos tinha o propósito fundamental de controlar a poluição ambiental[59]. Mas depois, quando foi comprovada definitivamente a utilidade da vinhaça como fonte de matéria orgânica e potássio à lavoura, a orientação começou a estar centrada na viabilização de sistemas de aplicação de vinhaça à lavoura.

Entre os sistemas desenvolvidos para a aplicação de vinhaça existem dois grandes tipos: caminhões-tanque e sistemas de aspersão.

Os caminhões podem aplicar a vinhaça por gravidade ou por bombeamento. Sua utilização está limitada pela distância economicamente viável do ponto de carregamento às áreas de aplicação (a distância máxima está em torno de 8 km da estação de bombeamento).

O sistema por aspersão exige um maior investimento inicial e só pode ser utilizado em certas condições de topografia. No entanto, seu custo operacional é menor do que o sistema de aplicação por caminhões.

Dado que ambos sistemas apresentam vantagens e limitações, a COPERSUCAR trabalha na elaboração de projetos sobre a definição da melhor combinação das práticas para a implantação ou reformulação dos sistemas já existentes nas empresas cooperadas. Depois é elaborado o projeto detalhado para dimensionamento dos equipamentos, definição das especificações, etc.

A aplicação de vinhaça à lavoura é hoje uma prática amplamente generalizada nas usinas e destilarias paulistas (cooperadas como não cooperadas), chegando-se, em muitos casos a eliminar as área de sacrifício. Com os métodos desenvolvidos já não existem obstáculos técnicos para viabilizar a aplicação de todo o efluente produzido à lavoura. Entretanto, a maior generalização do sistema de aplicação de vinhaça está limitada pelos investimentos necessários para sua implantação: tubulações, estações de bombeamento, aquisição de uma frota de caminhões tanque, etc. Por isto, a difusão do sistema tem sido maior nas grandes empresas.

Cabe destacar que o desenvolvimento de sistemas de aplicação de vinhaça não foi mérito exclusivo da COPERSUCAR, senão que também participaram outros agentes, como algumas firmas de engenharia e das próprias usinas, assim como de pesquisadores da universidade e do PLANALSUCAR.

O impacto da aplicação de vinhaça à lavoura foi muito importante, principalmente, nas áreas de solos pobres para os quais se expandiu a cultura. Aliada ao desenvolvimento de variedades

---

[59] Para isso foram pensadas as "áreas de sacrifício" onde era despejada a vinhaça excedente, devido à legislação existente que proibia o despejo da vinhaça nos cursos de água. Entretanto, foi comprovado que os excedentes de vinhaça aplicados nas "áreas de sacrifício" poderiam provocar contaminação do lençol freático e causar problemas ao desenvolvimento da lavoura, no caso que os excedentes fossem aplicados de forma maciça em certas áreas de plantio.

melhoradas, pode ser considerado que a aplicação de vinhaça viabilizou a lavoura em áreas marginais e melhorou sensivelmente os rendimentos.

-Equipamento para a Distribuição de Calcáreo: depois de ter sido comprovada a existência de problemas de distribuição de calcáreo em várias usinas cooperadas, foi decidido investir no aperfeiçoamento dos mecanismos de distribuição de calcáreo dos equipamentos existentes no mercado.

-Mecanismo Dosador para Fertilizantes Granulados: constatou-se que a distribuição do adubo era muito irregular com a conseqüente perda de fertilizante. Por isso, atualmente está se trabalhando no redesenho deste equipamento periférico, também a partir dos equipamentos existentes no mercado.

3) Colheita, carregamento e transporte:

-Carregadora Contínua: equipamento que carrega e pica a cana depositado-a no caminhão para transporte. Seu principal objetivo foi reduzir o índice de impurezas presentes na cana que chegava à indústria com a utilização da carregadora convencional.

O carregamento manual, existente até a década de 60, foi substituído pelo carregamento mecânico através de garra hidráulica. Este sistema, embora mais eficiente do que o sistema manual em termos de produtividade, tinha o inconveniente de carregar junto com a cana um grande volume de terra e outras impurezas, que chegava a significar 1 a 5% do volume da matéria-prima. Isto trouxe a necessidade de realizar a lavagem da cana antes do processamento industrial, com a conseqüente perda de açúcar e necessidade de instalação de um sistema de tratamento de águas residuais.

A introdução de alguns aperfeiçoamentos no sistema convencional permitiu reduzir em até 50% a presença de impurezas, mas isto não foi suficiente para eliminar a necessidade de lavar a cana (Braunbeck & Banchi, 1988). Por isto, o desenvolvimento de novos equipamentos para carregamento tinha o objetivo prioritário de reduzir esse nível de impurezas e viabilizar o processamento de cana sem lavar.

Os princípios de carregamento rotativo introduzidos na Carregadora Contínua mostraram-se capazes de reduzir os níveis de impurezas na matéria-prima em níveis semelhantes aos observados pelo carregamento manual. Este foi o equipamento mais importante e custoso, integralmente desenvolvido pelo CTC. Seu desenvolvimento levou cerca de 5 anos, tendo sido ajustado em 1985.

No entanto, embora tenha sido atingido o objetivo original do projeto, a difusão da Carregadora Contínua foi obstaculizada pela mudança nas condições sócio-econômicas ocorrida

durante o período de desenvolvimento do projeto. Assim, com a greve de Guariba[60] em 1984, ocorreu um salto qualitativo na organização sindical dos trabalhadores do setor e eles alcançaram um maior poder de barganha, principalmente em certas regiões de concentração da lavoura canavieira, como na região de Ribeirão Preto (Alves, 1991). Neste novo contexto, os empresários se orientaram para a colheita mecanizada. Por isto, como na Carregadora Contínua a operação de corte continuava sendo manual, sua difusão foi limitada por esta nova orientação.

-Rastelo Rotativo: este equipamento carrega a cana inteira aproveitando o mesmo princípio desenvolvido para a Carregadora Contínua. Assim, em 1986/87, depois de ter se constatado o pequeno interesse dos produtores em investir na Carregadora Contínua, partiu-se para o desenvolvimento do Rastelo Rotativo. Este equipamento esteve ajustado para a safra de 1990. Ele permite reduzir o nível de impurezas presentes na matéria-prima a 0,4%, com o qual é possível eliminar a lavagem da cana. Sua difusão está sendo muito rápida.

Embora a Engenharia Agrícola tenha alcançado resultados na década de 80, o verdadeiro "divisor de águas" foi o Rastelo Rotativo. Este resultado veio reforçar a legitimidade da área de projetos de máquinas dentro do Centro, pela possibilidade de obter recursos a partir da cobrança de *royalties*. Ao mesmo tempo, este resultado provocou uma mudança de atitude por parte de alguns fabricantes de máquinas agrícolas. Alguns deles estão se mostrando interessados em ter uma maior participação no projeto dos equipamentos, dividindo os custos e os riscos com a COPERSUCAR em troca da garantia de exclusividade na fabricação e comercialização desses equipamentos.

-Desenvolvimento de Colheitadeiras: a prática da colheita mecanizada está se difundindo cada vez mais. O desenvolvimento das colheitadeiras ocorreu a partir da transferência e adaptação do projeto de colheitadeiras de cana de fabricação australiana por parte dos fabricantes de equipamentos.

Mesmo que a produção de colheitadeiras de cana-de-açúcar no país tenha se iniciado na década de 70, seu aperfeiçoamento não ocorreu senão muito recentemente. A principal deficiência que apresentavam os equipamentos era colher cana junto com muitas impurezas (principalmente terra) e ter um corte de base deficiente, o que prejudicava a rebrota da soqueira. Assim, as colheitadeiras eram utilizadas apenas nos finais de semana, no dia livre dos trabalhadores. Também

---

[60] A greve foi desencadeada pela imposição do sistema de corte em 7 ruas em substituição ao sistema de 5 ruas convencional. Com esta mudança procurava-se aumentar a produtividade do trabalho e reduzir o carregamento de impurezas. Porém, como os trabalhadores recebem por volume de cana colhida, a produtividade individual com o novo sistema era menor e o desgaste físico do trabalhador, maior, o que provocou um forte movimento de resistência.

eram utilizadas no início da safra ou quando ocorriam greves, para reduzir o poder de negociação dos trabalhadores, o que lhes valeu a denominação de "colheitadeiras de vitrina".

Algumas grandes empresas do setor tiveram uma importante participação no aperfeiçoamento das colheitadeiras e na adequação do sistema de produção para usar estes equipamentos. Isto se deu a partir da relação com o fornecedor, na sugestão de modificações para os equipamentos. Neste sentido, uma grande usina da região de Ribeirão Preto indicou um grande número de modificações nos modelos utilizados (Alves, 1989) e realiza hoje mais de 80% da colheita de forma mecanizada[61].

Para viabilizar a colheita mecânica, além do ajuste dos equipamentos às condições de trabalho locais, também foi necessário introduzir uma série de modificações no seu sistema de produção: uso de caminhões especiais para transportar cana picada, mudança no sistema de recepção na indústria, sistematização dos talhões, etc. Além disso, foi preciso desenvolver uma "oficina volante" para a manutenção das máquinas na frente de corte. Com todas essas modificações o custo do corte mecânico pode chegar hoje a 80% do corte manual. Houve, portanto, um processo de *"learning by using embodied"* e *"desembodied"*.

A participação da COPERSUCAR no desenvolvimento das colheitadeiras não foi muito significativa, talvez devido à efetiva articulação do usuário com o fornecedor para o desenvolvimento desse equipamento. Hoje os pesquisadores do CTC estão pensando em aperfeiçoar alguns componentes das colheitadeiras existentes que apresentam problemas de desempenho (corte de base, etc).

A outra linha de pesquisa do CTC com relação a colheitadeiras, que começou recentemente, foi o desenvolvimento da colheitadeira de duas linhas, a partir do licenciamento do projeto do modelo DUKAN da Austrália. Esta estratégia de licenciamento não tinha sido até o momento muito utilizada por parte da COPERSUCAR.

No médio e longo prazo está se pensando no desenvolvimento do equipamento para colheita de cana crua. Este sistema, que já é amplamente utilizado em algumas regiões da Austrália, apresenta vantagens frente à colheita de cana queimada, tais como a proteção do meio ambiente, conservação da umidade do solo e incorporação de matéria verde para melhorar a estrutura do solo. Hoje existe uma legislação que impede a queima de cana num raio de 1 km das cidades. Portanto,

---

[61] Cabe destacar que esta usina é propriedade do Grupo Ometto que em 1989 adquiriu a Dedini Máquinas, uma das principais fabricantes de colheitadeiras de cana-de-açúcar, passando a se denominar Engeagro. A aquisição desta empresa foi feita a partir da avaliação de que nos próximos anos a colheita de cana-de-açúcar vai se difundir e que o mercado de implementos para cana-de-açúcar pode ser promissor. Com esta verticalização, o principal grupo empresarial da agroindústria canavieira passou a dominar também parte da produção de máquinas, o que pode ter importantes conseqüências na articulação do processo tecnológico.

ao ampliar-se esta política, a colheita de cana crua passaria a ser uma necessidade. As pesquisas em tal sentido ainda estão em nível informativo.

Também em nível informativo encontram-se as pesquisas sobre mecanização do plantio. Espera-se que, caso se generalize a colheita mecanizada, exista também a necessidade de mecanizar o plantio, pois ocorrerá uma redução da mão-de-obra disponível na entressafra para esta operação.

3.5.3 Os recursos alocados à Engenharia Agrícola

Em 1979 a Divisão de Engenharia Agrícola começou a operar com três engenheiros, cada um responsável por uma seção (Mecanização, Projetos e Hidráulica). Posteriormente o corpo técnico foi crescendo até chegar a 1991 com a seguinte composição: na área de Mecanização, 6 técnicos; em Projeto, 18; em Hidráulica, 6; Manejo de Solos, 18 e Manejo de Variedades, 6 técnicos. Destes, 29 têm nível superior e 27 nível médio.

Os recursos financeiros alocados à Divisão de Engenharia Agrícola correspondem a aproximadamente 10% do orçamento anualmente dedicado ao Centro. Para o ano 1991, isto correspondeu a aproximadamente US$ 2 milhões.

Assim, a principal contribuição da COPERSUCAR na área de Engenharia Agrícola foi no sentido de permitir superar algumas restrições para o desenvolvimento de equipamentos, derivadas do fraco desenvolvimento de P&D na indústria produtora de equipamento e da escassa capacitação dos usuários. Por outro lado, além de desenvolver seus próprios projetos, permitiu articular o usuário e o fornecedor durante todo o processo, desde a constatação da demanda até o desenvolvimento e teste de protótipos e o posterior aperfeiçoamento dos equipamentos.

Além disso, é importante destacar a participação ativa de algumas empresas cooperadas na construção e teste dos protótipos que também foi um elemento chave para articular o processo de capacitação tecnológica.

4. SÍNTESE E CONCLUSÕES

Várias análises sobre o setor sucro-alcooleiro partem do pressuposto de que se trata de um setor tecnologicamente estagnado e reticente à mudança tecnológica. Na explicação deste fenômeno é atribuído um papel central à política estatal, assinalando que a fixação de quotas e preços -no caso das empresas agroindustriais- e o protecionismo do mercado interno -no caso da indústria produtora de equipamentos- seriam responsáveis pela criação de um ambiente pouco competitivo e de uma certa "inércia tecnológica". Também tem sido apontado que, embora tenham sido gastos recursos significativos pelas instituições públicas de pesquisa, dado o desinteresse do lado da demanda, os resultados alcançados por estas instituições não teriam sido efetivamente incorporados à produção. Assim, o diagnóstico é de uma "desarticulação" do processo tecnológico.

Todavia, foi constatado neste trabalho, que esse diagnóstico deve ser relativizado, pois ao mesmo tempo em que existiram obstáculos para um processo de modernização global do setor, houve algumas experiências importantes de capacitação tecnológica e de "articulação" do sistema de inovação neste setor, destacando-se a participação da COPERSUCAR. O investimento de US$ 20 milhões ao ano em tecnologia por parte desta Cooperativa é um cifra considerável tanto em referência à agroindústria -considerada um setor tecnologicamente maduro- como em referência ao conjunto das empresas privadas nacionais. Por outro lado, além deste indicador de "*input*", temos alguns indicadores de "*output*", como os aumentos de produtividade a redução de custos de 4% ao ano desde a implantação do Proálcool (segundo indicadores da própria COPERSUCAR).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi entender a singularidade da experiência da COPERSUCAR, identificar os fatores que levaram à internalização de atividades de pesquisa e desenvolvimento por parte da COPERSUCAR e analisar o sentido das atividades de P&D desenvolvidas por esta cooperativa para a capacitação tecnológica setorial.

Com relação às razões da internalização da P&D, nossa explicação também atribui um papel central ao caráter da intervenção estatal no setor. Neste sentido, observamos que as políticas implementadas, antes de que serem apenas um freio à concorrência entre as empresas e à expressão de algumas "leis" históricas do desenvolvimento capitalista, como a concentração/centralização de capitais, tiveram efeitos contraditórios. Assim, a política formulada procurou conciliar os interesses dos produtores das diversas regiões e dos diferentes grupos sociais dentro do complexo. Neste sentido, apontamos que o sistema de quotas funcionou mais como proteção aos produtores já estabelecidos -representando uma "barreira à entrada"- do que um limite à concentração e redistribuição da participação no mercado entre os produtores já estabelecidos, como pode ser visto a

partir do relato realizado sobre as transformações que ocorreram no setor desde os anos 30, principalmente com relação à participação relativa das diversas regiões produtoras.

Por outro lado, o sistema de fixação de preços provocou uma diferenciação de margens de lucro que levou a que as empresas "progressistas" tivessem condições de crescer à frente de suas concorrentes. Assim, ao serem criadas condições para a manutenção de produtores em situação "marginal", foram também dadas as condições para a reprodução ampliada dos produtores "progressistas". Entre estes últimos, alguns grandes produtores paulistas foram os mais beneficiados, por terem menores custos e conseqüentemente as maiores margens de lucro, derivadas da maior proximidade do mercado, de uma série de "economias externas" e da sua superioridade tecnológica. Por isto, algumas empresas paulistas tiveram a capacidade de ocupar crescentes fatias do mercado em expansão.

Assim, a mesma ação estatal provocou a manutenção e recriação da heterogeneidade estrutural do setor, mantendo empresas "marginais" ao mesmo tempo em que favorecia o crescimento das empresas "progressistas".

Dada a incapacidade de articular um processo global de modernização tecnológica, devido à manifestação desta heterogeneidade de interesses no nível político, ocorreu uma modernização parcial do setor, a partir da iniciativa de um segmento do capital agroindustrial que se manifestou no investimento do grupo empresarial COPERSUCAR no seu Centro de Tecnologia. Na explicação desta iniciativa foram diferenciados fatores estruturais e conjunturais. No primeiro caso, trata-se do domínio sobre a produção e apropriação do excedente do segmento em questão, a partir de um importante grau de integração vertical "para trás" (na produção agrícola) e "para frente" (refino e comercialização), assim como um importante grau de concentração, ou mais precisamente, de centralização do capital. Além disso, trata-se de um segmento com acesso privilegiado ao Estado e aos recursos do crédito institucional, estando todos estes elementos certamente interrelacionados. Por último, entre os fatores estruturais merece ser destacado o declínio de alguns institutos de pesquisa na década de 60.

Como características conjunturais que favoreceram a iniciativa da COPERSUCAR apontamos as boas perspectivas de crescimento abertas pela expansão das exportações e, posteriormente, o advento do Proálcool. Assim, um período de vertiginoso crescimento da produção, crédito abundante e subsidiado e altas taxas de rentabilidade proporcionaram uma estabilidade que favoreceu a decisão do investimento privado em P&D.

Todos estes elementos foram destacados para entender o interesse dos usineiros paulistas, filiados à Cooperativa, no desenvolvimento tecnológico. Além disso, foi destacado que o arranjo

cooperativo permitiu superar as restrições de escala das usinas individuais e assim alcançar a escala mínima necessária para realizar P&D.

A ação da COPERSUCAR na área de P&D pode ser vista como uma estratégia para superar algumas restrições específicas existentes para o desenvolvimento tecnológico.

No caso do Programa de Melhoramento o investimento foi realizado porque, reconhecendo a importância das variedades melhoradas, constatava-se a descontinuidade do sistema institucional e que os recursos dedicados à pesquisa não conseguiam atender às demandas setoriais. Ao mesmo tempo, o crescimento acelerado do faturamento bruto do setor dava espaço à aplicação de recursos nestas atividades.

O desenvolvimento do Programa de Melhoramento mostra que foram dadas boas condições para seu funcionamento:

1) Criou-se um infraestrutura ampla, com nove Estações Experimentais, uma rica base genética e unidades de seleção distribuídas nas diversas regiões produtoras;

2) Foram alocados anualmente significativos recursos financeiros ao Programa, que foi sempre a primeira prioridade nas atividades de P&D da Cooperativa, permitindo ter continuidade no esforço por mais de 20 anos;

3) Foi mantido um quadro estável de pesquisadores que possibilitou sua formação no melhoramento genético da cana-de-açúcar;

Desta forma, contando com abundantes recursos e continuidade institucional, assim como contando com o assessoramento permanente de um geneticista reconhecido como o Dr. Mangles-dorf, foi possível estabelecer uma rotina de pesquisa e realizar um aprendizado, que seria posterior-mente potencializado pela introdução de técnicas estatísticas e pela incorporação da informática.

Com relação aos resultados do Programa de Melhoramento, podemos dizer que houve um importante êxito inicial pela rápida introdução das variedades SP em substituição aos materiais existentes. O principal avanço está referido ao aumento da produtividade em termos de ton de açúcar por hectare e ao controle de determinadas doenças limitantes. Houve avanços com relação à situação anterior, onde a lavoura estava praticamente dominada por uma única variedade (NA 56-79), mas a situação atual, onde a lavoura está centrada em apenas três variedades (SP 70-1143, SP 71-1406 e SP 71-6163), e algumas delas com restrições de doenças, ainda está bastante distante do ideal.

Outros objetivos do Programa, como a criação de materiais adaptados a solos de baixa fertilidade e de variedades precoces, só foram parcialmente alcançados. Porém, isto se explica pelas prioridades do Programa, pois como vimos, a escolha dos progenitores e seleção nas primeiras

fases, estava centrada na produtividade agroindustrial (açúcar/ha) e na resistência a doenças e a seleção pelas outras características só se fazia em fases posteriores.

Este Programa, tendo como variável chave a produtividade agroindustrial, síntese da produtividade agrícola e industrial, mostra a articulação de interesses entre capital agrícola e industrial, o que se explica pela integração vertical que predomina nas empresas associadas à COPERSUCAR. Por isto, entender a dinâmica inovativa do setor agrícola apenas a partir de sua dominação pela indústria parece uma explicação claramente insuficiente.

A pergunta que resta, mesmo reconhecendo a significativa contribuição do Programa para o melhoramento da base da lavoura canavieira paulista, é: será possível alcançar ganhos exponenciais através do Programa? Isto é, o Programa será capaz de se auto-superar?

Seria muito precipitado pretender responder a esta pergunta agora, pois para ver o efetivo êxito de um programa de melhoramento é necessário um tempo relativamente longo, que permita incluir vários ciclos de seleção recorrente. Entretanto, assinalamos que a capacidade de atender ao desafío da auto-superação está na dependência de dois fenômenos.

1) as trajetórias embutidas nas rotinas estabelecidas no Programa de Melhoramento convencional e a capacidade de aperfeiçoá-las;

2) a possibilidade de incorporar efetivamente os avanços obtidos pela biotecnologia.

Com relação a este segundo ponto, destacamos a importância do esforço da COPERSUCAR através de convênios, que embora não muito significativo em comparação aos recursos alocados ao Programa (US$ 200 mil frente a US$ 5 milhões) é importante pelo estabelecimento de uma rede internacional de instituições interessadas no assunto e pela vinculação com centros de excelência na matéria, como a Universidade de Cornell, além de ser importante na formação de recursos humanos.

Todavia, a euforia quanto à aplicação da engenharia genética para o melhoramento, que existiu em determinado momento, cedeu lugar a expectativas mais cautelosas. Nesse sentido, ainda parece distante a possibilidade de transferir caracteres de determinação poli-gênica, como produtividade e resistência a determinadas doenças. Mas é possível esperar resultados parciais da aplicação da biotecnologia ao melhoramento genético, descobrindo caminhos que podem significar um "atalho" (como o trabalho com bactérias endofíticas).

Além disso, a criação de uma base sólida de pesquisa no melhoramento convencional é um elemento favorável para permitir à COPERSUCAR incorporar efetivamente os resultados do desenvolvimento da biotecnologia no futuro.

Os resultados mostram que, na área de variedades, a não exigência de investimento para

dotar a tecnologia e a não alteração do sistema de produção, foram fatores que favoreceram a rápida difusão, incluindo não apenas as usinas cooperadas, como as não cooperadas dentro do Estado e fora, assim como os fornecedores. Assim, pelo menos 75% da área plantada com cana em São Paulo corresponde a variedades SP.

Porém, foi visto que a capacitação anterior dos usuários é uma variável chave para o melhor aproveitamento dos resultados do Melhoramento. Esta capacitação está relacionada com a instalação dos Departamentos Técnico Agrícola nas usinas cooperadas e, mais recentemente, com a instação dos laboratórios de reprodução "*in vitro*", que permitem a seleção mais "científica" dos materiais a plantar e sua rápida reprodução. Assim, o esforço realizado por alguns usuários foi um elemento que favoreceu a capacitação dos mesmos na utilização dos resultados do Programa.

Com relação à tecnologia industrial, foi visto que existiam importantes restrições no sistema de inovação, derivadas tanto da escassa capacitação tecnológica das unidades agroindustriais, do escasso investimento em P&D por parte da indústria produtora de equipamentos, como da insuficiente articulação entre usuários e fornecedores e com as instituições públicas de pesquisa. Neste sentido, a constituição da Divisão Industrial na COPERSUCAR deve ser vista como uma estratégia no sentido de superar algumas destas restrições.

Em primeiro lugar, a maioria das empresas do setor não têm a escala mínima necessária para realizar P&D de uma maneira formalizada. Além disso, mesmo seus departamentos de engenharia são bastante deficientes. Por isso, o interesse inicial foi criar, de forma cooperativa, um departamento de assistência técnica que realizasse atividades de acompanhamento do sistema operacional, "*trouble shooting*", etc. Esta forma de organização apresentava a vantagem de socializar os custos e de realizar "*feedbacks*" a partir da experiência de várias usinas.

Por outro lado, a COPERSUCAR procurou manter atividades destinadas à busca de informação sobre o "estado da arte" do desenvolvimento tecnológico no setor. Neste sentido, cabe destacar que as condições da produção sucro-alcooleira em nível internacional, sendo muito heterogêneas, exigiram a diversificação das relações externas, coisa que a COPERSUCAR parece ter realizado com sucesso.

Assim, a partir de visitas e troca de informação bibliográfica, foram estabelecidas estratégias de atualização tecnológica que consistiram, na maioria das vezes, na contratação de consultores e, menos frequentemente, no licenciamento de tecnologia e sua posterior adaptação às condições locais. Isto pode ser visto, por exemplo, no caso da transferência de tecnologia da África do Sul na moagem e no caso da cristalização contínua, onde está sendo transferida tecnologia da Alemanha e França.

Por outro lado, a contratação de consultores especializados não esteve apenas relacionada com a busca da atualização tecnológica, mas também foi utilizada como uma estratégia para a resolução de "gargalos" que não podem ser resolvidos a partir do estoque de conhecimentos dos engenheiros da Cooperativa. Neste sentido, podem ser citados como exemplo os problemas no tratamento de caldo, que foram resolvidos a partir de uma consultoria e contrato para transferência de tecnologia da Austrália.

No entanto, às vezes, alguns problemas têm exigido maiores esforços de P&D, além daqueles dirigidos à obtenção de novos produtos e novos processos. Nestes casos, a COPERSUCAR sempre procurou desenvolver a estrutura mínima necessária para pesquisa nas áreas estratégica, como por exemplo fermentação alcoólica, procurando fontes externas de capacitação para complementar estes esforços ou para desenvolver tecnologias consideradas periféricas. Assim, por exemplo, na área de novos produtos foram estabelecidos diversos convênios com instituições especializadas no país e no exterior. Nestes convênios, às universidades e centros de pesquisa coube a pesquisa aplicada e à COPERSUCAR o desenvolvimento industrial.

No caso da fermentação, foi alcançado um importante domínio da tecnologia tradicional e foi ajustado um processo alternativo (fermentação contínua) para as condições locais. Já no caso dos novos produtos, os esforços ainda são incipientes.

Além disso, dadas as deficiências apontadas no caso da indústria produtora de equipamentos e a incapacidade do usuário de definir especificações adequadas, a COPERSUCAR procurou trabalhar na área de elaboração de projeto, em atividades que vão desde ante-projetos, passando por detalhamento, definição de especificações, inspeção do fabricante e assessoramento na montagem e operação nas empresas cooperadas. Por outro lado, a partir da experiência acumulada, foi possível identificar as principais deficiências dos equipamentos utilizados, aperfeiçoando seu projeto inicial, num processo que coincide com o que Rosemberg (1982) define como *learning by using embodied*.

Vemos então, que o papel da COPERSUCAR, além da geração de "nova" tecnologia, foi a articulação da relação entre usuários e fornecedores e o aperfeiçoamento e adaptação dos equipamentos. Considerando, de acordo com Lundvall (1988), que a inovação é um processo essencialmente interativo e que o sistema de inovação é mais do que a soma das partes, podemos ver o significado da atuação da COPERSUCAR como um agente que promoveu a articulação do sistema institucional.

Este estudo de caso mostra também a adequação do instrumental "incrementalista" na análise do processo de capacitação tecnológica e inovação. Como descrevem Dahlman e Wetsphal, tratam-

-se de atividades com grau crescente de complexidade: operação, "trouble shooting", projeto, adaptação, pesquisa e desenvolvimento industrial. A trajetória da COPERSUCAR nos mostra que estas atividades, embora devam ser diferenciadas do ponto de vista analítico, na realidade formam parte de um *continuum*, onde uma atividade vai levando à seguinte, seja pela aquisição de um nível de capacitação crescente, seja pelo tipo de problemas que é necessário resolver em cada fase que, com freqüência, induz derivações para a seguinte, ainda que isto não significa que a passagem de uma fase à outra seja automática nem pre-determinada.

Assim, o processo de capacitação tecnológica não deve ser confundido com atualização tecnológica no sentido da simples incorporação de novos processos e novos equipamentos. No entanto, logicamente, uma estratégia adequada de capacitação tecnológica deve dar a devida atenção à tecnologia gerada internacionalmente. Isto é, a atualização tecnológica faz parte do processo de capacitação mas de nenhuma forma, substitui esse processo. Assim, a conceituação de inovação como a simples mudança de processos e equipamentos deve ser substituída pela visão do processo inovativo como produto da continuidade na aquisição de capacidades.

Com relação à contribuição da COPERSUCAR na área de máquinas agrícolas também devemos dizer que esta consistiu, primeiramente, em capacitar as empresas no uso dos equipamentos e articular as necessidades do usuário com a indústria produtora de máquinas. Sua contribuição foi importante no ajuste de alguns equipamentos específicos para a lavoura canavieira, dado o escasso investimento em P&D por parte da maioria dos fabricantes. Por outro lado, a participação do CTC na área de desenho de novas máquinas (ou, mais precisamente, máquinas que não estavam disponíveis no mercado nacional), pode ser vista como uma estratégia no sentido de ocupar um espaço onde existem oportunidades de inovação, e onde há meios definidos de "apropriabilidade".

Para concluir, apresentamos algumas considerações que procuram contextualizar o estudo de caso realizado dentro da problemática da capacitação tecnológica em nível setorial:

a) Os resultados apresentados mostram que a COPERSUCAR fez uma experiência importante de capacitação tecnológica e contribuiu para a articulação do "sistema de inovação" no setor[62]. Também foi constatado que esta experiência foi possível a partir de uma "articulação" social específica, que permitiu socializar os custos das atividades de P&D e, assim, superar alguns obstáculos para a participação do setor privado em atividades de P&D na agricultura e agroindús-

---

[62] Para fazer um diagnóstico mais preciso sobre a constituição de um sistema de inovação para a agroindústria sucro-alcooleira, e avaliar nesse contexto com maior exatidão a contribuição da COPERSUCAR, seria necessário estudar também a atuação dos outros agentes participantes (usinas, fornecedores, universidades e institutos de pesquisa), o que, lamentavelmente, foge do escopo desta dissertação, pretendendo que se constitua em objeto de trabalhos posteriores.

tria. Argumenta-se que tais restrições tornariam este setor exclusivamente dependente das inovações realizadas pelos fornecedores de equipamentos e pelas instituições públicas. Ao contrário, nosso trabalho parece indicar que a variável chave para a internalização da capacidade inovativa parece estar mais relacionada com o tamanho do capital do que com o fato de se tratar de agricultura e agroindústria, mostrando o potencial dos arranjos sociais de tipo cooperativo para viabilizar experiências de capacitação tecnológica nestes setores.

b) Os indicadores apresentados também mostram que, da mesma forma em que este arranjo social foi construído, hoje está sendo questionado, não apenas pelo corte de recursos para P&D derivado da crise de rentabilidade, senão principalmente pelo questionamento da própria COPERSUCAR como cooperativa a partir da saída de várias empresas (observe-se que das 95 usinas cooperadas, hoje restam apenas 47). Isto mostra como pode chegar a ser frágil esta experiência e como, da mesma forma em que houve um processo de capacitação, pode ocorrer um processo de "descapacitação". Este fenômeno estaria associado tanto à demissão de um grande número de pesquisadores e técnicos que tinham alcançado um nível considerável de conhecimentos relacionados ao setor, como pelo excessivo "empresariamento" da P&D que pode levar à busca de resultados imediatos e "visíveis" e ao abandono das pesquisas de mais longo prazo e resultados incertos.

c) O questionamento da articulação social que deu lugar à experiência da COPERSUCAR está levando a que os problemas de "apropriabilidade" se tornem mais visíveis, existindo hoje uma disputa com relação a quem vai pagar os custos da P&D, uma vez que os resultados destas atividades têm sido apropriados tanto pelas empresas cooperadas como pelas não cooperadas[63]. Isto mostra também o potencial e, ao mesmo tempo, a fragilidade dos acordos associativos para o financiamento da P&D.

d) Deve ser destacado o fato de que esta experiência de capacitação tecnológica ocorrreu sem que houvesse uma política específica para isto. A COPERSUCAR, na prática, se beneficiou da proteção outorgada ao setor, das boas condições de rentabilidade, da criação de uma demanda pelo álcool pelo Estado, dos créditos subsidiados e de outros mecanismos que favoreceram a acumulação neste segmento empresarial. Embora deva ser reconhecido que parte destes benefícios

---

[63] Atualmente está sendo discutida a extensão dos direitos de "propriedade intelectual" para cultivares de plantas. Nessa discussão a COPERSUCAR teve um papel ativo como "grupo de pressão". Entretanto, vimos que a não existência deste tipo de legislação até o presente não foi um obstáculo para o investimento privado em melhoramento vegetal. O interesse neste tipo de legislação surge agora quando a COPERSUCAR tem certeza da aceitação de suas variedades e de poder obter recursos a partir desta via. Mas, na verdade, a maior pressão para a existência deste tipo de legislação antes do que dos "melhoristas" ou das usinas cooperadas, é do *board* da COPERSUCAR, como forma de legitimação do Centro de Tecnologia frente às mesmas empresas cooperadas, num momento em que a própria COPERSUCAR está sendo questionada como instituição.

foram investidos em capacitação tecnológica, é importante esclarecer dois pontos. Em primeiro lugar, dados os limites para a transferência dos ganhos de produtividade para o conjunto da sociedade, ocorreu uma apropriação exclusiva por parte de algumas empresas, sem que houvesse igualação das condições de concorrência pela difusão da tecnologia e/ou eliminação de empresas marginais. Poder-se-ia dizer que a manutenção de preços ajustados desde 1985 fez a transferência destes ganhos de produtividade para o conjunto da sociedade. Entretanto, deve ser dito que isto ocorreu como corolário da política anti-inflacionária e não como um mecanismo dentro de uma política que procurasse promover a capacitação tecnológica e socializar seus benefícios. Os ganhos de produtividade permitiram às empresas mais eficientes absorver a queda do preço real do álcool de cerca de 30% no período pós-85. Entretanto, a eliminação de empresas marginais provocada por esta redução da margem de lucro foi novamente obstaculizada pela intervenção estatal, através do refinanciamento das dívidas dos usineiros em condições extremamente favoráveis. Esta política ilustra, mais uma vez, o peso das mediações corporativas e das oligarquias regionais na relação do setor sucro-alcooleiro com o Estado, cujo resultado mais evidente é a manutenção e reforço da heterogeneidade estrutural nesse setor.

Em segundo lugar, devemos dizer que antes do que "socializar os benefícios" pela diminuição do custo médio do álcool, o que houve foi uma "diminuição dos prejuízos", pois a produção de álcool, mesmo com os ganhos de produtividade alcançados, não pode ser considerada, no momento atual, uma opção energética economicamente viável.

e) Para concluir, queremos destacar que, para que o conjunto da sociedade possa se beneficiar da experiência do Proálcool e do progresso técnico aplicado ao setor, seria necessário repensar toda a política setorial a partir desse objetivo. Certamente, instrumentos de política econômica -como preços, quotas, comércio exterior, etc- devem ser modificados no sentido de diminuir o "protecionismo frívolo" outorgado ao setor. Entretanto, da mesma forma em que não existe uma relação unívoca de determinação entre "protecionismo" e ineficiência, também não existe este tipo de relação entre "liberalismo" e competitividade. Por isto, para promover essa competitividade, além dos instrumentos de política econômica, é necessária uma política explícita de capacitação tecnológica que atenda às especificidades setoriais. Evidentemente, a possibilidade de formulação deste tipo de política não depende apenas de uma "racionalidade técnica", mas, está condicionada pela articulação do Estado com os grupos privados vinculados ao setor.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, R. et al. "O setor público de pesquisa agrícola no Estado de São Paulo", Cadernos de Difusão de Tecnologia, EMBRAPA, Brasília, Vol. 3, Nº 1, jan./abr. 1986.

ALVES, F. J. "Mecanização do corte de cana e movimento dos trabalhadores assalariados volantes na Região de Riberão Preto: algumas reflexões", Cadernos da Engenharia de Produção, ano V, Nº 12, São Carlos, 1989.

_____ Modernização da agricultura e sindicalismo: luta dos trabalhadores assalariados rurais da região canavieira de Riberão Preto. Tese de doutoramento IE/UNICAMP, Campinas, 1991.

ARROW, K.J. "The economic implications of learning by doing", Review of Economics Studies, jun. 1962.

BELIK, W. "A tecnologia em um setor controlado: o caso da agroindústria canavieira em São Paulo", Cadernos de Difusão de Tecnologia, EMBRAPA, Brasília, Vol 2, Nº 1, jan./abr. 1985.

BELL, M. et al. "Assessing the performance of infant industries" Journal of Development Economics, Nº 16, 1984, pp. 101-128.

BERDING, N. & SKINNER, J.C. "Traditional breeding methods", in: Copersucar international sugarcane breeding workshop, COPERSUCAR, Piracicaba, 1987, pp. 269-321.

BORGES, J.M. & CAMPOS, R. "Viabilidade econômica do Programa brasileiro de álcool combustível", COPERSUCAR, São Paulo, 1990.

CANABRAVA, A.P. O Açúcar nas Antilhas (1657-1755). IEPE/USP, São Paulo, 1981.

CANO, W. Raízes da concentração industrial em São Paulo. São Paulo, DIFEL, 1977.

CASSIOLATO, J.E. "Inovação tecnológica em um país periférico: o caso da indústria brasileira de equipamentos para a produção de açúcar e álcool". Paper apresentado na ANPEC-VIII Enc. Nacional de Ec., 1981.

CAVALCANTI, G. "A dinâmica econômica do Proálcool: acumulação e crise 1975-1989", Revista Brasileira de Energia, Vol. 2, Nº 1, 1992.

CNPq (coord. Anciães) Avaliação tecnológica do álcool etílico, Brasília, 1980.

CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA Pesquisa de mercado sobre o álcool de cana no Estado de São Paulo. São Paulo, 1987, mimeo.

COPERSUCAR Centro de Tecnologia Copersucar, São Paulo, 1989a.

_____ Proálcool: Fundamentos e perspectivas. 2.e. São Paulo, 1989b.

_____ Agroindústria canavieira: um perfil. COPERSUCAR, São Paulo, 1990.

_____ Censo varietal quantitativo 1990. Cadernos COPERSUCAR, Série Melhoramento, nº 32, 1991a.

_____ "Terceira geração de variedades decana-de-açúcar" Boletim Técnico COPERSUCAR, Ed. Especial, maio 1991b.

DAHLMAN, C. & WESTPHAL, L. "Technological effort in industrial development -an interpretative survey of recent research" in Stewart & James, The economics of new technology in developing countries, Frances Pinter, Londres, 1982 pp. 105-137.

DE MARCO, C. O oligopsônio açucareiro paulista: das refinarias às cooperativas. Monografia de Graduação, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 1991.

DÖBEREINER, J. "Avanços recentes na fixação biológica de nitrogênio no Brasil", Estudos Avançados, USP, São Paulo, Vol. 4, Nº 8, jan/abr. 1990, pp. 144-152.

DOSI, G. et al. Technical change and economic theory, Columbia University Press, 1988.

EISENBERG, P.L. Modernização sem mudança: a indústria açucareira em Pernambuco 1840/1910, Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1977.

ERBER, F. "Technological dependence and learning revisited", Textos para Discussão Nº. 34, IEI/UFRJ, 1983.

FINGUERUT, J. et al. "Fermentação alcooólica em usinas cooperadas: evolução e perspectivas". Boletim Técnico Copersucar, 23-83, 1983.

FONSECA, M.G. Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para a agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas. Tese de Doutoramento, IE/UNICAMP, Campinas, 1990.

FRAGINALS, M.M. O Engenho. UNESP/HUCITEC, São Paulo, 1988.

FRAUSINO, C. Estudo da inovação tecnológica na produção industrial do álcool no Brasil. Monografia de Graduação, IE/UNICAMP, Campinas, 1989.

_____ & SILVEIRA, J. M. "Inovações biotecnológicas e a indústria alcooleira". Anais do XVIII Encontro da ANPEC, Brasília, 1990.

FREEMAN, C. "Japan: a new national system of innovation?" in: Dosi, G. et all, Technical change and economic theory, Columbia University Press, 1988, pp. 330-348.

FURTADO, C. Formação econômica do Brasil. Editora Nacional, 1977.

GHELLER, A. et al. "Variedades de cana-de-açúcar, contribuição das novas variedades RB", ÁLCOOL & AÇÚCAR, Nº 52, jan/fev. 1990.

GNACCARINI, J.C.A. Estado, ideologia e ação empresarial na agroindústria açucareira do Estado de São Paulo. Tese de Doutoramento, FFLCH/USP, São Paulo, 1972.

_____ "A economia do açúcar. Processo de trabalho e processo de acumulação", in: Fausto,B. (org) O Brasil republicano: estrutura da civilização brasileira. Vol. 8 da História Geral da Civilização Brasileira, DIFEL, São Paulo, 1979.

GONNARD, T. et al. "Changement technique et stratégie des acteurs dans la secteur de la chimie du sucre". Paris, 1990, mimeo.

GORDON, R. "Les entrepreneurs, l'entreprise et les fondements sociaux de l'innovation". Sociologie du Travail, ano 1989, N°.1.

GRAZIANO DA SILVA, J. Progresso técnico e relações de trabalho na agricultura, HUCITEC, São Paulo, 1981.

_____ "A relação setor público-privado na geração de tecnologia agrícola no Brasil", Cadernos de Difusão de Tecnologia, EMBRAPA, Brasília, Vol 2, N° 2, 1985.

GUARNIERI, L. & NUNES, E. "Alternativas de demanda de álcool com relação à capacidade instalada". Conselho Estadual de Energia do Estado de São Paulo, São Paulo, 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLαGICAS Perspectivas de mudanças no custo de produção do álcool de cana no Estado de São Paulo. São Paulo, 1986.

_____ Programa de Atualização Tecnológica (PATI) Álcool: fase industrial. São Paulo, 1988.

_____ "Plástico biodegradável: vem aí uma revolução", Revista do IPT, São Paulo, Ano 4, N° 25, maio 1992.

JANK, M. S. La revolution technologique et le role de la Communitate Economique Europeenne sur les merches des produits sucrants. Dissertação de Mestrado, Montpellier, França, 1988.

_____ A inserção do Brasil e do setor cooperativo no mercado mundial de produtos agroindustrializados. São Paulo, 1989.

KAPLINSKY, R. "Trade in technology -who, what, where and when?" In: Fransman & King, Technological capability in the third world, MacMillan, Londres, 1984.

KATZ, J. Transferencia de tecnologia, aprendizaje e industrialización dependiente. Fundo de Cultura Económica, México, 1975.

KELLER, M. "O enigma da cana-de-açúcar". Executive News, N°. 12, jul. 1991.

LALL, S. "Technological learning in the third world: some implications of technology exports", in: Stewart & James, The economics of new technology in developing countries, Frances Pinter, Londres, 1982, pp. 157-179.

LUNDVALL, B. "Innovation as an interative process: from user-producer interaction to the national system innovation", in: Dosi, G. et all, Technical change and economic theory, Columbia University Press, 1988, pp. 349-369.

MACEDO, I. "Tecnologia e custos industriais da produção de álcool", COPERSUCAR, 1984.

MACHADO, G. et al. "Sugarcane breeding in Brazil: The Coopersucar Program" in: Copersucar international sugarcane breeding workshop, COPERSUCAR, Piracicaba, 1987, pp. 217-247.

MANN, S. & DICKINSON, J. "Obstacles to the development of a capitalist agriculture". The Journal of Peasant Studies. V. 5, N°.4, 1978, pp. 466-481.

MARTINELLI, O. & CAMARGO Fo, O. Exportações e destino dos principais complexos agroindustriais do Estado de São Paulo. UNICAMP, 1989.

MATSUOKA, S. "Pesquisa em melhoramento da cana-de-açúcar. O exemplo de outros países", ÁLCOOL & AÇÚCAR, Ano 5, N° 24, set./out. 1985.

_____ "Variedades de cana: um futuro promissor, apesar de tudo...", ÁLCOOL & AÇÚCAR, N° 2, jan./fev. 1990.

_____ "The contribution of man-made varieties to the sugar cane industry in São Paulo", Ciência e Cultura, Vol. 43, N° 4, jul./ago. 1991.

MOREIRA, E. Expansão, concentração e concorrência na agroindústria canavieira em São Paulo: 1975-1987. Dissertação de Mestrado, IE/UNICAMP, Campinas, 1989.

MOREIRA, J. & GOLDEMBERG, J. "O Programa Nacional do Álcool em 1988", Revista Brasileira de Energia, Vol.1, N° 1, 1989.

NEGRI, B. Um estudo de caso da indústria nacional de equipamentos: análise do grupo Dedini (1920-1975). Dissertação de Mestrado, DEPE/IFCH/UNICAMP, Campinas, 1977.

NELSON, R. "Institutions Supporting Technical Change in the United States" in: Dosi, G. et al. (org) Technical Change and Economy Change, Frances Pinter Publishers, Londres, 1988, pp. 312-329.

NELSON, R. & WINTER, S. An evolutionary theory of economic change, Harvard University Press, 1982.

PATURAU, J.M. "By-products of the sugar cane" Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1982.

PAVITT, K. "Technology transfer among the industrially advanced countries: an overview", in Rosenberg & Frischtak, International technology transfer: concepts, measures and comparisons, Praeger, Nova York, 1985, pp. 3-23

PENROSE, E. The theory of the growth of the firm, Basil Backwell, Oxford, 1959.

PETRONE, M.T.S. A lavoura canavieira em São Paulo. Difusão Européia do Livro, São Paulo, 1968.

PINAZZA, A. et al. "Retorno social dos recursos aplicados em pesquisa canavieira: o caso da variedade NA 56-79 no Estado de São Paulo". Revista de Economia Rural, 22 (1), Brasília, jan/mar. 1984.

PIÑEIRO et al. Procesos sociales e innovación tecnologica en la agricultura de América Latina. Editorial IICA, Costa Rica, 1983.

PRADO JR., C. Historia econômica do Brasil. Brasiliense, 1965.

PROGRAMA DE APOIO À CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DA INDÚSTRIA Relatório da Comissão Especial instituída pelo Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento e Secretaria de Ciência e Tecnologia, mimeo., Brasília, agosto 1990.

QUEDA, O. A intervenção do Estado e a agro-indústria açucareira paulista. Tese de Doutoramento, USP, Piracicaba, 1972.

RAMOS, P. Um estudo da evolução e da estrutura da agroindústria canavieira no Estado de São Paulo (1930-1982). Dissertação de Mestrado, FGV-SP, 1983.

_____ Agroindústria canavieira e propriedade fundiaria no Brasil. Tese de Doutoramento, IE/UNICAMP, Campinas, 1991.

ROSENBERG, N. Inside the black box: technology and economics, Cambridge University Press, 1982.

SANTOS, M. H. "Fragmentação e informalismo na tomada de decisão: o caso da política do álcool combustível no Brasil autoritário pós-64". Dados -Revista de Ciências Sociais, Rio de Janeiro, Vol. 30, Nº 1, 1987, pp. 73-94.

SODRÉ, N. W. Formação Histórica do Brasil, Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1976.

STEINDL, J. (1952)Maturidade e estagnação no capitalismo americano, col. Os Economistas, Abril Cultural, 1983.

SZMRECSÁNYI, T. O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975). HUCITEC-UNICAMP, São Paulo, 1979.

TRIGO, E. et al. Organización de la investigación agropecuaria en América Latina, Editorial IICA, São José, Costa Rica, 1985.

UNICAMP "O impacto das novas tecnologias sobre os países em desenvolvimento", IFCH/DEPE, Relatório de Atividades,1984.

VEIGA, J.E. "Quatro observações sobre o nexo entre mudança técnica e reestruturação agroindustrial". Paper apresentado no Seminário: Mudança técnica e reestruturação agroindustrial, NPCT/UNICAMP, 1990.

VELHO, P. Álcool combustível no Brasil: aspectos tecnológicos e algumas implicações relacionadas com o desenvolvimento e transferência de tecnologias de produção, IDS/University of Sussex, 1985.

VIZIOLI, J. "A presente situação da indústria assucareira no Estado de São Paulo". Boletim de Agricultura, Vol. 27, N°.10, 1926.

WALKER, D.I. "Manipulating the genetic base of sugarcane" in: Copersucar international sugarcane breeding workshop, COPERSUCAR, Piracicaba, 1987, pp. 321-334.

WILKINSON, J. O futuro do Sistema Alimentar. HUCITEC, São Paulo, 1989.