



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA**

ALCEU DE ARRUDA VEIGA FILHO

**MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO
PAULO: UMA FRONTEIRA DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA LAVOURA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Política Científica e Tecnológica.

Orientador: Professor Doutor TAMÁS SZMRECSÁNYI

CAMPINAS - SÃO PAULO
AGOSTO - 1998



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA**

ALCEU DE ARRUDA VEIGA FILHO

**MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO
PAULO: UMA FRONTEIRA DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA LAVOURA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre em Política Científica e
Tecnológica.

Orientador: Tamás Szmrecsányi – Instituto de Geociências

CAMPINAS - SÃO PAULO

AGOSTO - 1998

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA do I.G. - UNICAMP

Veiga Filho, Alceu de Arruda
V533m Mecanização da colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: uma fronteira de modernização tecnológica da lavoura/Alceu de Arruda Veiga Filho – Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Tamás Szmrecsányi
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Geociências.

1. Cana de açúcar. 2. Agricultura - Mecanização. 3. Agricultura e tecnologia. I. Szmrecsányi, Tamás. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

“O futuro habita em nós bem antes de acontecer”

Cartas a Um Jovem Poeta,


Rainer Maria Rilke

Muitas vezes “precisamos de um pouco de silêncio. Para viver os acontecimentos. Para que os acontecimentos sejam observados pelos olhos, absorvidos pelas nossas peles. Para que, quando chegarem aos nossos cérebros, produzam novas e queimem velhas sinapses. Para que possamos pensar de novo. E, finalmente emitir apenas opiniões preliminares, cheias de dúvidas...”

Um minuto de silêncio.

João Sayad.

Folha de São Paulo, 15/06/1998.



Dedico este trabalho à memória de
Nelson Kazaki Toyama e
Fernando Antonio de Almeida Séver

Agradecimentos Especiais à

Alceu de Arruda Veiga, meu pai e exemplo nunca alcançado,

Pedro Kalil Padis (in memoria), meu primeiro mestre, e

Tamás Szmrecsányi, amigo e rigoroso mestre, que me trouxe de
volta à academia.

Homenagens

À Maria Rodrigues Veiga, minha mãe, pelo amor, sabedoria e alegria de viver.

À Irene Pires Antonio, eternamente grato pelo amor, companheirismo e incentivo.

À Francisco Carvalho de Arruda Veiga (chico) e Eduardo Carvalho de Arruda Veiga (edu), meus filhos, pelo que são e por serem meu futuro.

Agradecimentos

Mais do que nunca verifiquei, ao desenvolver esta dissertação, a proverbial verdade de que todo trabalho acadêmico é uma construção coletiva, na qual participam pessoas e instituições.

Quero nominar meus agradecimentos a todos que colaboraram neste trabalho, iniciando pelo Instituto de Economia Agrícola, da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo que possibilitou-me frequentar o programa de pós graduação e desenvolver esta monografia de final de curso; ao Departamento de Política Científica e Tecnológica, do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas que propiciou-me as disciplinas e o orientador; e à CAPES, que financiou-me através de bolsa de estudos.

As pessoas que estou em débito são muitas. Agradeço aos professores do Departamento, em especial à Lea Velho, Sérgio Salles-Filho e Tamás Szmrecsányi, de quem tive a oportunidade de aproximar-me mais, e ao Prof. Oriovaldo Queda, da ESALQ/USP que, além de pertencer à banca examinadora, e de ser um amigo, discutiu o tema e apresentou-me bom material

As seguintes pessoas e amigos com os quais estive e estou sempre em contato também contribuíram com entrevistas, discussão e material: Antonio de Pádua Rodrigues, da ÚNICA, Aloísio Nunes de Almeida, da COPERSUCAR, Arnaldo A. Ribeiro Pinto, da SANTAL, Celso Sturion, da HEDGE, Dário W. Sodré, da Usina EQUIPAV, Francisco J. da Costa Alves, da UFSCar, Geraldo Magela de A. Silva, da ORPLANA, Janir Mattos, da Usina Albertina, Luiz Carlos T. Bicudo, da BRASTOFT e Vitório L. Furlani Neto, da UFSCar.

Agradeço aos colegas e amigos do IEA que me ajudaram de várias formas: Afonso Negri Neto, Aparecida Joana da Silva, Amaldo Lopes Junior, Celma S. do Lago Baptisttela, Deborah S. de O. Alencar, Denise Viani Caser, Edson José de Freitas, Flávio Condé de Carvalho, Gilberto Bernardi, José Alberto Angelo, José Eduardo R. Veiga, José Sidnei Gonçalves, Leda Maria do N. da Silva, Luís Henrique Perez, Maria Carlota M. Vicente, Maria Célia M. de Souza, Maria Lúcia Maia, Maria Rita de Melo, Malimíria N. Otani, Mariléia Freitas Rodrigues, Marli D. M. Oliveira, Nelson B. Martin, Rachel Mendes de Campos, Regina Junko Yoshii, Roseli C. R. Trindade, Samira Aoun Marques, Teresa Vera P. Rocha, Vandete P. do N. Negreiros e Vera Lúcia F. dos Santos Francisco.

Agradeço também aos funcionários do DPCT, em especial à Adriana Teixeira, Tânia Trinchinato e Valdenir Teixeira que sempre me atenderam com presteza e simpatia.

Agradeço à banca examinadora, composta pelos professores Tamás Szmrecsányi, Sérgio Salles-Filho, ambos do DPCT/IG/UNICAMP e Oriovaldo Queda da ESALQ/USP.

Por fim, agradeço ao clima de amizade e solidariedade proporcionados pelos amigos da turma de mestrado de 1996: Ana Lúcia Rios Assad, Flávia L. Consoni, Ionara Costa, Janaína O. P. da Costa, Leonardo A. M. Vieira, Luis Otávio Ramos Filho, Luis Paulo Bresciani, Luisa Helena P. C. Tisselli, Marco Fábio Poli, Maria do P. Socorro R. Chaves, e Marilise P. Massola.

SUMÁRIO

	Pág.
Apresentação	1
Capítulo I. Importância Sócio-econômica da Atividade Canvieira, Oportunidades de Desenvolvimento e a Mecanização do Corte em São Paulo	5
1.1- Caracterização Geral do Estado de São Paulo	5
1.2- Espacialidade e importância sócio-econômica da atividade canvieira ...	7
1.3- Oportunidades de desenvolvimento para a economia canvieira paulista.....	21
1.3.1- Transformações nos mercados externos e internos	21
1.3.2- Novas áreas-problemas	24
1.4- O corte mecanizado: uma primeira aproximação	28
Capítulo II. Os Processos de Inovação na Agricultura: Evolução Conceitual e Modelos de Análise	32
2.1- Breve revisão da evolução do pensamento econômico sobre os mecanismos da mudança tecnológica	32
2.2- Projetando um conceito para o processo de inovação na agricultura	38
2.3- Elementos para a formulação de um modelo analítico alternativo	44
Capítulo III. Evolução Histórica da Mecanização na Lavoura Canvieira Paulista e Padrões Internacionais de Mecanização do Corte	49
3.1- Antecedentes históricos: período 1950-90.....	49
3.1.1- Mudanças técnicas no processo produtivo agrícola.....	50
3.1.2- Breve histórico: fatores explicativos da expansão setorial	59
3.2- Padrões internacionais da evolução e do nível alcançado na mecanização do corte.....	63
3.2.1- A experiência internacional em países selecionados.....	65
3.2.2- Em busca do fugidio padrão internacional	72
Capítulo IV. O Processo de Inovação da Mecanização do Corte da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo	76
4.1- Primeiras experiências de mecanização do corte em São Paulo	76
4.2- Os fatores indutores do lado da demanda	79
4.3- Os fatores influentes na direção e difusão do processo	87
Capítulo V. Considerações Finais.....	102
Anexo 1	108
Anexo 2	112
Referências Bibliográficas	116

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1- Representação Esquemática das Regiões Fisiográficas do Estado de São Paulo	6
Figura 1.2- Fluxograma do Sistema de Corte Mecanizado.....	29
Figura 4.1- Relações dos Índices Reais de Salário/Preço de Cana	113
Figura 4.2- Relações dos Índices Reais de Salário/Preço de Cana, sem 1989.....	113
Figura 4.3- Relações dos Índices Reais de Salário/Preço de Açúcar.....	114
Figura 4.4- Relações dos Índices Reais de Salário/Preço de Açúcar, sem 1989 ...	114
Figura 4.5- Relações dos Índices Reais de Salário/Preço de Álcool	115
Figura 4.6- Relações dos Índices reais de Salário/Preço de Álcool, sem 1989.....	115

LISTAS DE SIGLAS

- AIAA – Associação das Indústrias de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo
- ATR – Açúcar Total Recuperável
- CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
- CB 36.14 – Variedade de cana originária de Campos, Rio de Janeiro, Brasil
- CB 40.19 – Variedade de cana originária de Campos, Rio de Janeiro, Brasil
- CB 40.77 – Variedade de cana originária de Campos, Rio de Janeiro, Brasil
- Co 331 – Variedade de cana originária de Coimbatore, Índia
- Co 421 – Variedade de cana originária de Coimbatore, Índia.
- COPERSUCAR – Cooperativa dos Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo
- CP. 29-291 – Variedade de cana originária de Canal Point, Flórida, EUA
- CP. 29-320 – Variedade de cana originária de Canal Point, Flórida, EUA
- CP. 34-120 – Variedade de cana originária de Canal Point, Flórida, EUA
- CTC – Centro Tecnológico da Copersucar
- CV – Cavalo Vapor
- dh – dias-homem
- DIRA – Divisão Regional Agrícola
- EHA – Equivalente-homem-ano
- ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
- EUA – Estados Unidos da América do Norte
- FGV – Fundação Getúlio Vargas
- Fibra % cana – Percentagem de fibra na cana
- FOB – Free on Board
- GATT – General Agreement for Trade and Tarifs

ha – Hectare

HFCS – High Fructose Corn Syrup

HP – Horse Power

IAA – Instituto do Açúcar e Alcool

IEA – Instituto de Economia Agrícola

IGP-DI – Índice Geral de Preços-Disponibilidade Interna

m – Metro

NAFTA – North American Free Trade Agreement

ORPLANA – Organização dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PLANALSUCAR – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar

Pol % cana – Percentagem do teor de sacarose da cana

PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool

SP – São Paulo

t – Tonelada

ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira de São Paulo

URSS – União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

US\$ - Dólares norte-americanos

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1.1- Produção e Área Colhida de Cana-de-Açúcar no Mundo, 1996.....	8
Tabela 1.2- Produção, Área e Rendimento de Cana-de-Açúcar no Brasil e nos Estados, 1994.....	9
Tabela 1.3- Exportações Brasileira e Paulista de Açúcar Centrifugado (raw value), em 1.000 t.....	9
Tabela 1.4- Produção Brasileira e Paulista de Álcool, em milhões de litros	10
Tabela 1.5- Área, Produção e Produtividade da Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo	12
Tabela 1.6- Área Total e Percentagem de Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo	13
Tabela 1.7- Produção e Percentagem de Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo	13
Tabela 1.8- Produtividade Física de Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo	14
Tabela 1.9- Médias e Medidas de Dispersão da Produtividade Física da Cana-de-Açúcar, por DIRAs Seleccionadas, Estado de São Paulo	14
Tabela 1.10- Demanda da Força de Trabalho na Agricultura Paulista, mil EHA	19
Tabela 3.1- Evolução da Área Média com Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo .	57
Tabela 3.2- Produção de Cana-de-Açúcar, por Tipo de Cultivo, Estado de São Paulo, em tonelada.....	57
Tabela 3.3- Número de Tratores por Faixa de Potência e por Tipo, nas Cooperativas COPERESTE e COPERSUCAR	57
Tabela 3.4- Estimativas da Produção Média da Força de Trabalho Demandada na .Lavoura da Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo	60
Tabela 3.5- Percentagem de Mecanização do Corte em Regiões Seleccionadas	74
Tabela 4.1- Preços Correntes e Constantes de Salários, Cana, Açúcar e Álcool no .Estado de São Paulo, 1976-97	81
Tabela 4.2- Índices Reais de Salários e de Preços de Cana, Açúcar e Álcool no Estado de São Paulo, 1976-97	82



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS/DEPTO
PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA**

**MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO
PAULO: UMA FRONTEIRA DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA
LAVOURA**

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alceu de Arruda Veiga Filho

A análise feita sugere – face à intensa desregulamentação econômica ora enfrentada pelo sub-setor sucroalcooleiro, associada às mudanças nos mercados internacionais, a necessidade de ajustes para adequá-lo à nova realidade, mais competitiva – situação na qual a geração e difusão de inovações tecnológicas torna-se um vetor primordial. A maior competitividade almejada depende muito do progresso técnico na lavoura, produtora de uma matéria-prima com alto peso na composição dos custos de açúcar e de álcool. A plena mecanização do processo produtivo agrícola da cana-de-açúcar, através da incorporação do corte mecanizado, representará um avanço técnico essencial para a redução destes custos. Contudo, a experiência internacional nesse campo mostra que o alcance dessa inovação depende, de um lado da escassez de força de trabalho, e de outro da interação deste fenômeno com a presença de outros fatores no lado da oferta.

O caso paulista revela similaridades com as experiências de outros países, embora certos fatores do lado da demanda – principalmente a evolução dos salários em relação aos preços – não tenham sido até agora francamente estimulantes. Em contraposição, a evolução dos custos dos sistemas manuais e mecânicos têm, de modo geral, apontando vantagens para este último. Por sua vez, as evidências sobre os fatores influentes na direção do desenvolvimento tecnológico mostram que houve vários avanços incrementais e sistêmicos aumentando a adaptabilidade das máquinas e equipamentos disponíveis às condições da lavoura paulista, bem como a própria eficiência da colhedoras.

Com o estabelecimento de um horizonte de perspectivas e de problemas técnicos, surge a necessidade de obter melhorias nos sistemas de limpeza da matéria-prima, face à maior demanda por corte de cana crua. No processo de difusão, por seu lado, percebem-se algumas grandes dificuldades, decorrentes da complexidade dos fatores envolvidos, que vão desde a necessidade de adoção de nova sistemática de planejamento da lavoura, adequando-a ao corte mecanizado, passando pela pressão ambientalista que levanta novas questões técnicas, até a restrição dos solos aptos, determinada pelas estratégias das empresas produtoras das máquinas, pelas mudanças organizacionais nos processos de trabalho e na organização setorial, e pelas inovações incrementais que otimizam o uso das máquinas e o rendimento físico da cultura.

Conclui-se que embora não haja dificuldades tecnológicas intransponíveis nem falta de acesso às novas técnicas, o aceleração desse processo inovativo, além das expectativas de expansão dos mercados de açúcar e de álcool, depende de uma melhor articulação entre os vários fatores estudados, consolidando e aprofundando as interações entre eles para aumentar suas sinergias positivas.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS/DEPTO
PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA**

**THE MECHANIZATION OF SUGARCANE HARVESTING IN THE STATE OF SÃO
PAULO: A TECHNOLOGICAL FRONTIER OF AGRICULTURAL
MODERNIZATION**

ABSTRACT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alceu de Arruda Veiga Filho

The performed analysis suggests, in view of the intense economic deregulation currently undergone by the Brazilian sugarcane industry, associated with great changes in the international markets, the necessity of adjustments in order to conform it to a new and more competitive reality – a situation in which the generation and diffusion of technological innovations have become prime vectors. The desired increase of competitiveness is highly dependent on technical progress in agriculture, sugarcane being a raw material with great in the cost composition of both sugar and ethanol.

The full mechanization of its productive process, through the incorporation of machine harvesting, will undoubtedly represent an essential technical improvement for the reduction of their total costs. Nonetheless, the international experience in this field so far shows that the reach of this innovation depends on a scarcity of labour force, and on the interplay of this phenomenon with the presence of other factors on the supply side.

The case of São Paulo reveals some similarities with the experiences of other countries and regions, even if some factors on the demand side – mainly the evolution of wages relative to prices – have not shown exceedingly stimulating up to now. Contrariwise, however, the evolution of manual and mechanical harvest cost has, in general, pointed to the advantages of the latter. At the same time, the evidences related to the factors influencing the direction of technological development reveal the occurrence of several advances, both incremental and systemic, which have increase the adaptability of the available machinery and equipments to the agricultural conditions of São Paulo, as well as harvesters' own efficiency.

The establishment of a new horizon of technical perspectives and problems has promoted the advent of the necessity to improve the raw material's cleaning systems, due the growing demand for the harvesting of unburn sugarcane. On the other hand, some great difficulties can be perceived in the diffusion process, due to the complexity of the involved factors, which include from the need of adopting a new agricultural planning system, adjusting the crop to mechanical harvesting, through environmental pressures, which raise technical problems, up to the restriction of soils' aptitude, determined by the strategies of agricultural machines producing firms, by structural changes in the labour process and in the industry's organization, as well as by the incremental improvements which have been optimizing the use of machines and the crops' physical returns.

In conclusion it may be stated that, although there is neither a lake of suitable technology nor na absence to the new ones, the acceleration of this innovative process, besides the expectations of the sugar and ethanol markets' expansion, depends on a better articulation of the various factors which have studied in this dissertation, consolidating and deepening the interactions among them, in order increase their positive synergies.

APRESENTAÇÃO

A agricultura paulista, embora tecnologicamente heterogênea, pode ser interpretada em suas mudanças estruturais na perspectiva do que se convencionou chamar de padrão produtivista. As bases deste padrão são definidas por um conjunto de técnicas que tem como objetivo o aumento da produtividade dos fatores empregados e da mão-de-obra utilizada, a partir do melhoramento genético das espécies vegetais e animais, potencializadas através de insumos químicos (fertilizantes e defensivos), de rações animais processadas industrialmente e da mecanização dos processos produtivos. Além disso, ela vem se tornando um setor cada vez mais integrado a jusante, pelo processamento agroindustrial de sua produção, caracterizando-se, desta forma, por compor-se como um elo de uma cadeia produtiva que se inicia pela indústria fornecedora de insumos e máquinas.

Neste quadro mais geral, a lavoura canavieira paulista é das que mais se integraram estruturalmente. Uma de suas características principais, explicada à luz da história, reside na sua vinculação a unidades fabris integradas verticalmente "para trás", o que lhes permite produzir grande parte (em muitos casos, a maior parte) da matéria-prima que consomem no seu processamento industrial. Essa integração, por sua vez, condiciona uma particular dinâmica de inovação tecnológica, diferente do que ocorre em outros sub-setores agroindustriais.

O sub-setor sucroalcooleiro paulista, assim integrado, submeteu o seu segmento agrícola a intenso processo de mudança técnica. Atualmente, o preparo de solo e a fase dos tratamentos culturais já são totalmente mecanizados, enquanto que o plantio e a colheita ainda utilizam sistemas parcialmente mecanizados, ao mesmo tempo em que, no seu processo evolutivo de transformação, todas as principais inovações técnicas de manejo da cultura já foram também adotadas, incluindo as variedades melhoradas e o planejamento varietal, a ferti-irrigação, os adubos químicos e o uso de calcário, as práticas de espaçamento, de combate a pragas e doenças, de controle da erosão e assim por diante.

A etapa mais complexa é a da colheita – subdividida em corte, carregamento e transporte (sendo que estas duas últimas já estão totalmente mecanizadas em São Paulo). Dependendo do sistema que se utiliza – se corte manual, por exemplo – os arranjos técnicos são de uma dada ordenação – com auto-motrizes carregadeiras, caminhões ou cavalos-mecânicos no transporte e o correspondente

sistema de recepção da cana no estabelecimento industrial. Se o corte for mecanizado, esta configuração será diferente, implicando em rearranjos técnicos, investimentos adicionais, capacitação técnica e novas estratégias de inovação. Esses rearranjos, por sua vez, geram mudanças na estrutura de produção agroindustrial, nas relações sociais de produção, no nível de emprego e na forma de utilizar o espaço geográfico da atividade agrícola.

As evidências encontradas, ainda que esparsas e muitas vezes incompletamente sistematizadas, indicam que esse processo de mudança – o da mecanização do corte – já está em andamento e, quando se completar, em termos de difusão ampla, significará um passo definitivo na modernização do sub-setor, fato este que já ocorreu em outros países/regiões, e mesmo em algumas unidades agroindustriais paulistas. O objeto desta dissertação é o de estudar esse processo de inovação, através da identificação e análise dos fatores determinantes da mudança, na tentativa de interpretar as tendências em curso, e com vistas a subsidiar a formulação de políticas públicas setoriais.

Em nosso estudo procuramos ir além das interpretações essencialmente micro-econômicas, cujas variáveis explicativas mais importantes são constituídas pelos preços relativos, pela escassez/abundância de fatores de produção, pelas taxas de retorno da inovação, pelas condições de mercado, etc, implicitamente considerando todas as demais como "resíduo". Segundo nossa concepção, inicialmente de caráter intuitivo e, com o passar do tempo, mais enraizada teoricamente, este resíduo acaba revelando, quando desagregado, outras variáveis com forte poder explicativo do fenômeno da inovação, propiciando uma melhor compreensão da dinâmica tecnológica em si.

O capítulo introdutório tem por finalidade contextualizar o problema da mecanização da colheita como não-trivial. Destaca-se, num plano descritivo, a importância espacial e sócio-econômica dessa atividade agrícola no Estado, sua inserção brasileira e mundial, as quais fazem com que seus impactos sejam significativos quando a produção de cana sofre processos de mudança técnica. O desenvolvimento tecnológico ora alcançado é confrontado aos novos desafios que se colocam para essa atividade agroindustrial, principalmente no que se refere à abertura do mercado interno, representada pela desregulamentação do sub-setor, com a conseqüente retirada paulatina do Governo das decisões sobre preços e volume de produção do açúcar e do álcool, e com relação ao mercado internacional,

procurando, também aí, discutir resumidamente o que chamamos de novas áreas-problemas, determinadoras do desenvolvimento setorial e do processo inovativo. Ao final, procura-se problematizar o processo de mudança técnica da mecanização do corte a partir da ênfase nas dificuldades/oportunidades técnicas para sua adoção e difusão.

Tanto a caracterização da importância do sub-setor e de suas transformações, como a sua inserção num quadro mais geral configurando as possibilidades de mudança, têm por objetivo delimitar o processo de mudança em andamento, enfatizar a necessidade de continuar esse processo criador de potencialidades que aumentam a competitividade das empresas do setor, e salientar que o vetor principal da mudança necessária, para garantir essa maior competitividade, reside na geração e difusão de inovações tecnológicas.

O capítulo teórico têm por finalidade explicitar os conceitos utilizados na análise aqui estudada, partindo-se de uma visão genérica da importância da mudança técnica. Segue-se a formulação de um modelo analítico, tendo em vista a necessidade de um enquadramento explicativo para esse processo no setor agrícola, concluindo com as proposições formuladas com base nos argumentos desenvolvidos por Nathan Rosenberg, e por nós tomadas como instrumentos operacionais para determinar, de forma qualitativa, os fatores influentes na direção do desenvolvimento tecnológico e no ritmo do progresso técnico da lavoura canavieira de São Paulo. Dentro desta perspectiva, pretende-se considerar o processo de inovação como sendo didaticamente divisível em duas partes: (1) a direção em que se desenvolvem no plano da concepção, os testes, os protótipos e a escala piloto, e (2) o ritmo de sua adoção no plano produtivo. Trata-se, na verdade, de partes de um mesmo fenômeno, que interagem com os fatores econômicos numa linha evolutiva determinante da escolha de qual processo da mudança será adotado, apontando para um ambiente de incerteza em termos de resultados, ao mesmo tempo em que o processo de busca se caracteriza por elementos identificáveis.

A análise que se segue está dividida em dois capítulos. O capítulo três contém uma revisão histórica da evolução recente do sub-setor canavieiro paulista, com ênfase no processo de mudança técnica ocorrido no período 1950-1990, visando situar os vários momentos desta mudança, o patamar alcançado e as causas explicativas. O mesmo capítulo contém ainda uma análise do processo de

mecanização do corte em outros países e regiões – como a Austrália, Cuba, a Luisiana e o Havaí – com o objetivo de resgatar os fatores condicionantes da direção e ritmo em que aí se deram as mudanças, procurando identificar um possível padrão de comparação e de prospecção para o caso em estudo.

O quarto capítulo contém uma análise do processo de mecanização do corte em São Paulo, à luz do modelo formulado. Inicia-se por um breve histórico da mecanização do corte em São Paulo nas primeiras décadas após a II Guerra Mundial, relatando as diversas experiências realizadas e os fatores que impediram sua propagação, retomada apenas nos anos 1970 em diante. Analisa em seguida os fatores determinantes do lado da demanda – tais como preços relativos da mão-de-obra e da cana, do açúcar e do álcool em suas evoluções históricas no período de 1976 a 1997. Esta análise é complementada por um exame dos fatores do lado da oferta, distinguindo aqueles que afetaram o desenvolvimento tecnológico da colhedora e aqueles que afetaram (afetam) a sua difusão, conforme as evidências empíricas encontradas na literatura e por meio de entrevistas, que apontaram para a existência de uma dinâmica evolutiva independente da demanda por tecnologia, mas com significância econômica.

No último capítulo, de considerações finais, são apresentadas as lacunas empíricas e teóricas remanescentes, procurando-se fazer algumas generalizações através do cruzamento do modelo teórico adotado com os resultados encontrados nos capítulos analíticos.

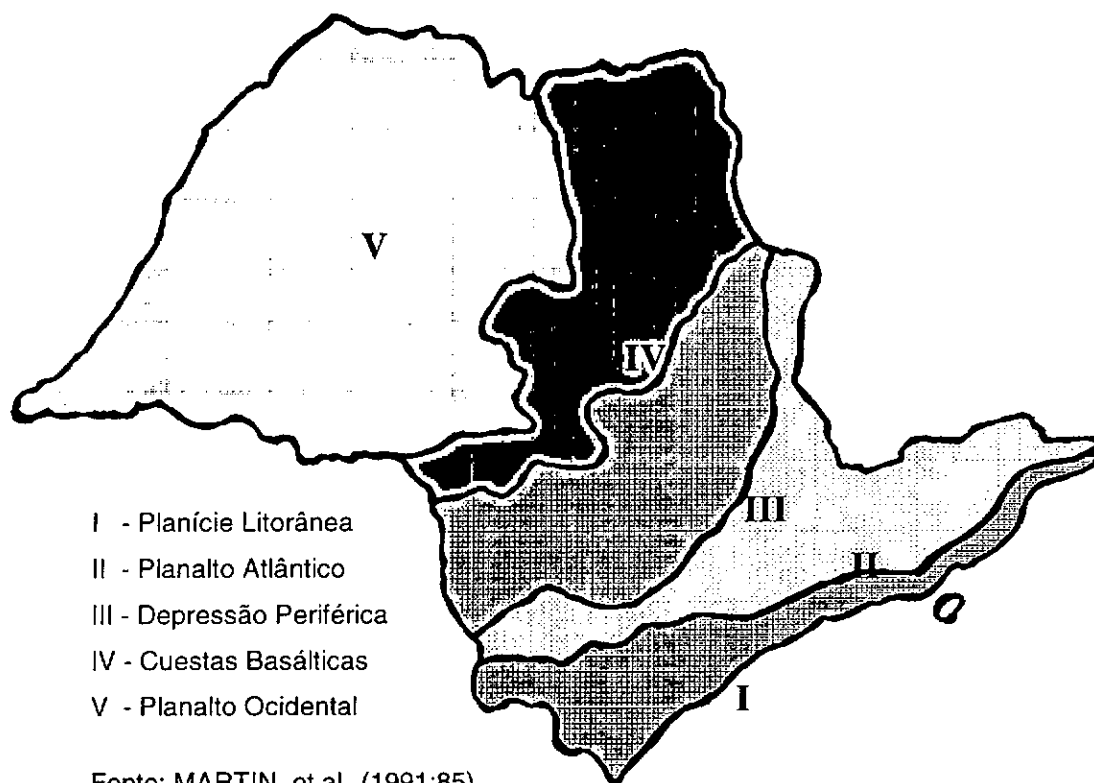
Capítulo I. Importância Sócio-econômica da Atividade Canavieira, Oportunidades de Desenvolvimento e a Mecanização do Corte em São Paulo

Este capítulo tem por objetivo situar a atividade canavieira no contexto agrícola do Estado de São Paulo, procurando entendê-la de forma genérica e relativizada. Inicialmente faz-se uma caracterização do território estadual tendo em vista suas possibilidades para a exploração agropecuária. Em seguida, busca-se determinar a importância espacial e econômica da cultura, sua participação mundial em termos de área, produção e volume de exportação, examinando posteriormente a sua situação regional, sua expressão sócio-econômica e seus impactos na geração de renda e emprego, e no nível tecnológico. A terceira parte do capítulo contextualiza a problemática de desenvolvimento setorial no intuito de perceber suas limitações e as possibilidades de evolução que enquadram o processo de inovação tecnológica. Finalmente, na última parte procura-se demonstrar preliminarmente a complexidade das inovações em direção à mecanização do corte dentro do processo produtivo.

1.1- Caracterização Geral do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo ocupa 248,0 mil km² (24,8 milhões de ha), representando 2,91% do território nacional, localizado na região sudeste do país. Possui cinco regiões fisiográficas distintas: a Planície Litorânea, o Planalto Atlântico, a Depressão Periférica, a Cuestas Basálticas e o Planalto Ocidental (Figura 1.1).

Figura 1.1 - Representação Esquemática das Regiões Fisiográficas do Estado de São Paulo



Historicamente, o cultivo da cana-de-açúcar iniciou-se na capitania de São Vicente, em 1533, espalhando-se pelo litoral paulista (DÉ CARLI, 1936), na região fisiográfica da Planície Litorânea. Posteriormente, entre meados do século XVIII e meados do século XIX, experimentou um surto expansionista, quando se instalou no quadrilátero formado pelas regiões de Campinas, Itu, Porto Feliz, e Mogi Mirim (PETRONE, 1968), ocupando áreas nas regiões fisiográficas do Planalto Atlântico e Depressão Periférica, de onde se irradiou para ocupar vastas áreas na região das Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental, já neste final do século XX.

Neste Estado, das principais categorias de solos, segundo classes de nível mais alto, os podzólicos ocupam 28,5% e os latossolos 50,8%, com grande potencial para a atividade agropastoril (MARTIN, et al, 1991:83-98). Tanto é assim que a ocupação do solo, considerando vários anos, permanece em média em torno de 18,0 milhões de ha – 73% do território estadual – dedicados a culturas temporárias (15%), permanentes e semi-permanentes (21%), pastagem (59%) e reflorestamento (5%), embora numa perspectiva regionalizada se observem variados graus de substituição entre essas atividades ao longo dos anos (CAMARGO, et al, 1995).

Em termos climáticos, por estar situado entre os paralelos 20 e 25 sul, o Estado é considerado como tipicamente tropical. Devido à sua extensão, apresenta regiões ecologicamente distintas, com condições climáticas diferenciadas, abrangendo seis tipos. Seu regime de chuvas é de verão, com dois períodos no planalto: chuvoso, de outubro a março, e seco, de abril a setembro. No litoral, o período mais chuvoso ocorre entre novembro e abril, e o mais seco no inverno. Os recursos hídricos são formados por duas regiões hidrográficas, compreendidas pelas Bacias do Alto Paraná e a Bacia das Vertentes Marítimas, que totalizam 250 mil km² e vazão de 3.130 m³/s (MARTIN, et al, 1991:111-117).

1.2- Espacialidade e importância sócio-econômica da atividade canavieira

A cana-de-açúcar é produzida nos cinco continentes (Tabela 1.1) embora tenha expressão insignificante na Europa. Segue-se a Oceania que representa 4% da produção mundial e 2,5% da área colhida, tendo como país relevante a Austrália, responsável por 90% da produção desse continente. A África participa com 7% na produção e na área colhida, destacando-se a África do Sul e o Egito.

O continente mais importante é o asiático, com 42,5% e 42% de participação na área e produção, destacando-se a Índia, que individualmente é responsável por 22% da produção e 21% da área, seguida pela China, Tailândia e Paquistão. A América do Norte e Central representam 13% da produção e 17% da área, distribuídos em Cuba, México e EUA . A América do Sul é a segunda maior região produtora, com 34% da produção e 31% da área. Por sua vez o Brasil é o maior produtor mundial com 27% da produção e 25% da área colhida, sendo também o maior produtor de açúcar centrifugado, produzindo 13,0 milhões de t em 1995/96, cerca de 11% da produção mundial, além de ser o maior exportador, colocando no mercado externo 5,0 milhões de t de açúcar (SUGAR and SWEETENER, 1996).

Tabela 1.1. Produção e Área Colhida de Cana-de-Açúcar no Mundo, 1996

Regiões	Produção			Área colhida		
	1.000 t	% das regiões	%dos países	1.000 há	% das regiões	% dos países
Mundo	1.192.556	100	100	19.453	100	100
África	80.296	7	—	1.439	7	—
Egito	14.105	—	1	129	—	0,5
África do Sul	22.512	—	2	410	—	2
Demais países	43.679	—	—	900	—	—
América do Norte e Central	156.562	13	—	3.221	17	—
Cuba	40.000	—	3	1.500	—	8
México	46.980	—	4	614	—	3
EUA	26.512	—	2	359	—	2
Demais países	43.070	—	—	748	—	—
América do Sul	404.864	34	—	6.047	31	—
Argentina	17.600	—	1	295	—	1,5
Brasil	324.435	—	27	4.826	—	25
Colômbia	32.500	—	3	456	—	2
Demais países	30.329	—	—	470	—	2,5
Ásia	505.603	42	—	8.267	42,5	—
China	55.557	—	5	1.044	—	5,5
Índia	255.000	—	21	3.870	—	20
Tailândia	62.422	—	5	1.063	—	5,5
Paquistão	45.230	—	4	963	—	5
Demais países	87.394	—	—	1.327	—	—
Europa	169	0	—	2	0	—
Oceania	45.062	4	—	477	2,5	—
Austrália	40.649	—	3	397	—	2
Demais países	4.412	—	—	80	—	—

Fonte: FAO (1997)

Da área colhida no Brasil, em 1994 (Tabela 1.2), de aproximadamente 4,4 milhões de ha, 50% estavam localizadas no Estado de São Paulo, que produziu 59% da cana-de-açúcar, representando 174,0 milhões de t, com uma produtividade física de 80t/ha, a mais alta do País. Individualmente, os maiores estados produtores, depois de São Paulo, são Alagoas e Pernambuco no Nordeste, Paraná no sul e Goiás no Centro-oeste.

Tabela 1.2. Produção, Área e Rendimento de Cana-de-Açúcar no Brasil e nos Estados, 1994

Regiões	Área			Produção			Rendimento	Índice
	Há	% região	% est.	Tonelada	% região	% est.	Kg/ha	SP=100
Brasil	4.345.260	100	—	292.101.835	100	—	67,223	84
Norte	16.944	0,5	—	841.779	0,5	—	49,681	62
Nordeste	1.188.843	27,5	—	57.326.731	19,5	—	48,221	60
Paraíba	114.390	—	2,5	4.586.335	—	1,5	40,094	50
Pernambuco	399.865	—	9,5	19.258.632	—	6,5	48,163	60
Alagoas	438.527	—	10	21.740.387	—	7,5	49,576	62
Outros	236.067	—	5,5	11.741.377	—	4	49,739	62
Sudeste	2.637.268	61	—	199.281.436	68	—	75,564	94
São Paulo	2.173.200	—	50	174.100.000	—	59	80,112	100
Outros	464.068	—	11	25.181.436	—	9	54,262	68
Sul	264.372	6	—	17.760.416	6	—	67,180	84
Paraná	215.796	—	5	15.945.937	—	5,5	73,894	92
Outros	48.576	—	1	1.814.479	—	0,5	37,353	47
Centro-oeste	237.833	5	—	16.891.473	6	—	71,022	89
Goiás	104.582	—	2	7.818.187	—	2,5	74,756	93
Outros	133.251	—	3	9.073.286	—	3,5	68,092	85

Fonte: IBGE (1997)

**Tabela 1.3. Exportações Brasileira e Paulista de Açúcar Centrifugado¹
(*raw sugar*), em 1.000 t**

Safras	São Paulo ²	Brasil ³	% SP/Br
1989/90	0	1.500	0
1990/91	13	1.300	1,0
1991/92	322	1.607	20,0
1992/93	835	2.425	34,4
1993/94	1.535	2.861	53,7
1994/95	2.417	4.178	57,8
1995/96	3.138	5.000	62,8

(¹) O açúcar refinado foi convertido para centrifugado segundo a relação 1:1,07.

Fontes: (²) AIAA, **Avaliação da Evolução das Safras, 1990-1995.**

(³) **Sugar and Sweetener**, november 1994, march 1996.

Tabela 1.4. Produção Brasileira e Paulista de Álcool, em milhões de litros

Anos	Brasil ¹	São Paulo ²	% SP/BR
1990	11,92	7,78	65
1991	11,52	7,96	69
1992	12,72	8,56	67
1993	11,70	7,93	68
1994	11,28	8,28	73
1995	12,71	8,71	69
1996	13,25	8,12 ³	61
Média			63

Fontes: (1) Agriannual 97, (2) AIAA, 1990 a 1995, e

(3) AIAA, 1996, posição em 16/05/96

Em termos de rendimento, a maior produtividade física de São Paulo é seguida pelas do Paraná e de Goiás, em torno de 92 e 93% da de São Paulo, que supera em 16 pontos percentuais a média nacional, e em torno de 40 pontos percentuais a média da região nordestina¹

A liderança de São Paulo também se firmou na exportação de açúcar, notadamente na década de 1990, quando de 1% em 1990/91, passou para 62,8% em 1995/96, o que significou sair de 13 mil para 3,1 milhões de toneladas em cinco anos (Tabela 1.3). Na produção de álcool, o Estado manteve sua participação histórica de maior produtor, na faixa média de 63%, com uma ligeira queda no ano de 1996 (Tabela 1.4).

As áreas do Estado cultivadas com cana-de-açúcar (Tabela 1.5) quadruplicaram nas últimas três décadas, crescendo a uma taxa geométrica média anual de 5,9%². Elas dobraram em aproximadamente doze anos, atingindo um patamar superior a um milhão de hectares nos anos finais da década de 1970, subindo para a faixa de dois milhões de hectares já em meados da década de 1980, crescendo, a partir de 1985/86, constantemente, com exceção do ano-safra 1988/89.

¹ Essas comparações de produtividade física exigem bastante cuidado, pois a dispersão em torno da média tem sido alta, dependendo das condições climáticas, manejo e condução da cultura, variedades e *mix* de variedades utilizadas, tipos de solo, etc. Além disso, elas não levam em conta o fator qualidade para processamento industrial, medido pelo teor de sacarose, não necessariamente função direta do peso do colmo.

² As taxas geométricas médias de crescimento foram calculadas para os dados da Tabela 1.5, ajustando-se regressões lineares múltiplas nos logaritmos das variáveis para as séries de área, produção, rendimento e área nova, com os respectivos coeficientes de correlação sendo: 0,98, 0,97, 0,67 e 0,83, com testes "t" de Student significativos a 0,1%.

Essa enorme expansão de área foi acompanhada por uma produção que cresceu 7,1% ao ano, chegando ao dobro da alcançada em 1981/82, ao triplo em 1984/85, praticamente quintuplicando em 1996/97, com uma produção de 194,0 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

A produtividade física teve uma taxa de crescimento modesta, de 1% ao ano, embora sua interpretação deva levar em conta outros fatores importantes, como a substituição de variedades e a mudança na composição varietal agregada, que pode ser aquilatada pela adoção de novas variedades mais produtivas em sacarose e mais resistentes a pragas e doenças que as anteriores, conforme o último Censo Varietal de 1996, realizado pelo Centro Tecnológico da Copersucar-CTC, no qual se observou um grande movimento de expansão e substituição de variedades (BRAGA JUNIOR & BURNQUIST, 1997).

Pode-se perceber também a expansão da atividade pelo acréscimo de áreas novas, que cresceram a uma taxa média geométrica de 4,3% ao ano, notando-se que esses acréscimos foram crescentes desde o início do período até 1979/80. A partir dessa data, os acréscimos ocorreram dentro de um padrão estável, por volta de 300,0 mil ha/ano, voltando, na década de 1990 a adquirir novo impulso crescente. A distribuição espacial da área e da produção de cana-de-açúcar em São Paulo (Tabelas 1.6 e 1.7) mostra que ela é cultivada e produzida em todo o Estado, com pequenas participações nas DIRAs de Registro e São José dos Campos, que abrangem as regiões fisiográficas da Planície Litorânea e Planalto Atlântico, nos chamados vales do Ribeira e Paraíba. Ela é importante em todas as demais DIRAs, preponderando na de Campinas e Ribeirão Preto, que juntas são responsáveis por 60% da área total e da produção total, em todos os anos da série.

Considerando a distribuição de produtividade física por DIRAs (Tabelas 1.8 e 1.9), verifica-se que a dispersão relativa em torno da média anual, calculada pelo coeficiente de variação, chega a variar de 1/10 a 1/5, indicando uma heterogeneidade relativamente alta entre as regiões. O intervalo compreendido pela média e um desvio-padrão para cima e para baixo mostra que as DIRAs de Registro e São José dos Campos estão sistematicamente fora do intervalo, com produtividades físicas abaixo do limite inferior e, que a ocorrência de produtividades

acima dos limites superiores é frequente na DIRA de Barretos³ situando-a como a de mais alto rendimento cultural do Estado.

Tabela 1.5. Área, Produção e Produtividade da Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo

Anos	Área Ha	Produção Mil t	Produtividade T/há	Área Nova ha
1969/70	677.600	40.000	72,9	—
1970/71	750.200	36.000	58,3	133.100
1971/72	759.000	42.300	66,8	126.000
1972/73	740.000	40.000	65,4	128.000
1973/74	790.000	34.000	54,8	170.000
1974/75	802.000	35.600	57,3	181.000
1975/76	938.400	47.500	64,1	191.000
1976/77	971.000	55.300	66,3	177.400
1977/78	1.144.100	58.070	65,1	251.700
1978/79	1.200.700	62.200	67,0	272.500
1979/80	1.290.000	71.050	70,3	280.000
1980/81	1.379.760	73.140	69,3	324.500
1981/82	1.594.950	94.190	73,8	318.100
1982/83	1.733.500	108.450	78,0	343.500
1983/84	1.842.800	116.670	76,5	317.100
1984/85	1.951.650	121.950	75,0	325.550
1985/86	2.031.100	122.910	72,1	327.200
1986/87	2.057.400	132.050	75,3	304.700
1987/88	2.098.000	134.100	75,8	328.000
1988/89	2.087.480	131.550	74,5	321.580
1989/90	2.111.100	138.430	75,4	275.500
1990/91	2.165.100	143.900	77,2	301.100
1991/92	2.311.900	150.900	77,8	371.700
1992/93	2.350.200	155.445	78,5	369.460
1993/94	2.595.615	167.470	77,1	422.180
1994/95	2.707.500	174.960	77,5	448.600
1995/96	2.807.700	186.245	78,1	421.830
1996/97 ¹	2.856.274	194.025	79,3	409.966

Fonte: IEA/CATI. (1) Posição em junho

³ A DIRA de Barretos, São Carlos e Franca pertenciam à antiga DIRA de Ribeirão Preto.

Tabela 1.6. Área Total e Percentagem de Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo

DIRAs	Hectares									
	1992/93	%	1993/94	%	1994/95	%	1995/96	%	1996/97	%
Registro	170	0	800	0	730	0	335	0	325	0
S.J. Campos	2.160	0	1.925	0	1.770	0	1.960	0	1.945	0
Sorocaba	80.520	3,5	92.460	4	92.600	3	94.235	3,5	88.575	3
Campinas	430.100	18	458.500	18	463.000	17	445.330	16	456.975	16
Rib. Preto ¹	575.500	24,5	650.770	25	422.000	16	426.390	15	373.740	13
Bauru	304.800	13	329.660	13	364.500	13,5	366.165	13	363.635	13
S.J.R. Preto	135.300	6	158.060	6	155.000	5,5	162.600	6	160.225	5,5
Araçatuba	118.740	5	138.140	5	164.400	6	168.600	6	172.770	6
Pres. Prudente	85.200	4	87.430	3	91.000	3	97.080	3,5	99.800	4
Marília	56.620	2,5	55.680	2	50.000	2	54.520	2	58.480	2
Paranapanema	153.490	6,5	154.100	5,5	152.500	6	155.220	5,5	160.125	6
Barretos	139.400	6	163.620	6,5	186.000	7	206.100	7	205.740	7,5
São Carlos	268.200	11	305.470	12	289.000	11	304.535	11	325.740	12
Franca	—	—	—	—	275.000	10	324.630	11,5	324.910	12
Estado	2.350.200	100	2.595.615	100	2.707.500	100	2.807.700	100	2.792.985	100

Fonte: IEA/CATI. (1) Para efeito de região canavieira considera-se a DIRA de Ribeirão Preto adicionada pelas DIRAs de Barretos, São Carlos e Franca.

Tabela 1.7. Produção e Percentagem de Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo

DIRAs	Em mil toneladas									
	1992/93	%	1993/94	%	1994/95	%	1995/96	%	1996/97	%
Registro	10	0	40	0	35	0	17	0	15	0
S.J. Campos	115	0,5	90	0	85	0	100	0	80	0
Sorocaba	5.100	3,5	6.320	4	6.100	3	5.900	3	6.170	3
Campinas	28.420	18	30.100	18	31.270	18	30.610	16	31.080	16,5
Rib. Preto ¹	38.620	25	40.940	24	26.850	15	27.887	15	25.765	14
Bauru	21.160	14	23.530	14	25.100	14	25.285	14	25.520	13,5
S.J.R. Preto	8.540	5,5	9.890	6	9.570	5,5	10.600	6	10.355	5,5
Araçatuba	8.000	5	9.740	6	9.700	6	10.633	6	11.465	6
Pres. Prudente	4.630	3	5.100	3	5.150	3	5.397	2,5	5.560	3
Marília	3.230	2	3.200	2	2.900	2	3.205	2	3.150	2
Paranapanema	11.100	7	9.520	6	10.800	6	10.724	5,5	11.605	6,5
Barretos	10.320	6,5	11.500	7	12.950	7,5	15.172	8	15.390	8
São Carlos	16.200	10	17.500	10	18.000	11	18.965	10	19.380	10
Franca	—	—	—	—	16.450	9	21.750	12	22.715	12
Estado	155.445	100	167.470	100	174.960	100	186.245	100	188.250	100

Fonte: IEA/CATI. (1) Mesma referência da nota 1 da tabela 1.6.

Tabela 1.8. Produtividade Física da Cana-de-Açúcar, por DIRA, Estado de São Paulo

DIRAs	Toneladas/hectare				
	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97
Registro	71,43	52,63	50,00	56,67	51,72
S.J. Campos	56,65	48,26	53,13	56,82	45,58
Sorocaba	72,73	75,54	71,76	72,97	77,06
Campinas	74,87	75,30	76,64	76,54	75,80
Rib. Preto ¹	83,32	77,08	76,71	78,21	80,75
Bauru	79,16	82,63	79,68	79,66	79,64
S.J.R. Preto	78,78	81,51	76,56	82,21	79,99
Araçatuba	77,29	79,26	77,23	77,92	78,27
Pres. Prudente	67,69	69,27	69,59	66,28	65,70
Marília	63,96	66,25	65,91	65,78	58,59
Paranapanema	84,19	72,78	83,08	80,95	84,43
Barretos	86,14	86,29	86,33	87,04	86,99
São Carlos	75,14	72,22	75,00	75,41	74,28
Franca	–	–	78,33	79,02	81,85
Estado ²	74,72	72,23	72,85	73,96	72,90

Fonte: IEA/CATI. (1) Mesma referência da nota 1 da tabela 1.6. (2) Média aritmética das DIRAs.

Tabela 1.9. Médias e Medidas de Dispersão da Produtividade Física da Cana-de-Açúcar, por DIRAs Seleccionadas, Estado de São Paulo

Ano	Média e Desvio-padrão	CV ¹	Intervalo	Abaixo	Acima
92/93	74,72 8,384	11	66,34 - 83,10	Registro S.J. Campos	Rib.Preto, Barretos Paranapanema
93/94	72,23 11,39	16	60,84 - 83,37	Registro S.J. Campos	Barretos
94/95	72,854 10,381	14	62,47 - 83,24	Registro S.J. Campos	Barretos
95/96	73,963 9,233	12,5	64,47 - 83,196	Registro S.J. Campos	Barretos
96/97	72,904 12,640	17	60,264 - 85,544	Registro S.J. Campos	Barretos

Fonte: Dados da Tabela 1.8. (1) Coeficiente de Variação

A lavoura canvieira era responsável em 1995 por nada menos que 26% do valor da produção agropecuária paulista, cujo total alcançou naquele ano R\$ 6,98

bilhões. As principais áreas canavieiras do Estado podem ser agrupadas, em termos de localização, em duas grandes regiões – uma situada no centro e nordeste do Estado, integrada pelas DIRAs de Campinas, São Carlos, Ribeirão Preto, Barretos e Franca, que juntas participaram com 16% na formação do valor total da agropecuária e com 62% do valor da produção total da cana-de-açúcar; e a outra localizada no oeste do Estado, composta pelas DIRAs de Presidente Prudente, Araçatuba, Bauru, Marília, Vale do Paranapanema e São José do Rio Preto, com uma participação de 9% no valor total da produção estadual e 35% no valor da produção canavieira (OLIVETTI, et al, 1996).

Uma característica frequente, observável a nível das sub-regiões, representadas pelas delegacias agrícolas, é a da participação da cana-de-açúcar ser também bastante concentrada, com percentuais variando de 40% a 80%, alcançando em média 49% no conjunto das 29 delegacias com preponderância de cana.

Essa concentração no valor da produção canavieira também caracteriza a concentração na agroindústria. CARVALHO et al (1993:168-170) estudando o grau de concentração da produção de açúcar e de álcool por grupos econômicos (firmas sob o mesmo controle jurídico) através de índices de Herfindhal⁴ para o ano-safra 1990/91, categorizaram 62 grupos econômicos que produziram 50% do total de açúcar no Estado com um índice de 0,096, abaixo de outras indústrias processadoras como a de suco de laranja, que para 1990 obtivera um índice de 0,25 (MAIA & AMARO, 1994:61). O mesmo cálculo para a produção de álcool encontrou 113 grupos econômicos com índice de concentração mais baixo (0,044), dado pelo número de destilarias autônomas formadas em decorrência dos estímulos do Proálcool, embora somente 14 grupos se responsabilizassem pela metade da produção. Uma forma mais contundente de perceber essa concentração está nas evidências de que um único grupo detinha 27% da produção de açúcar, seguido por um segundo grupo que produziu 10% do total, enquanto que na produção de álcool o grupo mais importante tinha uma participação de 17,5% do total, e o segundo grupo detinha 5% dela, além do que esses principais grupos estavam classificados na mesma ordem de importância no que se referia à produção de açúcar.

⁴ O índice está compreendido entre $1/n \leq H \leq 1$ e as variáveis são produção por grupo sobre produção total, obtido por $H = \sum (X_i/T)^2$, onde $i=1, \dots, n$.

Utilizando a mesma metodologia, mas com uma agregação diferente, agrupando as 131 unidades industriais existentes na safra 1995/96 (Anuário, 1996) por controle jurídico e familiar, e considerando como grupo econômico somente aquelas unidades que formassem mais de uma empresa atuando no sub-setor, chega-se a 14 grupos econômicos, responsáveis por 67% da produção de açúcar e um índice de 0,07, ligeiramente inferior ao encontrado pelos autores acima referidos. Verificou-se, porém, que os quatro primeiros grupos detiveram 46% da produção total de açúcar, destacando-se um grupo que sozinho participou com 19% de todo açúcar produzido em São Paulo. O mesmo cálculo para álcool resultou em um índice de 0,07 para 15 grupos econômicos que produziram 69% do total, superior ao encontrado por CARVALHO et al (1993) para a safra 1990/91. Além disso, os quatro grupos principais foram responsáveis por 45% da produção de álcool, com o maior deles detendo 20% do total. Adicionalmente, verifica-se que se trata do mesmo conjunto de grupos, tanto no álcool quanto no açúcar.

Da mesma forma, a distribuição entre cana própria, produzida em áreas sob domínio das unidades industriais, e a de fornecedores, produzida por produtores independentes, tem mostrado um padrão histórico persistente. Tanto em 1969/70 como em 1979/80 a proporção era de 60% de cana própria e 40% de cana de fornecedores. Em 1989/90 a participação da cana própria elevou-se em seis pontos percentuais, reduzindo a participação dos fornecedores para 34% (CARVALHO et al, 1993:171). Essa mesma proporção verificou-se na safra 1996/97, com 66% para cana própria e 34% para cana de fornecedores. Quanto à produção de destilarias autônomas e anexas, a proporção em 1996/97 foi maior nas primeiras em termos de produção própria, respectivamente 69-31% e 66-34% e, muito frequente, acima de 70% de cana própria nas unidades industriais com capacidade de moagem acima de 3 milhões de toneladas por ano (AIAA, 1997).

Também entre os fornecedores a distribuição é concentrada e dispar. Do universo de 11.604 fornecedores, na safra 1995/96, 6% deles (741) produziram 53% da produção de cana-de-açúcar, ou seja 19,4 milhões de toneladas no total de 36,5 milhões, com os restantes 10.863 fornecedores participando com apenas 6% da produção, 1,9 milhão de t (ORPLANA, 1996).

A expressão econômica dessa atividade pode ser, finalmente, expressa no grau de integração inter-setorial a montante e a jusante, entre a indústria de máquinas, equipamentos e insumos industrializados, a atividade essencialmente

agrícola de produção da matéria-prima, e a indústria de processamento. Nesse caso, conforme KAGEYAMA et al (1990:194), o chamado complexo agroindustrial da cana-de-açúcar, estudado a partir da Matriz de Relações Interindustriais de 1975, foi considerado completo. Suas ligações a montante representaram 2/3 dos gastos da produção com produtos dessa indústria fornecedora e, praticamente, 100% de sua produção processada como matéria-prima industrial. Em termos de volume de recursos esse segmento econômico movimentou, em 1993/94, U\$ 4,45 bilhões, subdivididos em U\$ 0,41 milhões para a compra de insumos, U\$ 1,1 bilhão na produção agrícola, U\$ 0,81 bilhão na produção industrial e U\$ 2,13 bilhões em armazenagem, distribuição e vendas – gerando U\$ 0,6 milhão de contrapartida salarial e U\$ 1,5 bilhão de impostos recolhidos (VEIGA Fº. et al, 1996).

A importância desse sub-setor de atividade econômica é, como se pode aquilatar pelos dados descritos até aqui, bastante expressiva. Seus movimentos, portanto, causam impactos significativos na economia agrícola paulista, influenciando na geração de renda bruta do Estado, no nível de emprego rural, no valor da produção agropecuária, e repercutindo no nível tecnológico.

Em termos de mudanças na composição das atividades agrícolas do Estado, a cana-de-açúcar tem ocupado um papel preponderante em todas as avaliações feitas. VEIGA Fº et al (1981:80), estudando o período 1974-79, concluíram que a expansão da área de cana-de-açúcar no Estado, face aos estímulos da primeira fase do Proálcool, fora de 47%, o que significou uma taxa geométrica média anual de 8%. Nas regiões canavieiras de Campinas, Bauru/Marília e Ribeirão Preto a expansão foi de 10%, 50% e 92%. Essa expansão, por sua vez, ocorreu dentro de um processo de substituição de atividades, já que a área total do sistema havia permanecido praticamente a mesma, com a cana-de-açúcar ocupando, pela ordem, em torno de 65% da área de pastagem, 23% da área de produtos alimentares de mercado interno, e 11% da área de produtos de mercado externo.

Num período posterior, entre 1979 e 1989, VEIGA Fº & YOSHII (1992:48-49) estudando um sistema de produção ampliado para o Estado, incluindo mais atividades agrícolas, áreas de mata e de reflorestamento, no intuito de avaliar os movimentos de mudança agregada para a agricultura paulista, verificaram que a cana-de-açúcar continuou sendo a primeira atividade em expansão, crescendo em área à média de 5,5% ao ano. Observaram que a área ocupada por culturas temporárias e permanentes crescera em detrimento da área de pastagem natural,

mata e de reflorestamento, e que o movimento de substituição fora positivo para pastagem formada, laranja, milho e, principalmente para a cana-de-açúcar, substituindo, além de parte da pastagem natural, o algodão, o amendoim, o arroz, o feijão, a mamona e as olerícolas.

Outro trabalho (CAMARGO et al, 1995:50-76), com os mesmos objetivos, para o período 1983-93, constatou um forte movimento de substituição de atividades em favor da pastagem cultivada, da laranja e, em terceiro lugar, da cana-de-açúcar para o agregado da agricultura paulista. Regionalmente, este efeito foi maior na DIRA de Campinas, para as atividades de laranja, pastagem cultivada e cana-de-açúcar; enquanto que na DIRA de Ribeirão Preto (que incluía a DIRA de Franca) a expansão foi principalmente da cana-de-açúcar; e, finalmente, na DIRA de Barretos e de São Carlos os produtos que incorporaram área foram a laranja e cana-de-açúcar.

O impacto sobre o emprego pode ser observado em termos quantitativos e qualitativos. No primeiro aspecto, observa-se uma tendência de queda no número de dias-homens empregados no setor agrícola de São Paulo, comparando-se as décadas de 1970 e de 1990, que de um patamar de 50 milhões de dias-homens demandados passou para a casa dos 30 milhões (GONÇALVES, 1996:25 e VICENTE et al, 1997:12)⁵, e no aspecto qualitativo pode-se notar uma maior exigência de qualificação, relacionada a maiores rendimentos médios percebidos (BALSADI, 1996:46).

No caso da cana-de-açúcar, por seu lado, o efeito tem sido positivo desde pelo menos a criação do Proálcool, com a sua expansão ocorrendo preponderantemente em antigas áreas de pastagem extensiva, cujos coeficientes de ocupação de mão-de-obra são muito baixos. Estes, ao serem trocados pelos coeficientes da cana-de-açúcar acabaram por proporcionar uma absorção líquida de emprego. VEIGA Fº et al (1981:72) estimaram esse efeito positivo para 1974-79, e GATTI (1984:93-107) concluiu que entre 1970 e 1982 houve um acréscimo no nível

⁵ Ressalte-se que os levantamentos estatísticos não captam certas mudanças que estão ocorrendo no setor, como a intensificação de atividades próximas ou dentro de zonas urbanas e com interface na zona rural – como a floricultura e a plasticultura e que têm alto potencial gerador de emprego – além do que não têm como prever a intensificação de outras, tal como a seringueira, o coco da Bahia, a piscicultura, etc, que podem assumir uma dimensão futura compensadora em termos de emprego.

de ocupação de 3,21%, embora tenham também observado aumento na sazonalidade do trabalho nessa atividade⁶.

Atualmente, o quadro que se desenha (Tabela 1.10) é o da cana-de-açúcar constituir a atividade mais importante na demanda pela força de trabalho na agricultura paulista, ocupando, em 1993, 40,6% do total, crescendo para quase a

Tabela 1.10. Demanda de Força de Trabalho na Agricultura Paulista, mil EHA¹

Culturas	1993	%	1994	%	1995	%	1996	%
Cana	309,74	40,6	343,15	42,7	360,80	44,3	369,00	45,5
Demais	453,73	59,4	460,09	57,3	453,50	55,7	441,49	54,5
Total	763,47	100	803,24	100	814,30	100	810,49	100

Fonte: BALSADI et al (1995), SEADE (1996) e SEADE (1997). (1) Equivalentes-homens-ano.

metade em 1996, mesmo com queda de 10% na demanda total. O problema que se coloca é o da grande dependência da geração de emprego das condições de desenvolvimento de praticamente uma única atividade que, além de sujeita às influências das condições gerais da economia e do mercado externo, está passando por um aprofundamento do seu processo de transformação tecnológica, com reflexos reducionistas na utilização de mão-de-obra. Neste sentido, VEIGA F^o et al (1995:20) procurando estudar o impacto da mecanização na colheita, estimaram uma redução acumulada de 38 mil empregos-equivalentes⁷ no período 1994-2000, e uma taxa de desemprego próxima a 23% se toda a produção fosse colhida manualmente, e 71,4% da atual demanda por força de trabalho verificada em 1996⁸.

Essa estimativa de redução na utilização de mão-de-obra na colheita reflete o desenvolvimento da atividade e sua contraface tecnológica, na medida em que for se avultando seu processo de inovação. SANTOS (1984:15-20), buscando avaliar esse desempenho pela estimativa de uma curva logística de adoção para 1931-80 no Estado, concluiu que a proporção de área sob nova tecnologia na cultura da cana-de-açúcar evoluíra de 0,20 para 0,90 já nos finais da década de 1980, sendo essas novas tecnologias compostas por novas variedades, por novas práticas de

⁶ Vê-se em GONÇALVES (1996:30-32) que a cana-de-açúcar é a atividade que tem o maior perfil concentrador de demanda por trabalho nos meses da colheita relativamente a todas as outras culturas importantes no Estado.

⁷ O emprego-equivalente é uma aproximação aos postos de trabalho, supondo 150 dias de atividade e um rendimento per capita de 6t/ha/dia, valores médios para o Estado.

⁸ Nesta estimativa tomam-se os 369.000 EHAs da Tabela 1.10, converte-os em dias-homens multiplicando por 200 dias de trabalho. Aplica-se 65,2%, participação média em quatro cortes na colheita (BALSADI & CARON, 1994), depois divide-se por 150 dias de safra e por 6t/ha/dia. O resultado final é 53.464 empregos-equivalentes na colheita de 1996.

manejo do solo e da cultura, como adubação química, e combate à pragas e doenças, entre outras.

Um estudo mais recente (VEIGA F° & SANTOS, 1995:15-20), utilizando a mesma metodologia de estimação de curvas logísticas de adoção para o período 1931-92, identificou três curvas associadas a momentos diferentes, que coincidem com mudanças nos patamares de produtividade física da atividade, e estas à diferentes conjuntos de inovações que se sobrepõem no tempo: um primeiro como resultado basicamente de transferência de tecnologia externa e de estudos sobre nutrição, adubação e adoção de práticas culturais; um segundo associado ao melhoramento genético conduzido domesticamente; e um terceiro onde se consolida o padrão produtivista, no sentido da interação mais completa do tripé melhoramento genético-insumos industriais-máquinas e implementos. Uma evidência desta última afirmação foi encontrada na classificação temática de artigos publicados pelo CTC-Centro Tecnológico da Copersucar, onde se verificou que, entre 1980 e 1993, das pesquisas dirigidas às inovações 40% delas estiveram centradas em pragas e doenças, 17% em mecanização agrícola e 15% em melhoramento genético e pesquisa biológica básica, constatando, além disso, que o número significativo e crescente de projetos e/ou trabalhos em mecanização sugeria uma demanda mais intensiva por parte dos produtores.

Isso levou os autores acima mencionados a estimarem as fontes de crescimento da produção de cana e da produtividade do trabalho⁹, concluindo que o aumento da produção no período 1963-90 podia ser explicado pelo aumento da produtividade da terra em 16%, pelo aumento da relação área/trabalhador, esta associada a tecnologias mecânicas, em 34%, e em 50% pelo aumento da mão-de-obra empregada, esta associada ao aumento da área da cultura; e que o crescimento da produtividade do trabalho era explicada em 32% pelo aumento da produtividade da terra e em 68% pela mecanização do processo produtivo. Em grande medida estes últimos trabalhos citados levam a sugerir um intenso dinamismo tecnológico da cana-de-açúcar em São Paulo, no sentido de uma crescente integração, inclusive e principalmente pela difusão da mecanização do

⁹ Usa-se a identidade $P = P/A.A/N.N$, logaritmizada para estimar as taxas de crescimento da produção, decomposta em três componentes. Rearranjando-se tem-se as taxas de crescimento da produtividade do trabalho e de seus componentes, onde P = produção, P/A = produção por área, A/N = relação área por trabalhador e N = população empregada.

corde que representa um aprofundamento do processo de inovação dessa atividade, e cuja problemática será analisada na última seção deste capítulo.

A contextualização desse processo de inovação compreende, antes, uma análise da situação atual da economia canavieira e de suas perspectivas para entender/captar as possibilidades e problemas derivados de seu desenvolvimento econômico enquanto influência ao próprio dinamismo do processo de inovação.

1.3- Oportunidades de desenvolvimento para a economia canavieira paulista

A análise e discussão da economia canavieira são feitas aqui englobando o mercado internacional e o mercado doméstico no que diz respeito às transformações ocorridas e possibilidades criadas para seu desenvolvimento. Assim, o objetivo é o de caracterizar os principais elementos gerais que formam o substrato ao processo de inovação tecnológica e que interagem positiva ou negativamente em sua dinâmica evolutiva.

Antecipando o resultado, pode-se dizer que as principais influências determinadoras do desenvolvimento do sub-setor residem nas novas conformações dos mercados internacional e nacional, submetidos a processos de desregulamentação, sendo pautado pela necessidade de ajustes nos sistemas de organização empresarial aos novos cenários de mercado, no estabelecimento de um sistema de preços formados pelos mercados e que levem em conta a produtividade e a qualidade da matéria-prima, no aproveitamento e geração de subprodutos para o mercado e, por fim, também dependendo dos rumos do Proálcool.

1.3.1- Transformações nos mercados externo e interno

A situação do mercado internacional dos anos noventa é muito diferente daquela que existiu entre 1970 e 1990. Neste último período havia imperado um mercado fragmentado, dominado pelos acordos preferenciais, que representavam em torno de 80% do volume de negócios internacionais, sendo os 20% restantes realizados no mercado livre. Entre os principais acordos estavam aqueles estabelecidos pelos Estados Unidos da América, do qual o Brasil ainda participa¹⁰, o acordo URSS-Cuba que chegou a movimentar 5,5 milhões de t de cana, e os acordos entre os países europeus e suas ex-colônias na África. Uma característica

dessa época era a grande variedade de custos e de produtividade entre os diversos países acoplada à existência de políticas altamente protecionistas, que impunham uma grande variabilidade nos preços internacionais de açúcar. Essas políticas protecionistas viabilizaram também a manutenção de preços e custos de produção internos superiores aos preços internacionais, conseguidos através do estabelecimento de quotas de produção, preços mínimos e subsídios à exportação. Tratava-se de um mercado dominado pelo comércio de açúcar bruto (ou, cru – *raw value*), ou seja pelo açúcar centrifugado não-processado, numa parcela de 90%, contra os 10% correspondentes ao açúcar branco centrifugado, processado e não-refinado (CERRO, 1997). Foi nele que acabou ocorrendo o aparecimento de substitutos como a isoglucose de milho ou HFCS (*High Fructose Corn Syrup*, xarope de milho com alto teor de frutose) e de outros adoçantes naturais e sintéticos, que passaram a concorrer nos diversos mercados com o açúcar proveniente da cana e da beterraba¹¹.

Na década de 1990, esse quadro começou a sofrer pressões para mudar. Apesar da continuidade do protecionismo nos mercados domésticos, as discussões a respeito da liberalização do comércio mundial de produtos agrícolas, iniciadas em 1986 na Rodada Uruguai, continuaram e devem consolidar-se em 1999-2000. Ao tratar das taxas e direitos alfandegários e dos subsídios à exportação, elas acabarão por afetar tanto o comércio mundial de açúcar como as políticas protecionistas internas. Isso já ocorre, por exemplo, na Dinamarca onde os compromissos estabelecidos pelo GATT afetaram a regulamentação do açúcar, e nos EUA, cujo projeto de lei agrária de 1996 apresentou alterações na política do açúcar, sendo a mais importante aquela que eliminou preços mínimos quando as importações forem inferiores a 1,36 milhão de t, obrigando, nesse caso ao reembolso integral de todos os empréstimos feitos (BOLETIN, 1997). Mesmo assim, não se pode deixar de registrar que o protecionismo continua forte na Europa e nos EUA, como forma de defesa de seus respectivos produtores.

Por outro lado, estas perspectivas de liberalização mundial no comércio têm-se confrontado com a formação de blocos econômicos regionais, constituídos seja

¹⁰ Incluem-se neste caso as quotas preferenciais dos EUA, destinadas às regiões em desenvolvimento, que no caso brasileiro correspondem ao Norte e Nordeste do País, sendo atualmente de 1,2 milhão de t (CORDEIRO, 1997c).

¹¹ Para maiores detalhes veja-se discussão a esse respeito em SZMRECSÁNYI (1993:7-13) e YOSHII et al (1994).

por tratados aduaneiros de livre comércio, como o NAFTA, que reúne o Canadá, o México e os EUA e no qual se contemplou o açúcar de cana e o HFCS com um regime especial, embora temporário; seja por mercados comuns do tipo Mercosul – integrado pela Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – no qual também há um tratamento especial para o açúcar com término previsto para 2.001, quando se dará a zeragem das atuais tarifas aduaneiras (CERRO, 1997).

Em parte devido a essas mudanças no plano internacional, também as políticas governamentais começaram a passar por amplas reformulações, com vistas a eliminar o intervencionismo estatal, ou de promover a sua redução. Tais alterações já se encontram bem avançadas no Brasil, prevendo-se para novembro de 1998 a liberação total dos preços, como ponto final de um processo em que os produtos da agroindústria canavieira e de sua matéria-prima passarão a ser formados sem a presença do Estado-intervencionista¹².

O quadro atual se completa com a redução das disparidades nas produtividades agrícolas que, em termos mundiais, têm crescido a 2,5% ao ano, e por uma transformação nos processamentos industriais que levou ao aumento do comércio de açúcar branco (CERRO, 1997), resultando em grande estabilidade nos preços de mercado, mantido na faixa de U\$ 9 a U\$ 13 centavos por libra na Bolsa de Nova York, entre os anos de 1990 e 1997, diversamente do período 1970-85, no qual se verificaram com frequência grandes altas e grandes quedas – como as de 1975 com preços alcançando U\$ 30 centavos por libra, caindo para algo em torno de U\$ 8 centavos em 1978, depois subindo para U\$ 29 centavos em 1980, tornando a cair abaixo de U\$ 5 centavos por libra em 1985 (CARVALHO, 1997:16-22). Essa estabilidade deverá ser mantida no médio prazo, já que a demanda mundial tem crescido acima da taxa média de 1,5% verificada no final dos anos oitenta, tendendo a estreitar a brecha entre a produção e o consumo (HANNAH, 1997).

Mas, é importante salientar que o aumento de consumo de açúcar tem ocorrido principalmente nos países em desenvolvimento. Nos países industrializados, ele tem diminuído em função da competição dos adoçantes de milho e dos sintéticos. Mesmo após a adoção de medidas de liberalização por esses países, dificilmente haverá reversões abruptas e significativas em termos de abertura desses mercados para o açúcar de cana. As perspectivas externas são,

¹² Até o momento já foram liberados os preços do açúcar e do álcool anidro.

portanto, de acirramento da competição entre produtores tanto nos mercados dos países industrializados como nos dos países em desenvolvimento.

Devido a isso o mercado mais importante para o açúcar brasileiro continuará sendo o próprio mercado interno. Conforme CARVALHO (1997:27) "*O Brasil deve considerar o mercado internacional de açúcar apenas como uma opção para aumentos de uso da cana que atualmente está destinada ao abastecimento do mercado interno de açúcar e álcool.*" Esta afirmação, é claro, não pode ser encarada como uma proposta de isolamento ou de fechamento do mercado interno, mas de conscientização sobre a importância de evitar-se crises de superprodução, absolutamente frequentes na história desse sub-setor (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991), incentivadas em parte pelas oscilações dos preços internacionais. Mas, há dois aspectos que podem interferir nessa questão: a) a própria desregulamentação e os novos procedimentos organizacionais em curso, ajustados para esse novo cenário e, b) o peso do Brasil no mercado internacional.

O Brasil é considerado pelo tamanho da produção interna, pelo volume exportado e por ter na região centro-sul os menores custos de produção por tonelada de cana (BNDES, 1995) relativamente aos concorrentes, como a Austrália, Tailândia e outros, e que adicionado pela flexibilidade em produzir açúcar ou álcool acaba por propiciar condição única em relação ao parque produtivo mundial. Sua capacidade de expandir a produção e de ser competitivo em custos têm influência na formação de preços futuros externos (BRAZIL'S, 1994 e BOLLING & SUAREZ, 1996) e também agora na formação de preços internos, pelo processo de desregulamentação que os sujeita às leis de mercado – embora no caso se trate de um mercado especial, caracterizado por uma estrutura oligopsônica.

A desregulamentação em curso constitui um processo que, aparentemente, impede qualquer retorno aos mercados protegidos, e é o principal fator que impulsiona para a necessidade de se fazer ajustes, tendo em vista a criação de condições para o aumento da competitividade. Trata-se de mudanças que já estão ocorrendo em algumas empresas da agroindústria canavieira de São Paulo, e que apontam para os novos rumos a serem seguidos.

1.3.2- Novas áreas-problemas

A nível setorial, esses ajustes, que apenas representam uma busca de maior racionalidade econômica, têm visado vários pontos de estrangulamento, os quais impedem um melhor desempenho para obter reduções de custos, ganhos de escala

e de escopo, acesso mais facilitado às estruturas de financiamento e de comercialização, e busca de melhoria nas condições de distribuição do produto, principalmente nos portos de embarque.

Uma dessas áreas-problema é a necessidade de concentrar o fornecimento da matéria-prima à indústria dentro de um raio menor e mais econômico, diminuindo a distância entre o canavial e a unidade industrial de processamento. Esse potencial de redução é elevado quando se sabe que apenas na região de Ribeirão Preto existem mais de quarenta empresas que cultivam um milhão de hectares em terras descontínuas. Este fato começa a ocorrer, conforme o exemplo de duas das maiores usinas do Estado, localizadas na região, que trocaram terras e cana entre si, com a finalidade de diminuir custos de transporte, e conseguindo, na área circunscrita, abaixá-los pela metade do que remuneravam antes por tonelada de cana transportada. Este exemplo segue o de outra grande unidade industrial, que já há alguns anos, vem fazendo uso desse tipo de procedimento – trocando cana, contratos de arrendamento e fornecedores (COSTA, 1997a).

Outro ponto relevante e de alto custo, é o relativo aos custos portuários de embarque a países estrangeiros, que tem sido enfrentado com o início da privatização do porto de Santos (SP) e com as possibilidades de inversão em terminais privativos para carga, descarga e armazenagem – como era o caso de um grupo econômico de usinas paulistas que pretendia integralizar um volume de investimento de U\$ 20,0 milhões para alcançar uma capacidade de embarque de 15,0 mil toneladas/dia, iniciada em 1,7 mil t/dia, já contando com capacidade estática de armazenagem de 70,0 mil t (CORDEIRO, 1997a).

Ainda na área de transporte da matéria-prima à usina, que chega a representar 22% do custo do açúcar e do álcool (USINAS, 1997), um sistema que está sendo testado é o da substituição e redução da frota de caminhões pesados pelo chamado sistema de “bate e volta”, que consiste em carretas e cavalos mecânicos, os quais engatam nas carretas, estacionadas nas estradas e carregadas por tratores, levando-as para a unidade industrial e deixando-as lá, enquanto voltam para buscar outras carretas que, neste intervalo, estarão sendo carregadas no campo (SILVEIRA, 1996). Existem, nesse sentido, outras alternativas, que implicam na substituição desses caminhões por tratores e carretas acopladas – estes, inclusive, menos impactantes na compactação dos solos – terceirizando o transporte

do campo à usina, ou otimizando seu uso através de planejamento operacional conjugando a frente de corte e a entrada na usina (HAHN, et al, 1995).

A busca de economias de escala e de escopo também tem acontecido no setor através de fusões e incorporações, dando origem a novos conglomerados na produção e na comercialização. Neste último caso, um *pool* de sete usinas da região de Ribeirão Preto criou uma empresa que será responsável pela comercialização da produção conjunta das usinas, avaliada em R\$ 700,0 milhões, e futuramente responsável pela compra conjunta de insumos, veículos, máquinas agrícolas, e material utilizado nas indústrias, com um potencial de economia de recursos ainda não avaliado, mas esperado ser alto pelo poder de negociação que a nova empresa representa (USINAS, 1997). Na área de fusões, um exemplo que pode ser alavancador para outros empreendimentos é o da fusão/incorporação de duas usinas da região de Ribeirão Preto, formado uma companhia que tem como acionista importante um banco brasileiro, o que pode viabilizar novas formas de financiamento, além de sanar financeiramente a possível existência de débitos passados (COSTA, 1997c)¹³.

Nesse contexto de reestruturação surgem as mudanças organizacionais e através delas introduzem-se na cultura empresarial do sub-setor as questões sobre qualidade, aumento da circulação de informações intra-empresa, desburocratização, treinamento e uso de mão-de-obra mais qualificada, exemplificadas pelo programa de qualidade executado pela maior usina paulista e que implicou em investimentos de R\$ 8,5 milhões, realizados desde 1993 nas áreas industrial e agrícola, com retornos positivos em sua rentabilidade operacional (CORDEIRO, 1997b), assim como em outras unidades industriais agilizam-se estruturas hierárquicas pela redução de níveis de decisão, e investe-se em novas tecnologias na indústria, como o estudo de EID (1996:31) demonstrou com relação à adoção de tecnologias de automação no uso do controle automático da extração do caldo de cana, e na utilização de sistemas de instrumentalização digitalizados, bem como, embora em menor escala, a substituição das tradicionais moendas pelo difusor, que consegue extrair até 98% da sacarose contida na cana, além de ter manutenção mais barata que a da moenda.

¹³Essa perspectiva pode ser anulada se representar mais uma (tradicional) defesa patrimonial face a maus resultados financeiros, e se não introduzir as mudanças que as tornem mais competitivas.

Uma análise mais sistemática desse processo de reestruturação, que envolve tanto as mudanças organizacionais, as novas tendências de tecnologia na área industrial, as mudanças na forma de concorrência e na busca de competitividade, ainda está por ser feita para que se possam estabelecer tendências e generalizações. As ilustrações e exemplos levantados não conformam nem evidenciam uma reestruturação setorial em andamento, embora a expectativa seja a de que os exemplos isolados dessas iniciativas possam ser vistos como ações estratégicas das empresas para adequar-se a um cenário mais competitivo, e que no futuro assumirão uma dimensão setorial. E, nesse aspecto, quatro questões primordiais não analisadas aqui, deverão ser decisivas na criação de alternativas e possibilidades: a reformulação do processo de decisão sobre políticas públicas – que depende da evolução do processo de desregulamentação – o estabelecimento de um sistema de preços via mercado, o aproveitamento de subprodutos, a questão ambiental e a continuidade ou não do Proálcool.

Em resumo, os fatores levantados, e analisados de forma panorâmica, conformam um macro-conjunto de problemas e oportunidades representativo do cenário que as empresas sucroalcooleiras e os produtores de cana-de-açúcar deverão vir a enfrentar. As transformações no mercado externo e no mercado interno, assim como as questões subjacentes de aumento da concorrência e busca de maior competitividade, acabarão por refletir-se no equacionamento dos custos e na necessidade de aumento de produtividade, e que são dependentes da difusão de tecnologias incorporadas aos processos produtivos industrial e agrícola.

Como a matéria-prima da indústria sucroalcooleira é produzida no campo e sua participação na formação dos custos do açúcar e do álcool é bastante elevada, ao redor de 60% (THOMAZ JUNIOR, 1996:192), o progresso técnico nesta área irá desempenhar um papel chave na competitividade setorial. A continuidade da mecanização do processo produtivo agrícola, que é a principal fonte de crescimento da produção, depois da expansão da área, respondendo por 34% do crescimento da produção de cana em São Paulo, em período recente (VEIGA F° & SANTOS, 1995:20-21), deverá consolidar-se na mecanização da etapa do corte na colheita, a qual pode proporcionar redução de custos de produção agrícola e industrial, aumento na produtividade do trabalho e viabilizar a alternativa de colher cana crua. Contudo, a mudança do sistema de corte manual para o mecânico é um processo complexo, cujas principais interações são analisadas a seguir.

1.4- O corte mecanizado: uma primeira aproximação

O objetivo desta seção é o de mostrar a colheita de cana-de-açúcar como fase de um sistema produtivo integrado do campo à indústria e cuja complexidade impõe mudanças em seu conjunto, quando submetido à transformações no processo de corte *strictu sensu*; em seguida, encaminhando para uma problematização que justifique o seu estudo.

A mudança na etapa do corte, de manual para mecânico, não é apenas uma mera substituição de uma técnica por outra¹⁴. Em termos agrícolas significa combinar e otimizar quatro aspectos: o preparo do solo na lavoura, o dimensionamento dos equipamentos no campo, a equipe de manutenção e apoio e o treinamento do pessoal envolvido (GANDINI, 1997), incluindo um quinto aspecto, de alterações no transporte e na recepção da cana na indústria.

A Figura 1.2, apresentada a seguir, ilustra a complexidade do processo. O sistema de colheita é composto por três sub-sistemas: o sub-sistema de corte e carregamento, o sub-sistema de transporte e o sub-sistema de recepção. Cada sub-sistema tem interfaces que incluem aspectos comuns, os quais estabelecem um fluxo da matéria-prima do campo à indústria (RÍPOLI & PARANHOS, 1987:536). Estas interfaces iniciam-se, à montante, com a necessidade de sistematizar o terreno, na fase de preparo do solo, precedido de ajustes nos tamanhos dos talhões, e seguido por escolha de variedades com menor quantidade de palha e mais eretas. À jusante, o sub-sistema de corte e carregamento tem interfaces com o sub-sistema de transporte, passando a considerar novos procedimentos no transbordo para agilizar essa conexão com o transporte à usina, visando solucionar o problema da densidade de carga e a necessidade de efetuar a moagem em tempo mínimo, o que, por sua vez, redefine a recepção na indústria para cana picada, transportada por

¹⁴ Esta afirmação faz mais sentido no atual estágio de desenvolvimento tecnológico alcançado pelas máquinas colhedoras – que fazem o corte apical e basal, procedem a limpeza, picam em toletes e despejam nas unidades de transporte – *vis a vis* o que ocorria no início desse processo, que começou pelo uso de máquinas cortadoras, adotadas para substituir o corte manual (RÍPOLI & PARANHOS, 1987:538).

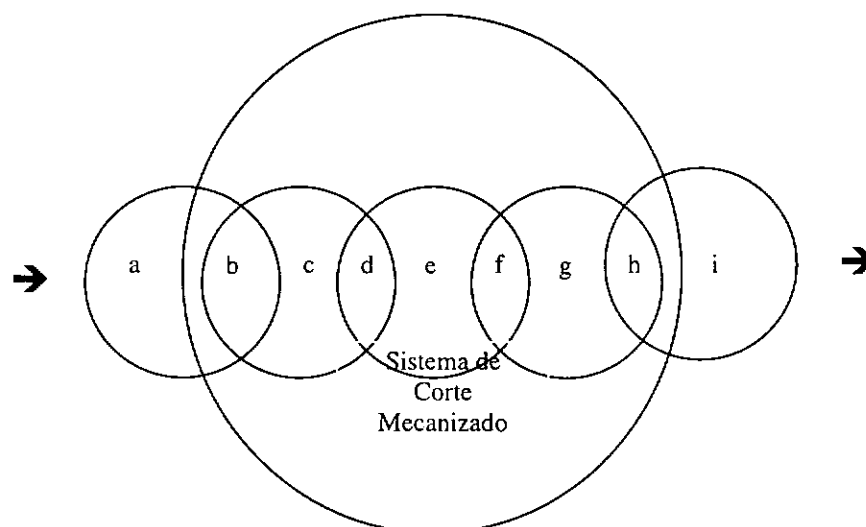


Figura 1.2. Fluxograma do Sistema de Corte Mecanizado

Fonte: RIPOLI & PARANHOS (1987).

Legenda

a: área agrícola; b: interface; c: sub-sistema corte e carregamento; d: interface; e: sub-sistema transporte; f: interface; g: sub-sistema de recepção; h: interface; i: fábrica.

basculantes ou carretas, além de reduzir a necessidade de lavagem da mesma pela mudança na prática de rastelar a cana cortada e esteirada no chão, operação executada no chão, operação executada por máquinas carregadoras.

A cana-de-açúcar, diferentemente do que ocorre nas culturas de grãos, deve ser cortada rente ao solo pois a parte inferior do colmo é a mais rica em sacarose. Além disso, oferece mais resistência ao corte pelo seu peso e quantidade de folhas. Adicionalmente, ela está sujeita a acamamento e pode crescer entrelaçada, causando perdas no corte mecânico. Por fim, outra característica complicadora é o fato de ser uma cultura semi-perene, sujeita a perfilhamentos, chamados de socas, explorados economicamente, e que podem prejudicar-se pelo pisoteio das máquinas. Esses problemas repercutem na usina pela redução do rendimento industrial em função da sujeira (terra, matéria estranha vegetal, como palha e ponteiros) agregada à cana, a qual repercute na menor capacidade de extração e recuperação da sacarose, podendo significar uma piora na qualidade e ou no custo do produto final.

Ao adicionar estas questões técnicas ao elemento sistêmico da exploração, pode-se perceber uma dimensão técnico-organizacional complexa que se amplia ainda mais quando se incluem os fatores sociais – de impactos no perfil e na demanda por mão-de-obra – e econômicos – de novos investimentos na produção agrícola e industrial – além da questão ambiental que obriga a reformulações no processo de produção. Mas, em termos genéricos, estes são problemas comuns a outras atividades econômicas, apesar de suas especificidades (que todas têm em função de características que a condicionam), e sua existência não impediu que em outros países o fenômeno da mecanização do corte tenha se consolidado completamente.

Não obstante, esse processo no Brasil, e mais particularmente no Estado de São Paulo, tem sido lento e pouco difundido. Um primeiro estudo censitário sobre as usinas paulistas, feito em 1977/78 (PINAZZA, et al, 1981:27-29) mostrou que 59,7% delas não utilizavam colhedoras, e que as 40,3% restantes as utilizavam apenas parcialmente, ou seja, das 31 usinas que possuíam máquinas colhedoras, 87,2% colhiam no máximo até 40% da produção e que somente uma unidade industrial colhia acima de 50% de sua produção. Posteriormente, outro estudo sistematizado de estimativa de índice de mecanização de corte indicava, para a safra 1989/90, que 19% da área mecanizável estadual de cana-de-açúcar era colhida mecanicamente (TOLEDO, et al, 1991). Uma estimativa semelhante, feita oito anos depois, para a safra 1997/98, em 69 usinas, que representaram 46% da área colhida em São Paulo, mostrou um índice de mecanização de 17% para o Estado, e de 29% para a região canavieira de Ribeirão Preto (COMISSÃO, 1997), bastante baixos quando comparados com os 100% de mecanização do corte na Austrália, por exemplo.

Essas comparações suscitam questionamentos que não se resumem em saber porque esse processo tem sido diferente em São Paulo e quais são os fatores que o explicam. As diferenças analisadas do ponto de vista do mercado (demanda, preços e custos), levam a explicações nas quais o lado da oferta frequentemente deixa de figurar no modelo analítico, a não ser sob a rubrica *ceteris paribus*.

Refletir sobre esse fenômeno adicionando-lhe novos fatores explicativos, é a diretriz que conduz este trabalho. Isto implica em desenvolver uma formulação teórica que contemple a perspectiva histórica de desenvolvimento setorial, e as perspectivas do lado da oferta como indutoras ao progresso técnico. Este capítulo introdutório teve como finalidade criar uma visão panorâmica da atividade

econômica da cana-de-açúcar, levantando problemas e possibilidades que formam o substrato ao processo de inovação, dirigindo a atenção para os aspectos mais amplos que deverão determinar o próprio processo de desenvolvimento setorial. Esse enquadramento define, portanto, os contornos mais gerais do processo de inovação a ser analisado no capítulos subsequentes.

Capítulo II. Os Processos de Inovação na Agricultura: Evolução Conceitual e Modelos de Análise

O tempo que decorreu entre a percepção da importância da mudança tecnológica para o desenvolvimento econômico e sua incorporação aos instrumentos analíticos da teoria econômica foi bastante longo. Além disso, seu entendimento como um processo, cujas características estruturais e de interação com outras variáveis são de natureza dinâmica e fortemente retro-alimentadoras, exigiu um tempo de maturação ainda não completado de forma conclusiva.

O objetivo deste capítulo é o de buscar compreender o processo de inovação através de um breve estudo sobre sua evolução, com vistas a estabelecer um marco conceitual abrangente que permita identificar as características mais relevantes da sua natureza e da sua dinâmica com o propósito de estruturar um modelo analítico.

Ao definir a tecnologia como conjunto de conhecimentos operacionalizáveis, incorporados nas máquinas e nos instrumentos, na organização do trabalho, em procedimentos técnicos e algoritmos, e levando em conta sua dimensão social e econômica, pode-se perceber sua complexidade e a natureza intrinsecamente reducionista de qualquer modelo utilizado para efetuar análises sobre essa temática. Isso desde já impõe restrições à aplicação dos mesmos, que não representam mais do que uma aproximação à realidade, além de limitar suas possibilidades de predição.

2.1- Breve revisão da evolução do pensamento econômico sobre os mecanismos da mudança tecnológica

Desde os clássicos, a teoria econômica tem atribuído relevância à inovação tecnológica, embora as tentativas de medição relacionadas à sua formulação teórica só tenham ocorrido em períodos mais recentes.

Já Adam Smith, considerado o fundador da economia clássica, observara, em **A Riqueza das Nações**, de 1776, que os aumentos da produção devidos à divisão técnica do trabalho eram resultantes do aumento da destreza do trabalhador, da economia de tempo advinda da especialização e da invenção de máquinas facilitadoras do trabalho. Na sua concepção, a divisão do trabalho dava origem a invenções e melhorias, com vistas a simplificar as tarefas e encontrar formas mais

fáceis de realizá-las, e isso acontecia justamente pelo fato de se estar concentrado numa tarefa específica, o que criaria as condições para o trabalhador dirigir sua atenção na tentativa de encontrar soluções ainda mais simplificadoras (SMITH, 1979).

No processo de divisão do trabalho, originado da faculdade dos homens de estabelecer trocas, a sociedade se organiza e multiplica suas funções. Assim, o produtor de máquinas desenvolve modificações com o objetivo de melhorar seus negócios, e os cientistas – filósofos, para Adam Smith – pela natureza do seu trabalho que *“consiste não em fazer, mas sim em observar tudo o que os rodeia, e que, portanto, são muitas vezes capazes de combinar as potencialidades dos objetos mais díspares”* (SMITH, 1979:11), também produziram invenções e melhorias em máquinas – ou seja, produziram tecnologia.

Pelo menos duas observações podem ser extraídas destas idéias de Adam Smith. De forma direta, percebe-se que a inovação tecnológica pode ser (e é) desenvolvida no próprio processo de trabalho, pelas pessoas envolvidas nele, além de ser criada pelos que a produzem e/ou pelos cientistas. Segundo, sua natureza é essencialmente dinâmica, já que as motivações de ampliar lucros, reduzir esforços e melhorar o que existe estão presentes, impulsionando o processo¹⁵.

Marx, em sua obra **O Capital**, de 1867, demonstrou, por sua vez, que a formação da mais-valia relativa, que está na base da valorização do capital no sistema capitalista, representada pela redução de trabalho vivo contido na produção de uma mercadoria, dada pela menor quantidade socialmente necessária para reconstituir seu valor em salário, é conseguida por meio do o progresso técnico. Numa dada jornada de trabalho, o aumento da produtividade, conseguido pela tecnologia embutida em equipamentos mais eficientes, reduz as horas trabalhadas equivalentes ao salário recebido, aumentando o trabalho a-mais que aquele suficientemente necessário para suprir ao empresário a contrapartida salarial, proporcionando um crescimento continuado da taxa de mais-valia extraída do trabalhador. Para Marx, o dinamismo tecnológico é uma característica típica do capitalismo, na medida em que a transformação da base técnica proporciona condições para a expansão da produtividade em moldes totalmente diferentes dos

¹⁵ É verdade que apenas as motivações não são condições necessárias e suficientes para dar dinamismo à mudança tecnológica, que sempre envolve dimensões político-culturais da própria história das civilizações, quando se indaga porque algumas sociedades evoluem mais rapidamente do que outras no âmbito tecnológico – uma questão que não constitui objeto desta dissertação.

outros modos de produção historicamente conhecidos. Aquilo que anteriormente era produzido para satisfazer necessidades ou gastos em consumo suntuário, passou a ser produzido para valorizar o capital empregado, desenvolvendo as forças produtivas pela ampliação das bases materiais da sociedade (MARX, v.1, 1983).

A mudança tecnológica está no cerne desse processo de transformação e é também o seu reflexo. Por ampliação das bases materiais entenda-se a diversificação da produção, a especialização produtiva e uma integração entre processos e ramos produtivos, que passam a reproduzir-se em outras bases técnicas, estas também influenciando adequações e mudanças nas relações sociais de produção e em processos técnicos interdependentes. Ou seja, e para nossos propósitos, fica sugerido que a mudança tecnológica é decorrente de um processo social, não ocorrendo no vazio ou por acaso, mas atendendo necessidades e demandas geradas no processo de transformação econômica, que passa a ser uma variável a ser analisada, juntamente com suas características de interdependência e dinamismo.

Embora, como ressaltou FREEMAN (1975), os economistas já tivessem reconhecido a importância da mudança tecnológica, sua preocupação maior continuava concentrada nos ciclos econômicos, no nível de emprego, na produção e na distribuição da riqueza. Dentro desse contexto, uma contribuição original foi dada por Schumpeter através de sua obra capitaneada pelo livro **Business Cycles**, de 1939, que analisa o desenvolvimento econômico a partir de uma formulação que privilegia o conceito de destruição criadora e o espírito inovador do empresário, ambos alavancados pelo financiamento creditício. Schumpeter vê o capitalismo como um sistema de propriedade privada cujo processo de transformação ocorre através da introdução de inovações, que ao destruir as condições vigentes de reprodução do sistema econômico, acaba recriando-o em novas bases. Essas inovações não ocorrem para atender necessidades pré-existentes, e nem são predominantemente conduzidas pela possibilidade de lucros extraordinários, mas decorrem fundamentalmente da capacidade empresarial existente. Devido a isso elas não são previsíveis, no mesmo sentido que as mutações tampouco o são. O modo como as inovações destroem e reconstroem as bases prévias está associado aos desequilíbrios que causam no sistema econômico os quais, por sua vez, impossibilitam o cálculo racional, forçando a extinção das empresas que não as introduzem (ELSTER, 1988:112-130).

Apesar da relevância que atribuiu à inovação, Schumpeter dissociou a invenção da inovação, e esta da difusão. A invenção, para ele, pertence ao âmbito das ciências e, como tal, não é explicada por razões econômicas, permanecendo como uma variável exógena e dirigida por outras leis. A difusão, ou imitação, mesmo explicada à luz da economia, por ser decorrente da onda secundária de investimentos, seria a reprodução da inovação. O interesse de Schumpeter estava centrado na natureza da descontinuidade do sistema econômico capitalista e em como ela acontecia – conforme vimos pela introdução de inovações. A ênfase que dá ao agente inovador, ao empresário, e à invenção autônoma – naquela fase denominada de “Schumpeter I” por FREEMAN et al (1982) – torna possível formular um modelo no qual o empresário é o agente relacional entre a invenção, dada exogenamente, e a inovação, atribuindo a exploração de lucros extraordinários a razões como a audácia, o arrojo, a capacidade de encontrar elementos novos, de enfrentar riscos e de fazer conquistas, conjugando nesta figura as características de um líder, forjadas por razões sociais ou psicológicas (SCHUMPETER, 1982:54-66).

Tal como em Marx, o dinamismo tecnológico para Schumpeter constitui uma força transformadora. Sua análise aponta para duas características do processo inovativo que são importantes para promover mudanças no sistema econômico: uma primeira é que elas não se distribuem equitativamente, mas se concentram em determinados setores e suas adjacências; e a segunda reside na sua difusão desigual, materializada em conjuntos (*clusters*), determinados pelo fato de que inicialmente apenas algumas e, em seguida, mais e mais firmas seguem o exemplo da firma inovadora. É por força dessas desigualdades e descontinuidades que ocorrem os desequilíbrios, as adaptações e a transformação do sistema econômico (FREEMAN, et al, 1982:33), reveladores do papel fundamental da inovação na concorrência e suas relações com o mercado¹⁶.

Seu conceito de inovação, por outro lado ampliou o leque de possibilidades em relação aos autores anteriores, pelo menos na sistematização. Considerou como pertencente ao processo inovativo a introdução de novos bens, que implica em inovação de produtos, ou melhorias em sua qualidade; introdução de novos

¹⁶ Como veremos adiante, foi Schumpeter, em seu importante livro *Invention and Economic Growth*, de 1966, quem elaborou mais uma explicação da relação mercado e progresso técnico, com os fatores do lado da demanda afetando de maneira significativa a alocação de recursos para a atividade inventiva.

métodos, que significa inovação de processos; incorporação de novas fontes de matérias-primas, que envolve transformações tecnológicas para incorporá-la ao processo produtivo; e, entre outras, as mudanças organizacionais que, por exemplo, implicam em posição de monopólio, trazendo consigo as readequações de escala e novas alocações de fatores que resultam em mudanças em processos ou em novos bens (ELSTER, 1988:112-130).

Apesar das significativas contribuições desses autores – de Adam Smith, com seu livro publicado em 1776, de Karl Marx e sua obra elaborada a partir de meados do século XIX, e de Schumpeter que formulou suas teorias do desenvolvimento econômico nas primeiras quatro décadas deste século – foi apenas a partir da década de 1950 que as teorias sobre o processo de inovação passaram a ser objeto de uma reflexão mais frequente, e isto se deu a partir do momento em que se começou a ter melhores evidências empíricas de sua influência no crescimento do produto nacional.

Sob esse aspecto, um autor costumeiramente citado como instigador para os estudos dirigidos à compreensão do fenômeno da tecnologia, da escola neoclássica, foi SOLOW (1979), cujos primeiros trabalhos a respeito datam de 1957, e que procurou descrever, separadamente, através da estimativa de uma função de produção agregada para a economia norte-americana, no período 1909-1949, “*as variações no produto per capita devidas a mudança técnica e as variações devidas a mudanças na disponibilidade de capital per capita*” (Ídem, p:319, tradução livre). Nesses trabalhos concluiu que o produto bruto per capita havia duplicado naqueles quarenta anos, e que 87,5% dessa variação podia ser explicada pela mudança técnica que, em seu modelo, foi estimada como resíduo¹⁷.

Antes dele, ABRAMOVITZ, em trabalho publicado em 1956, tratando do mesmo assunto, já havia associado o aumento do produto nacional norte-americano, para vários períodos entre 1869 e 1953, primordialmente à produtividade e esta ao progresso técnico. A dimensão atribuída ao crescimento da produtividade indicava, por outro lado, o que ele chamou de “*a medida de nossa ignorância sobre as causas do crescimento econômico...*” (p. 304, tradução livre). Muitas outras causas poderiam explicá-lo, entre elas a melhoria da qualidade da mão-de-obra proporcionada pelo melhor padrão de vida atingido e – como enfatiza este autor – pelo crescimento do

¹⁷ Ver em SOLOW (1979), nota de rodapé 6, onde está afirmado que uma parte da mudança técnica poderia estar associada à melhor qualidade do trabalho como resultado da formação de capital.

conhecimento em geral, além daquele determinado pelos custos, e que, de certa forma, coloca a atividade inventiva fora da *rationale* econômica (ABRAMOVITZ, 1979).

Um importante passo para a compreensão da mudança tecnológica foi dado pelo trabalho de SCHMOOKLER (1966), ao levantar indícios de que os recursos destinados à atividade inventiva obedeciam às mesmas determinações comandadas pelos mecanismos de mercado. Examinando dados da produção de equipamentos ferroviários, nos Estados Unidos da América do século XIX, encontrou uma estreita relação entre o aumento das compras de equipamentos e um posterior aumento da atividade inventiva, medida pelo número de patentes. Além disso, ao examinar dados de um grande número de indústrias norte-americanas, antes e depois da II Guerra Mundial, descobriu uma estreita correlação entre inventos de bens de capital para uma indústria e as vendas de bens de capital a essa indústria. Ou seja, a compra de equipamentos por uma indústria, para atender a uma maior demanda por seus produtos, parecia induzi-la a dirigir recursos a essa classe particular de investimentos, sugerindo a importância endógena de fatores econômicos para o progresso técnico, pelo lado da demanda.

Na breve revisão que acabamos de fazer, não se seguiu uma trilha previamente demarcada por um enfoque particular e a sua evolução no pensamento econômico. Buscou-se antes verificar sumariamente, através de alguns autores mais significativos, a maneira pela qual o processo de inovação foi se incorporando às formulações teóricas. Um aspecto mais evidente em todos esses autores – com exceção de Schumpeter – é a predominância das forças do lado da demanda na indução da mudança tecnológica. Simplificadamente, para Adam Smith, a necessidade de estabelecer trocas leva à divisão do trabalho, e esta à inovação. Por sua vez, Marx considerava que o dinamismo tecnológico era fortemente induzido pelo desenvolvimento das forças produtivas, e Schumpeter estabeleceu uma relação do fenômeno com o agente empresarial.

A partir desses autores não se chega a uma teoria da inovação, e nem era este um objetivo explícito deles. Como se pôde ver, Schumpeter separa a invenção da inovação, e relaciona a primeira com a ciência, que é regida por forças autônomas. Marx, apesar de estabelecer vinculações causais entre o desenvolvimento econômico, a inovação e a invenção, também reconheceu que a sucessão entre as necessidades econômicas e o decorrente desenvolvimento

científico e tecnológico nem sempre obedece a essa lógica histórica – especialmente na agricultura, que teve de esperar os avanços na química e em outros ramos da ciência para obter ganhos expressivos em sua produtividade (ROSENBERG, 1979b: 150-151)¹⁸.

Já nos autores neoclássicos há pouco citados, especialmente Schmookler, nota-se uma clara preocupação de endogeneizar o ato inventivo em termos econômicos, relacionando-o aos investimentos como causa explicativa – o que pode ser considerado como um passo além, relativamente a Schumpeter – enquanto que os demais pressupõem um mercado para as inovações. Ou, em outras palavras, preocupam-se em estudar o processo de inovação pelo lado da difusão da tecnologia, admitindo-se a geração de tecnologia condicionada pela demanda.

Um pressuposto recorrente, que parece permear as idéias sobre o processo de inovação, está bem expressa por Schmookler quando ele argumenta no sentido de que a ciência (e mesmo a tecnologia) estabelece(m) o domínio técnico de atuação, enquanto o mercado determina as classes de mercadorias e as características dos inventos (ROSENBERG, 1979c:288-290), a partir da equação linear ciência, tecnologia, progresso técnico. Não é nosso propósito discutir o que está por trás dessa teoria conhecida como modelo ofertista. Entretanto, é necessário aprofundar a questão que relaciona tecnologia e progresso técnico, aclarando com mais acuidade os termos até aqui utilizados, com o objetivo de encontrar uma definição adequada para o processo de inovação.

2.2- Projetando um conceito para o processo de inovação na agricultura

A discussão e o desenvolvimento teórico sobre o processo de inovação na agricultura, como não poderia deixar de ser, seguiram as grandes linhas das idéias econômicas expostas anteriormente. Um dos trabalhos seminais é o famoso estudo sobre adoção de milho híbrido de GRILICHES (1957), no qual ele começou por observar o comportamento evolutivo da adoção de sementes desse híbrido durante o período 1932-56, em vários Estados norte-americanos, em termos da percentagem de área cultivada com o híbrido sobre a área total plantada com o cereal. Notou que, apesar de sua ampla disseminação, ocorreram diferenças marcantes nesse processo, devido às condições específicas locais.

¹⁸ Apesar dessa relativização, uma corrente marxista buscou demonstrar que as condições objetivas das forças produtivas estavam diretamente na raiz do desenvolvimento científico. Ver a respeito HESSEN (1985).

Os dados constantes dos seus gráficos mostram um movimento ajustado em direção a uma posição de equilíbrio, permitindo colocar ênfase nas questões sobre o início do movimento, sua taxa e posição final, podendo ser examinadas a partir de estimativas de curvas e de seus parâmetros. Estas, conforme descritas por SANTOS (1984), assemelhavam-se a um “S” pela forma como se processava a adoção, no início mais vagarosa, crescendo exponencialmente em seguida e, à medida que as áreas plantadas com milho-variedade se reduziam, ia diminuindo a taxa de crescimento, até tornar-se muito pequena, ou praticamente nula. A forma de curva logística permitia uma estimativa estatística dos parâmetros que definem a origem, a evolução e o teto, bem como uma interpretação econômica – qual seja a da origem do processo, parâmetro que posiciona a curva no eixo do tempo, está correlacionada às condições da oferta dos produtores de inovações e, portanto, às variáveis como o mercado potencial e os riscos associados a ele. Já o parâmetro que mede a inclinação da curva estaria captando o comportamento dos adotantes, influenciados pelas expectativas de lucratividade da nova técnica versus a técnica antiga, assim como o parâmetro do teto, também vinculado à demanda, na medida em que estaria associado com a distribuição de lucratividade entre os adotantes.

GRILICHES (1957) colocou a questão da origem ou disponibilidade de técnicas vinculadas à sua demanda. Embora sua preocupação estivesse centrada no processo de adoção e difusão, argumentou que não bastava verificar uma taxa de aceitação, mas reconhecer a distinção entre a defasagem na disponibilidade e a defasagem na aceitação das técnicas pelos agricultores. A disponibilidade, por sua vez, dependeria da lucratividade esperada por seus produtores – ainda que o resultado das ações das estações experimentais servisse para ajudar a reduzir o custo das inovações – ou seja, dependendo do tamanho do mercado, de ações de *marketing*, dos custos das inovações e da taxa esperada de aceitação pelos adotantes. O que definiria, em última instância, a ação dos produtores das técnicas em disponibilizá-las era a lucratividade esperada pelos adotantes, colocando a oferta de técnicas como sendo induzidas pela demanda.

Uma discussão que ocorreu nessa época (ROSENBERG, 1982:14-15) e que foi orientadora dos desenvolvimentos posteriores, centrava-se na questão dos preços relativos dos fatores, a partir da formulação de Hicks, em 1932, e na qual ele propunha que as invenções seriam dirigidas naturalmente para reduzir a utilização do fator que se tornasse relativamente mais caro. É dentro dessa tradição que, em

1971, HAYAMI & RUTTAN (1988:89-135) desenvolveram seu importante modelo de inovação induzida para a agricultura, a fim de explicar a geração de tecnologias e a adoção de técnicas em função da escassez de fatores. Esses autores enfatizam o papel do desenvolvimento do setor e da dotação de fatores como forças indutoras da inovação.

A mudança nos preços relativos, reflexo da escassez relativa de fatores em um processo de desenvolvimento leva à mudança tecnológica e à adoção desde que haja um mecanismo eficiente de interação entre agricultores e pesquisadores, chamado de interação dialética, e que tem maiores possibilidades de êxito quanto mais organizados estiverem os agricultores. A pressão exercida pelos agricultores, que vêm seus lucros reduzidos por encarecimento de, por exemplo, um fator escasso, é captada não somente pelo setor privado, produtor de tecnologia, mas também pelo setor público – pelas instituições de pesquisa, que percebem as necessidades existentes, mesmo que não levem em conta os sinais específicos do mercado, representados pelos preços.

Embora reconheçam a possibilidade de que o processo de inovação possa, eventualmente, não ser induzido, pois o progresso da ciência e tecnologia em geral repercute favoravelmente na redução dos custos de inovar, esses autores assinalam que *“a taxa de adoção e o impacto sobre a produtividade das mudanças autônomas ou exógenas na tecnologia serão influenciados fortemente pelas condições de oferta de recursos e da demanda por produtos, já que estas forças se refletem através dos mercados de fatores e de produtos”* (HAYAMI & RUTTAN, 1988:104), reforçando, com essa afirmação, a relevância da racionalidade econômica e de suas variáveis como fatores que atuam na mudança tecnológica. Esclarecem, outrossim, que a inovação não envolve apenas ajustes suaves ou instantâneos, considerando que a existência de desequilíbrios é fundamental na medida em que cria os estrangulamentos e força a busca de soluções mais eficientes do ponto de vista técnico e econômico. Além disso, o modelo de HAYAMI & RUTTAN (1988) se destaca por incorporar o setor público na geração de tecnologia através de uma formalização original, claramente uma questão de extrema relevância para a agricultura.

Uma hipótese central do modelo é a consideração de que a ciência e a tecnologia se apresentam como um leque de potencialidades, traduzidas numa curva chamada curva de possibilidades de inovação, e que, ao mesmo tempo,

estabelecem os limites possíveis ao desenvolvimento de inovações. A geração de tecnologias ocorreria dentro desse enquadramento e seria induzida pela escassez de fatores. Além disso, estabeleceram, conforme a convenção neo-clássica, que a mudança técnica era definida por variações nos coeficientes de produção resultantes de incorporação de novas técnicas, ou seja, por deslocamentos da função de produção.

Uma primeira observação relativa aos modelos de inovação induzida, em particular aos construídos para o setor agrícola refere-se à característica de que a mudança técnica no setor produtivo e a alocação de recursos para a atividade inventiva decorrem apenas do próprio desenvolvimento interno do setor. Tais modelos parecem esquecer que, para se atingir o padrão moderno – dito produtivista – foi preciso esperar desenvolvimentos em outras áreas da ciência e da tecnologia – tais como o surgimento da química orgânica para se chegar à adubação química, e o resgate e aplicação da lei de Mendel para o melhoramento vegetal – que gerassem complementaridades antes inexistentes e que permitissem a atual convergência tecnológica. Além disso, também deixam de ressaltar que o desenvolvimento do setor agrícola ocorre, no sistema capitalista, a partir de transformações dos outros setores da economia, dentro de processos de industrialização subordinadores da nova divisão social de trabalho.

Uma segunda observação refere-se ao mecanismo dialético, cujo papel é fundamental para que a oferta de tecnologias esteja sintonizada com a demanda. Para os autores do modelo de inovação induzida a resposta dos ofertantes não implica o conhecimento factual sobre o comportamento dos preços de mercado. O importante é que haja um sistema eficiente de pesquisa orientada para o atendimento das necessidades dos agricultores, quanto mais descentralizado melhor. Os pesquisadores, motivados por salários e reconhecimento profissional, responderiam, por hipótese, às necessidades da sociedade, as quais estariam sendo captadas nas tendências dos preços relativos dos fatores e produtos. Ou seja, o pressuposto mais geral é o da organização em concorrência perfeita dos mercados do setor agrícola e do mercado produtor de tecnologias, pressuposto este que vale para os demais modelos analíticos derivados da teoria econômica convencional. Assim, a suposição básica é a de uma homogeneidade de estruturas e de acesso à informações que dirigem as análises para as questões de funcionalidades ou disfunções desses mercados, esquecendo-se dos

aspectos históricos-sociais de formação das sociedades, os quais são tanto condicionadores do desenvolvimento econômico como do processo inovativo; além do mais acabam por colocar a questão da escolha técnica como um processo racional, no qual não existem incertezas no sentido de aleatoriedade.

Reconhecer que a escassez de fatores (ou de um fator) pressiona para o desenvolvimento de tecnologias poupadoras dos recursos escassos pode não passar de simples constatação *ex post* de evidências verdadeiras, porém de baixo poder explicativo para a compreensão do fenômeno, se se ficar apenas nelas. Isso aponta para a necessidade de se conhecer o mais detalhadamente possível as características do processo de inovação, sua natureza e dinâmica dentro do sistema econômico, buscando definições menos reducionistas que aquela derivada da função de produção da teoria neoclássica. Neste sentido ROSENBERG (1979a:74-78) levanta duas questões fundamentais: se *“a produção do conhecimento é em geral custosa, porque as alternativas tecnológicas que representam combinações de fatores além daquelas justificadas pelos preços atuais deveriam ser conhecidas? Por que uma sociedade, na qual o custo do capital é baixo relativamente ao trabalho, deveria ter a sua disposição informações detalhadas sobre técnicas de produção intensivas em trabalho?”* (Ídem, p.75, tradução livre).

Se, o espectro de tecnologias disponíveis estiver dado pela estrutura sócio-econômica e, em nível das empresas, limitado pelos preços atuais, quaisquer alterações nos preços ou nessa estrutura exigirão investimentos para adquirir uma nova tecnologia, aprender a usá-la e adequá-la eficientemente. A distinção entre mudanças ao longo da função de produção e mudanças da função de produção aparecem indistinguíveis, ainda mais quando se acrescenta o fato de que a melhoria de uma técnica depende de conhecimentos anteriores, através de um processo cumulativo de pequenas melhorias graduais. Nesse particular, o uso consagrado de representar a mudança tecnológica pelo deslocamento da função de produção parece ser muito sugestivo quando se pensa em inovações radicais, mas não é adequado para as chamadas pequenas inovações, que muitas vezes acontecem de forma prosaica, porém não destituída de importância econômica (ROSENBERG, 1979a:74-78).

A superação dessa limitação levou à elaboração da curva de possibilidades de inovação, formando no longo prazo uma meta-função de produção, abarcando todas as possibilidades potenciais dentro do domínio do conhecimento atual. Mas,

isso não conseguiu superar os problemas de definição do processo inovativo, já que a realização de um potencial tecnológico exige o cumprimento dos mesmos procedimentos de investir, aprender e adaptar, que podem, para algumas situações – novamente, aquelas em que sua realização depende de avanços incrementais – obscurecer a distinção entre movimentos ao longo e movimentos da própria curva de possibilidades de produção. Se, como se verifica na literatura¹⁹, os efeitos cumulativos dessas inovações incrementais acabam por ser muito relevantes, não se pode ignorá-los conceitualmente.

Portanto, o conceito de inovação, tomado como processo econômico, precisa ser amplo para abranger a natureza desse processo, suas características principais e finalmente sua dinâmica. Neste sentido pode-se definir a tecnologia como um conjunto inter-relacionado de instrumentos, máquinas e implementos, saberes práticos de uso e de concepção e formas de organização produtivas, compreendidos ao nível do conhecimento aplicável. A mudança tecnológica, ou inovação, em termos de desenvolvimento é uma ação inventiva primária e processa-se cumulativamente na busca de viabilidade comercial, ainda na instância do conhecimento. Sua passagem para a produção, já como progresso técnico ou mudança técnica acontece no processo de difusão, no qual também ocorrem desenvolvimentos técnicos.

O processo de inovação, portanto, é constituído pela construção intelectual de uma nova tecnologia ou melhorias nas técnicas já existentes, envolvendo a invenção propriamente dita²⁰, o desenvolvimento de protótipos ou em escala piloto, a execução de testes, as adaptações e ajustes na fase em que se busca a viabilidade comercial, e após a adoção e difusão no setor produtivo, novos ajustes e adaptações, provenientes, entre outras coisas, da capacitação e habilidades adquiridas no uso da nova técnica. Essas diversas fases representam subconjuntos de um mesmo fenômeno não-linear, fortemente condicionado por razões econômicas. Entretanto, as razões econômicas incentivadoras da mudança tecnológica e do progresso técnico não são apenas, ou predominantemente,

¹⁹ A respeito dos efeitos em redução de custos advindos de inovações radicais versus incrementais há evidências de que estas últimas contribuem proporcionalmente mais. Ver em ROSENBERG (1982:8).

²⁰ Adotamos a formulação de Usher (RUTTAN, 1979) para explicar o ato inventivo individual. Ele acontece por “atos de intuição” que ocorrem no exercício da realização dos atos de habilidade – incluindo tudo que é apreendido e apreendido no desenvolvimento de uma atividade – a partir de percepções sobre falhas no conhecimento ou relações antes não percebidas. Quatro passos compõem o processo: o primeiro é a percepção do problema, o segundo é a reunião de informações e seleção de variáveis, o terceiro é o ato de intuição (ou

derivadas da demanda (mercado, competição, investimento, relações custo/benefício e redução de custos), mas interligadas a fatores do lado da oferta, como se procurará demonstrar na seção seguinte.

2.3- Elementos para a formulação de um modelo analítico alternativo

Entendendo-se como modelo analítico uma explicação teórica sobre dada realidade, ou parte dela, é preciso que haja uma adequação desse modelo à realidade e vice-versa. Essa adequação vai se aprimorando através do confronto da teoria aos fatos, sendo a primeira condicionada pelo objetivo que se pretende atingir. Em outras palavras, trata-se de uma aproximação construída cumulativamente, num processo em que as interações, no sentido de *feed-backs* (realimentação), proporcionam o reconhecimento de variáveis fundamentais que abrem caminho para novas percepções teóricas e novas relações antes não-percebidas.

O esforço em compreender o processo de inovação pela teoria neoclássica demonstra um aprimoramento contínuo, principalmente nos aspectos de explorar e aclarar as variáveis influenciadoras pelo lado da demanda, embora sua insistência em afirmar que tudo se expressa finalmente nos preços relativos – um fato que não se pretende refutar aqui – acabe por hierarquizar o papel predominante dessas forças frente aos fatores do lado da oferta, esquecendo, como se mostrará mais adiante, da importância dela na determinação de um padrão sequencial e temporal ao processo inovativo. Além disso, a ênfase no desenvolvimento setorial e em sua força dinamizadora interna também obscurece as relações intersetoriais (ou macroeconômicas) e histórico-sociais expressas nas transformações da economia e do setor agrícola, enquanto determinadoras do padrão tecnológico e do nível técnico.

Assim, uma primeira tarefa que se coloca é a de avaliar o desenvolvimento econômico e suas transformações – que neste caso significa analisar o processo a no sub-setor canavieiro da agricultura paulista – para entender o padrão tecnológico e o nível do progresso técnico alcançado, através de um estudo histórico que explique a formação de suas bases econômicas e padrões de recorrência, como forma de entender a dinâmica dessas transformações e seus reflexos no processo de inovação setorial. A seguir, para avaliar o padrão temporal do processo inovativo

insight) onde ocorre a síntese, basicamente caracterizado pela incerteza, e, por fim, a revisão crítica, onde se busca a racionalidade e o entendimento das relações no contexto.

particularizado na mecanização da colheita, o caminho metodológico a ser seguido será o de levantar os fatores indutores do lado da oferta – enquanto que os fatores do lado da demanda servirão para explicar a direção geral desse processo – além de recorrer aos parâmetros da experiência internacional, seja para melhor contextualizá-los internamente, seja para buscar elementos antecipatórios que possam ser aplicados.

Antes, porém, é preciso justificar a aplicabilidade de desenvolvimentos teóricos originalmente aplicados a processos industriais. A transposição dos mesmos ao setor agrícola é considerada possível por duas razões principais: a) de um lado, porque apesar de ter características que o diferenciam, estas não são tão ou mais especiais que as características de outros setores, de tal forma que imponha a necessidade de uma teoria particular (POSSAS et al, 1994 e SALLES-FILHO, 1993:parte I), inclusive porque se trata de parte integrante do sistema econômico, sofrendo as mesmas determinações gerais da divisão social de trabalho (SZMRECSÁNYI, 1995;113-118); e b) da mesma maneira que nos demais setores, a tecnologia na agricultura é uma força diretiva (*driving force*) no sentido schumpeteriano (POSSAS et al, 1994). É sob esses aspectos, portanto, que se pode aplicar os argumentos rosenberguianos, a seguir explicitados, desenvolvidos para caracterizar o lado da oferta em processos de inovação industriais, e cuja generalidade e objetivos permite sua aplicação para as questões que envolvem processos incrementais como os da mecanização na agricultura.

ROSENBERG (1979c:290-296) argumenta que, antes de mais nada, deve-se demonstrar a independência e importância da oferta, verificando primeiro o progresso ou evolução da ciência e tecnologia em resposta a forças independentes da necessidade econômica, na medida que evolui ao longo de direções ou linhas determinadas; segundo, comprovar que essa sucessão estabelece um horizonte de restrições e oportunidades; e, terceiro, como resultado, levar em conta que os custos de invenção serão diferentes para cada ramo de atividade. No caso aqui analisado basta considerar os dois primeiros aspectos.

A comprovação de que as inovações seguem linhas determinadas é um assunto bastante discutido na literatura²¹, inclusive no que se refere ao setor agrícola (SALLES-FILHO, 1993, capítulo I). Sabe-se que o atual padrão produtivista só pode ser construído após o surgimento e a evolução de vários ramos industriais,

bem como de desdobramentos científicos e tecnológicos que permitiram a emergência de complementaridades. Isso, que ROSENBERG (1994:1-7) chamou de “natureza orientada da mudança tecnológica” (*path-dependent nature of technological change*) resulta de uma série de *trade-offs* (alternativas) dadas por melhorias e custos, peculiaridades e características físicas de tecnologias complementares que estabelecem um campo possível de atuação e de estratégias a serem seguidas. E, pelo lado das restrições e oportunidades – principalmente em inovações mecânicas – trata-se do reconhecimento histórico e factual de que o movimento entre o invento, o seu desenvolvimento, a verificação de testes e de resultados, e a sua difusão e posteriores melhoramentos representa uma sequência de fases, limitadas a curto prazo pelo horizonte tecnológico.

O processo de inovação, segundo Rosenberg, é dirigido pelas motivações da demanda, extremamente fortes para imprimir uma direção geral à inovação e ao progresso técnico, e pelas características da oferta, que impõem uma direção à atividade inventiva e afetam sua difusão. Em termos da direção da atividade inovativa, ROSENBERG (1979d) argumenta que o horizonte tecnológico tem imperativos que determinam uma sequência de inovações nascidas das restrições técnicas ou pontos de estrangulamentos tecnológicos que geram uma sequência compulsiva, dando origem ao fenômeno dos *focusing devices* (sistemas de enfoque).

Os fatores indutores dos *focusing devices* são:

- (a) Desequilíbrios técnicos entre processos interdependentes e entre processos complementares. No primeiro caso, o desequilíbrio ocorre pela ausência de complementaridades dentro do sistema tecnológico, ou dentro dos sistemas técnicos interligados em uma inovação, e no segundo por fatos que conduzem a mudanças em processos complementares, pela ausência ou descoberta de insumos complementares, pela busca e substituição de materiais mais resistentes e pela própria sequência de mudança, no sentido de que uma inovação leva a outra.
- (b) Dificuldades de controle sobre a mão-de-obra no que se refere à mudança, absenteísmo e greves, gerando incertezas de obtê-la na quantidade e qualidade desejadas, tudo isso ameaçando perspectivas futuras de benefícios dos empreendimentos.

²¹ Veja-se a respeito a elaboração sobre paradigmas e trajetórias tecnológicas de DOSI (1984).

(c) Redução drástica, eliminação ou ausência de fontes de oferta, advindas de fatores aleatórios, ou imposição de constrangimentos que não existiam antes. Generalizando, qualquer restrição que reduza uma ou mais fontes de oferta ou que ajam no sentido de conduzir a novos atos investigativos.

No que diz respeito à difusão da tecnologia ROSENBERG (1979e) novamente enfatiza que as alterações de preços relativos têm forte influência no ritmo da difusão, embora considere que a rapidez da substituição de uma tecnologia por outra depende da superação de problemas ligados ao lado da oferta, tais como:

(1) Obtenção de melhorias incrementais. Com frequência os inventos necessitam de pequenas adaptações e ajustes contínuos, visando aumentar sua eficiência técnica e econômica para poder concorrer alternativamente com outra técnica em uso.

(2) Desenvolvimento de habilidades técnicas entre os usuários, o que exige um período de aprendizagem para explorá-las de maneira mais eficaz, e cuja duração depende do grau de desconhecimento, da complexidade da nova técnica e da capacitação existente ou transferível (*learning-by-using*).

(3) Desenvolvimento de habilidades na fabricação de máquinas, que depende da capacidade de projetar, adaptar e produzir a baixos custos, num ambiente que envolve o *learning-by-doing* (aprender fazendo), economias de escala e mercado para esses produtos, e no qual a indústria de bens de capital e suas estratégias exercem um papel determinante.

(4) Complementaridades entre diferentes técnicas, que também exercem influência significativa na difusão para superar certos constrangimentos técnicos e realizar potencialidades, e no qual o setor de bens de capital desempenha papel importante.

(5) Contexto institucional ligado a variáveis que podem retardar o processo de difusão, abarcadas de forma ampla por aspectos legais, sociais e organizacionais e que implicam em melhoria da qualidade da mão-de-obra, dada por seu nível de educação geral, mudanças organizacionais que viabilizem a realização da adoção de técnicas, mecanismos de financiamento, e estrutura e posse de bens e riquezas.

(6) Restrições geográficas que ligam a difusão às condições ambientais derivadas da oferta de fatores, tais como obstáculos topográficos e climatológicos.

(7) Dotação de recursos naturais que podem impor ritmos diferenciados na adoção dependendo do acesso e disponibilidade.

A identificação distinta dos fatores da oferta que influem na direção e na difusão do processo de inovação permite compreender o papel da variável tempo,

por explicitar como e porquê uma sequência e um ritmo são determinados. Isto é, verificar a sequência, determinada por um horizonte possível ou potencialmente efetivo quando aparecem complementaridades ou contingências condutoras das atividades investigativas, e determinar o ritmo, conduzido por forças que confrontam as novas e velhas técnicas e imprimem uma velocidade de superação, impõem uma condição de temporalidade ao fenômeno da inovação. Assim, dado o sistema tecnológico, entendido como o do padrão produtivista moderno, a independência dessas forças (ou variáveis da oferta) às necessidades econômicas se manifestarão *a posteriori*, pelos obstáculos ao ajuste instantâneo do sistema produtivo, sendo desta forma consideradas para a análise do caso proposto.

Por outro lado, a caracterização dos fenômenos da direção e da difusão não significa que os fatores do primeiro não influenciam o segundo e vice versa. Isso ocorre em maior ou menor grau dependendo de suas interações. Portanto, o que se propõe é um esforço em realizar um esquema analítico didático, tendo por trás a convicção de que todos os fatores listados têm em comum a perspectiva de ganhos ou perdas, representando faces interligadas de um mesmo fenômeno – o processo de inovação – e é por isso que acabam por afetar os dois sub-conjuntos que o conformam: a área do conhecimento e a área da produção, com o mesmo objetivo de produzir uma tecnologia viável e tecnicamente passível de ser difundida.

Conclui-se, pois, que se trata muito mais de um programa a preencher do que de um modelo fechado, até porque novos fatores podem surgir em função de características setoriais peculiares, ou resultados não previstos em função de sinergias interativas que se manifestem após a solução de problemas prévios.

Em resumo, o modelo de análise proposto inicia-se pela visão histórica do processo de transformação do sub-setor canavieiro, dentro da ótica das mudanças ocorridas no processo de divisão social de trabalho, com ênfase na mudança técnica como forma de estabelecer o quadro geral e as bases alcançadas. Depois, centra-se em levantar evidências da direção geral do processo de mecanização da colheita, seguido das características que determinam sua direção e difusão. E, como não se trata de um modelo fechado, espera-se que sua capacidade de previsibilidade esteja contida na própria análise.

Capítulo III. Evolução Histórica da Mecanização na Lavoura Canavieira Paulista e Padrões Internacionais de Mecanização do Corte

Este capítulo tem como objetivo desenvolver a análise do processo de mecanização em geral da lavoura canavieira paulista, dentro do marco das explicações de suas transformações nas relações sociais de produção, com ênfase em seu progresso técnico, no período 1950-90, analisando, também, a experiência internacional de mecanização do corte para estabelecer alguns critérios de comparação. Para tanto, seu desenrolar está dividido em duas partes. A primeira contém uma revisão histórica que busca dar suporte explicativo ao padrão tecnológico formado no Estado de São Paulo, e a segunda parte é constituída pelo estudo da evolução da mecanização do corte em alguns países onde o fenômeno alcançou maior expressão.

Ambas têm por finalidade proporcionar uma base inicial de análise do processo do corte mecanizado em São Paulo, feita no capítulo IV a seguir. De um lado, para indicar as fronteiras internas já conquistadas e, de outro lado, pelas lições que podem ser apreendidas através do pioneirismo alheio.

3.1- Antecedentes históricos: período 1950-90

A indústria sucroalcooleira paulista, consolidada depois da II Guerra Mundial (1939-45), teve seu desenvolvimento fortemente condicionado pela formação do mercado interno paulista, derivado da expansão do ciclo cafeeiro, entre 1850 e 1930, o qual também deu origem ao mercado de trabalho livre e ao processo de acumulação de capital que iriam dar sustentação à industrialização da cana-de-açúcar, explorada como uma das alternativas face à queda dos preços externos do café, provocada pela crise de 1929/30.

A indústria açucareira paulista beneficiou-se de externalidades, tais como a proximidade ao mercado consumidor e obstáculos ao comércio de cabotagem durante a II Guerra Mundial, na conquista dos mercados até então dominados pelos seus concorrentes do Nordeste. Posteriormente foi favorecida pela política de ampliação das quotas de produção decorrente do Decreto-Lei nº 9.827 de 1946, e atos congêneres do IAA, órgão regulador criado pelo Governo Federal em 1933,

cujas revisões de quotas passaram a levar em conta a demanda, o consumo, a capacidade instalada, e o déficit entre a produção e o consumo nos Estados produtores e importadores de açúcar (QUEDA, 1972:97-118).

O núcleo dinâmico dessa indústria no Brasil passou a partir daí a localizar-se no Estado de São Paulo, onde encontrara condições de expansão mais propícias. A agroindústria canavieira paulista tornou-se hegemônica no País da década de 1950 em diante, inclusive devido à instalação no Estado da indústria de bens de capital para o setor, iniciada nos anos 1920 e supridora de equipamentos como moendas e caldeiras, além de fornecedora de assistência técnica permanente às usinas. A expansão da indústria de bens de capital foi favorecida em parte pelas dificuldades cambiais desta à importação de equipamentos desde ao anos trinta até o final da II Guerra Mundial, e por uma estratégia de vendas bem sucedida - apoiada em sua posição monopolista - proporcionando financiamento através de participação acionária nas usinas compradoras, ou aceitando como parte do pagamento a entrega de equipamentos usados, os quais recondicionados eram depois vendidos a outras unidades produtoras (NEGRI, 1981:95-96).

QUEDA (1972:111) classificou os anos cinquenta como tendo sido de aprofundamento das transformações das usinas paulistas pelo aumento de escala de produção, pela concentração da produção e desaparecimento paulatino das pequenas unidades com produção de até 50,0 mil sacas anuais. Na safra 1951/52, por exemplo, 43,6% da produção de açúcar estava concentrada em dez unidades das 79 que moeram cana, todas com produção acima de 200,0 mil sacas, sendo que os três principais grupos econômicos (Ometo, Sucrieries e Morganti) dominavam 38% do total (ASPECTOS, 1952:111-120).

Assim, pode-se tomar a década de 1950 como um marco de transformação setorial, concretizado pela conquista da hegemonia no mercado e pela transformação tecnológica do parque industrial das usinas paulistas, propiciada pelo aumento da escala e pela concentração da produção.

3.1.1- Mudanças técnicas no processo produtivo agrícola

Uma das características dessa década foi o fomento da mecanização na lavoura canavieira, uma tendência que se refletiu na multiplicação de estudos comparativos dos custos de cultivo manual versus cultivo mecânico, e dos sistemas de carregamento em que se enfatizavam os ganhos de eficiência técnica e

econômica do sistema mecânico em relação ao manual. Esta foi a época em que se iniciaram a organização e utilização de patrulhas mecanizadas – trator e implementos – nos trabalhos de preparo de solo em áreas de fornecedores, bem como a percepção da necessidade de se fazer trabalhos de extensão rural para divulgar as vantagens da mecanização, e estreitar os laços das instituições de pesquisa e de ensino superior com o setor produtor de máquinas e equipamentos, principalmente de implementos tracionados a trator²². Como evidência preliminar dessa fase de fomento, em 1951, pode-se mencionar ainda a compra de máquinas e implementos, e a instalação de ensaios comparando o sistema de plantio a enxada com o uso de carpideiras mecânicas, na Estação Experimental de Cana de Piracicaba (ANUÁRIO AÇUCAREIRO, 1951/52).

Essas transformações tecnológicas foram identificadas em uma das primeiras estimativas de custos, através do levantamento de coeficientes técnicos, feitas para a cana-de-açúcar em São Paulo na safra de 1961/62 (BARROS, 1962). No preparo do solo, integrado pelas operações de aração, gradagem, sulcamento e adubação, utilizava-se de tratores e equipamentos próprios a cada operação, exceto para adubação no sulco, feita por tração animal e adubadeira. A fase de plantio, que compreendia, além deste, a cobertura das canas e a adubação de cobertura, ainda era semi-mecanizada, utilizando-se da mão-de-obra na distribuição da cana nos sulcos, e de cultivadores Planet acoplados em animais. No cultivo, englobando enleiramento de palha, adubação e capinas, a predominância era do uso da força de trabalho braçal, com alguma utilização de adubadeiras e cultivadores tracionados por animais, enquanto que a colheita continuava sendo totalmente manual.

Um estudo mais amplo, realizado em 1967 (ETTORI, et al, 1968) na área de 15 municípios canavieiros em São Paulo, com base numa amostra do cadastro de fornecedores de cana, identificou dois níveis técnicos predominantes, com o processo de tração animal caracterizando os estratos de produção menores, até 3.000t anuais, e o processo de tração motomecanizada predominando nos estratos superiores.

Mesmo na tração animal, as operações executadas somente pela mão-de-obra representaram apenas 17% do total de dias-de-serviço necessários para explorar um alqueire de cana, localizadas principalmente na fase de cultivo e na

²²As informações a respeito estão disponíveis nos diversos trabalhos apresentados no I Simpósio de Tratorização da Cultura Canavieira, realizado na ESALQ, em Piracicaba, em maio de 1960.

operação de capina. No caso do processo motomecanizado, as operações da fase do preparo de solo eram totalmente mecanizadas, enquanto que a adubação era executada em parte por trator e carreta no transporte do adubo, e com distribuição sendo feita por adubadeiras de tração animal. Nas demais operações contudo, já se utilizava tratores e implementos mecânicos. Na fase pré-plantio, o corte e a seleção de mudas, bem como o corte dos toletes utilizavam apenas mão-de-obra, com a própria operação de plantio sendo apoiada por carroça de tração animal. O cultivo continuava demandante de força de trabalho nas capinas manuais, complementadas por capinas mecânicas com trator ou burro, equipados com cultivadores. Finalmente, a colheita continuava sendo totalmente manual, confirmando o quadro descrito pelo primeiro trabalho, citado acima, de cunho mais empírico, mas correto em sua avaliação de detectar o preparo de solo como mecanizado, o plantio e cultivo como semi-mecanizados e a colheita como totalmente manual nos anos sessenta.

Na década de 1970 ocorreram várias transformações técnicas no processo produtivo da cana-de-açúcar, que foram captadas por MELLO & ARRUDA (1981). Esses dois autores desenvolveram seu estudo para a safra 1975/76, constatando que a transição da força motriz de animal para trator podia ser considerada completada na região canavieira de Ribeirão Preto, embora sobrevivesse ainda parcialmente na região de Piracicaba. Ambas, porém, já haviam incorporado tratores de maior potência do que os utilizados nos anos sessenta, e também novos implementos – como o subsolador e a enleiradeira. Em Ribeirão Preto, o progresso técnico era maior devido à utilização desses equipamentos, de pulverizador e distribuidor de calcário, e da nova prática de carpa química, com herbicidas – também verificada em Piracicaba, embora com menor expressão – e da junção do sulcamento e adubação no sulco em uma só operação, com a adoção do sulcador/adubador. A adubação química aparecia com destaque em Ribeirão Preto, constatada em 98% das propriedades amostradas, contra um nível bem mais baixo nas propriedades da região de Piracicaba.

Outro importante avanço técnico foi detectado por esse trabalho no conjunto dos sub-sistemas de corte, carregamento e transporte, mostrando a plena ocorrência do carregamento mecânico em ambas as regiões, através do uso generalizado das carregadeiras acopladas a tratores, enquanto que na década

anterior (1960) essa nova técnica ainda estava em processo de adoção e co-existia com o carregamento manual²³.

Os avanços técnicos na década de 1970 consolidaram definitivamente a mecanização do preparo de solo com equipamentos e tratores mais eficientes. Na fase do plantio passou a haver um menor uso da mão-de-obra, complementada por tratores e carretas maiores; no cultivo houve uma redução do uso de mão-de-obra, substituída por máquinas e herbicidas; e, na colheita deu-se uma gradativa mecanização do conjunto com a mecanização completa do carregamento (já que o transporte do campo à usina era totalmente feito por caminhões), mantendo apenas o corte propriamente dito executado manualmente²⁴.

Nas décadas de 1980 e 1990, o progresso técnico na lavoura acirrou-se ainda mais pela introdução de tratores com diferentes potências e mais fortes, mais adequadamente utilizados nas diversas operações – com o uso de trator mais pesado para tracionar o subsolador, um equipamento usado para descompactar o solo e, portanto, necessitando aprofundar-se no mesmo para quebrá-lo, uma atividade que se tornaria ineficiente com um trator de baixa potência. Nestas décadas também se propagou a técnica do terraceamento para maior proteção contra a erosão, anteriormente contida basicamente pelo tracejamento de curvas de nível. A partir daí a atividade do cultivo passou a ser totalmente mecanizada com a difusão das práticas de carpa química (pulverização com herbicida) e/ou do uso de equipamento conjugando três operações em uma só, englobando a escarificação do solo, a adubação química e a aplicação de herbicida, uma prática bastante comum na região de Ribeirão Preto (CUSTOS, 1996).

Por essas razões e pelos resultados mais gerais sobre a influência da mecanização como fonte de crescimento da produção de cana (VEIGA F° & SANTOS, 1995), o processo de mecanização pode ser considerado como hegemônico na lavoura canavieira paulista mas não homogêneo, devido à diversidade dos tamanhos de propriedades e de produção. Apesar da concentração

²³ DÁPICE (1970) estimou os custos médios unitários para o carregamento manual e mecânico, este último sendo 21% menor para um volume mínimo de produção de 6.100t por safra, com tendência a decréscimo em função do aumento no rendimento cultural.

²⁴ Essa combinação mecânico manual aparece na tese de doutorado de GRAZIANO DA SILVA (1981).

destas, continuam existindo arranjos técnicos diversos em função da escala, dos custos econômicos e das diferentes capacidades financeiras para investimento.

Não obstante essa heterogeneidade, pode-se detectar a direção do processo pelas inovações adotadas, principalmente nas áreas agrícolas de algumas das maiores usinas deste Estado, conforme examinados e descritos por THOMAZ JUNIOR (1996:194-201) e por ADISSI (1997:61-82), nos quais se baseia em parte a discussão apresentada a seguir, assim como nas matrizes de CUSTOS (1996).

O preparo de solo é precedido pela preparação do terreno, envolvendo o chamado processo de fundação da lavoura: quando se dimensiona o tamanho do talhão, constroem-se os carregadores ou ruas internas, fazem-se o nivelamento e sistematização da área, completados pela construção de bacias de captação de águas e dos canais para ferti-irrigação com vinhoto – todos precedidos por levantamentos topográficos e elaboração de mapas – com uso de máquinas e equipamentos como tratores de esteira, arados, ou terraceadores, plainas e retroescavadoras.

No preparo do solo são utilizados eliminadores de soqueira²⁵, o sulcador-subsolador-deterroador para cultivo mínimo, e, mais correntemente, o subsolador, o arado, a grade, o enleirador de palha, a carreta e o distribuidor de calcário – todos tracionados por tratores de diferentes potências para as operações de arrancamento de soqueiras, enleiramento de palha (no sistema de cana queimada), subsolagem para descompactação do solo, terraceamento, aração, gradagem e calcareação. Na fase do plantio, são utilizados sulcadores, caminhões ou carretas e adubadeiras para as operações de cavar os sulcos que receberão as canas no plantio manual, e cujo ritmo é determinado pela velocidade dos caminhões ou carretas, seguido pela adubação (quando não efetuada junto à abertura dos sulcos) e cobertura. Nos tratamentos culturais (ou cultivo), feitos tanto para a cana-planta como para as canas de soqueira, são utilizados comumente implementos que permitem a tríplice operação de cultivo, adubação e aplicação de herbicida. Mesmo que sejam efetuadas separadamente, estas operações só demandam mão-de-obra para operar os equipamentos e para a montagem dos aspersores que farão a irrigação com vinhoto.

²⁵Dispositivo semelhante foi desenvolvido com o nome de picador-de-socas no final de 1950 e patenteado pela empresa Irmãos Mattedi, sediada em Santa Bárbara d'Oeste /SP (AZZI, 1960).

Assim, com exceção do corte da cana, o uso da mão-de-obra só é atualmente intensivo na operação de plantio, representando 65% do custo de toda mão-de-obra utilizada para a implantação de um hectare da cultura na região de Ribeirão Preto, ou 12% dos custos operacionais (CUSTOS, 1996), embora já existam plantadeiras em estágio avançado de experimentação em campo, dependendo de poucas adaptações para viabilizarem-se tecnicamente²⁶. Pode-se notar, portanto, uma evolução sistemática do processo produtivo agrícola canavieiro no sentido da mecanização em todas as suas fases, exceto o corte, através da incorporação de novas práticas culturais e/ou de equipamentos mais eficientes, reduzindo o uso e os custos da mão-de-obra comum (não-qualificada), pela sua substituição por um número menor de trabalhadores e mais capacitados a operar as máquinas e seus implementos.

Completando essas transformações, consolidando o padrão técnico produtivista da lavoura canavieira paulista, constata-se, ademais, os investimentos privados em P&D pelo CTC da Copersucar²⁷, que se iniciou em 1969, montando uma infraestrutura de laboratório e estações experimentais (chegando a ter nove estações, sendo uma no Paraná e outra na Bahia) e um quadro estável de pesquisadores, contando com financiamento próprio garantido pelo faturamento da organização, com destaque para sua expressiva participação na geração e disponibilização de novas variedades, que ajudaram a reformular o mapa varietal da cultura no Estado, atualmente estando entre as variedades mais utilizadas no conjunto da área cultivada estadual²⁸.

Por fim, e não menos importante, esse conjunto de transformações técnicas, representadas pelas novas práticas, equipamentos mais aperfeiçoados e novos equipamentos, passam a exigir mudanças nas técnicas de gerenciamento da atividade como forma de otimização. Neste particular preconiza-se, por exemplo, o uso da informática aplicada ao planejamento das complexas operações agrícolas mecanizadas (LOPES, et al, 1995), estando em uso, por algumas usinas, sistema informatizado de controle e planejamento conhecido como GA (Gerenciamento Agrícola 2.0), potencialmente adaptável para sincronizar o planejamento do campo

²⁶Informação obtida junto ao CTC, Divisão Central de Engenharia Agrícola, Copersucar.

²⁷Cabe mencionar os investimentos públicos em pesquisa, feitos pelo Instituto Agronômico e Planalsucar, justificando o destaque por ser o CTC a única instituição de pesquisa privada que investe em melhoramento de cana em São Paulo.

²⁸Ver em BRAGA JUNIOR & BURNQUIST (1997) e OLALDE (1992:98-106).

com a unidade processadora. Além disso, existem usinas que dispõem de coletores de dados de campo ligados à unidade central de processamento, programável para controlar variáveis como produtividade por talhão, entrada e saída de trabalhadores, tempo de parada de equipamentos, etc, e, numa usina em particular, encontrava-se em fase de teste a transmissão desses dados em tempo real (THOMAZ JUNIOR, 1996:194-195).

O atual padrão produtivo desenha-se, em linhas gerais, assentado no melhoramento genético, no uso de insumos químicos industrializados, na crescente mecanização do processo produtivo e no menor uso de mão-de-obra, em busca do aumento da produtividade dos fatores empregados, tudo isso possibilitado pelo progresso técnico verificado pela difusão de novos processos e produtos, ao longo do período analisado. Contudo, o exame feito até aqui indica, mas não comprova, a generalidade do fenômeno para a atividade como um todo, valendo a pena levantar algumas evidências, através de indicadores, que apontem empiricamente para essa tendência.

Um primeiro indicador disponível é o da evolução das áreas médias que, dependendo do seu tamanho, podem inviabilizar a difusão de tratores, principalmente daqueles de maior potência. Esta restrição não se verificou para a cana-de-açúcar (Tabela 3.1), cuja área média estadual evoluiu de 38,28 ha, em 1970, para 86,93 ha, em 1980, alcançando, em 1985, uma área de 107,97 e representando um aumento de 182 pontos percentuais em relação ao ano inicial. Além disso, foi a área média do estrato de áreas maiores que 10.000 ha a que mais cresceu (144 pontos percentuais) entre todos os estratos, revelando crescente concentração de áreas e maiores possibilidades técnico-econômicas de mecanização.

Esta possibilidade adquire contornos mais efetivos quando se analisa o tipo de cultivo (Tabela 3.2) que sempre foi, desde seu registro no Censo de 1950, tipicamente de monocultura dentro das propriedades canavieiras de São Paulo, ocupando praticamente 100% da área cultivada total. Por outro lado, a produção de cultivos associados, que geralmente indica a distribuição de várias atividades dentro da propriedade agrícola, no caso da cana-de-açúcar refere-se a outras culturas temporárias – como o amendoim e a soja – nas áreas de reforma dos canaviais, reforçando o padrão monocultural determinado pela produção em cultivo simples.

Tabela 3.1. Evolução das Áreas Médias com Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo

Estratos Ha	1970			1980			1985		
	Área Total	Núm. Inform	Área Média	Área Total	Núm. Inform.	Área Média	Área Total	Núm. Inform.	Área Média
< 10	8.179	3.126	2,62	4.554	1.645	2,77	5.874	1.899	3,09
10 < 100	105.961	8.763	12,09	117.863	7.615	15,48	190.380	8.492	22,42
100 < 1.000	261.272	2.958	88,33	460.505	2.626	175,36	771.593	4.666	165,36
1.000 < 10.000	185.356	309	599,86	436.519	449	972,20	653.935	620	1.054,73
10.000 >	19.719	8	2.464,88	53.476	8	6.684,5	72.211	12	6.017,58
Estado	580.487	15.164	38,28	1.072.917	12.343	86,93	1.693.993	15.689	107,97

Fonte: IBGE - Censos agropecuários do Estado de São Paulo.

Tabela 3.2. Produção de Cana-de-Açúcar, por Tipos de Cultivo, Estado de São Paulo, em tonelada

Anos	Produção	Cultivo	Cultivo	Outros	Relações		
	Total (1)	Simplex (2)	Associado (3)	Cultivos (4)	(2/1)	(3/1)	(4/1)
1950	4.783.171	4.773.607	9.564	-	99,8	0,2	-
1960	14.173.703	14.066.139	84.455	23.109	99,2	0,6	0,2
1970	30.340.215	29.398.441	425.619	516.155	96,9	1,4	1,7
1975	79.959.024	79.238.154	691.640	29.230	99,1	0,9	0,0
1980	72.257.079	72.005.190	39.831	212.058	99,7	0,0	0,3
1985	125.000.839	122.760.456	1.490.237	750.146	98,2	1,2	0,6

Fonte: IBGE - Censos Agropecuários do Estado de São Paulo

Tabela 3.3. Número de Tratores por Faixa de Potência e por Tipo, nas Cooperativas COPERESTE e COPERUCAR

Faixa de Potência	COPERESTE				COPERUCAR			
	Trator Pneu	trator Esteira	% sobre Total	% Acum.	Trator Pneu	Trator Esteira	% sobre Total	% Acum.
> 50 HP	81	59	86	86	102	-	3	3
51 - 70	18	4	14	100	980	-	25	28
71 - 90	-	-	-	-	1.196	97	34	62
91 - 110	-	-	-	-	586	31	16	78
111-200	-	-	-	-	535	198	19	97
> 200	-	-	-	-	96	13	3	100
Total	99	63	100	-	3.495	339	100	-

Fonte: BRIEGER (1960) e FROTA (1992).

Em termos da expansão dos tratores na atividade, pode-se avaliá-la através de dois levantamentos bem distintos no tempo (Tabela 3.3). O primeiro, elaborado para 14 usinas pertencentes à COPERESTE – depois fundida à COOPIRA para fundar a COPERSUCAR (OLALDE, 1992:28) – com área cultivada de 65.340 ha, foi feito para o ano safra 1959/60 (BRIEGER, 1960). O total de tratores em uso era de 162 unidades, todos com potência abaixo de 70 HP, somando 7.035 HP e representando uma utilização média de 0,11 HP/ha. O segundo levantamento, que abrangeu 38 usinas em uma área de 559.505,81 ha (FROTA, 1992), e que provavelmente incluiu parte das usinas anteriores, mostra uma situação bem diversa. O número de tratores totalizou 3.834 unidades, agregando 305.772 HP de potência e representando uma utilização de 0,55 HP/ha em média. A distribuição por faixa de potência mostra que 69% deles estavam concentrados entre 71 HP e 200 HP, reduzindo-se a participação nas faixas de baixa potência. A área média por trator estava em 403 ha, em 1959/60, enquanto que para a década dos anos noventa esse índice passou para 146 ha.

Estas evidências de mecanização são corroboradas por outro indicador estimado para o período 1961-90 (Tabela 3.4). Trata-se de uma estimativa²⁹ construída a partir das matrizes de custos do Instituto de Economia Agrícola (IEA). Através da área cultivada com cana no Estado, e da demanda por força de trabalho no processo produtivo, chega-se à utilização total de trabalho, o qual, dividido pela produção indica a quantidade de produção por dia-homem. Calculando-se a taxa geométrica anual de crescimento, para a série centrada em média móvel de cinco anos, chegou-se a uma taxa de 3,5% a.a. (t de Student significativo a 0,1%), a qual pode ser tomada como crescimento da produtividade da força de trabalho, em parte influenciada pela mecanização³⁰.

Em resumo, as alterações nas relações sociais de produção da atividade canavieira são perceptíveis na evolução do progresso técnico na lavoura canavieira, entre 1950 e 1990. Esse revolucionamento ocorreu pelas condições de expansão que o sub-setor sucroalcooleiro encontrou e soube explorar, incentivado por vários fatores, analisados a seguir.

²⁹Os levantamentos foram feitos em 1961, 1967 e 1976, este último atualizado em 1979, 1983 e 1992. A série foi completada por interpolação geométrica.

³⁰Em parte porque não se avaliou o nível de educação geral, nem as mudanças organizacionais que também influem no aumento da produtividade do trabalho.

3.1.2- Breve histórico: fatores explicativos da expansão setorial

As evidências de transformações técnicas no processo produtivo canavieiro em São Paulo permitem estabelecer três grandes períodos: o primeiro, em que a predominância do fenômeno parece ter se situado no fomento da mecanização, entre os anos 1950 e 1960; o segundo período, entre os anos 1960 e 1970, no qual essas alterações foram aceleradas, aprofundando as mudanças nas relações sociais de produção, que, no período compreendido entre os anos 1980 e a última década do século XX, consolidaram-se definitivamente num estágio avançado, apontando para uma visão sistêmica de organização em que se conjugam o planejamento e as interfaces entre as tecnologias mecânicas, químicas, físicas e biológicas.

As bases do crescimento da agroindústria canavieira paulista estiveram, como vimos anteriormente, na formação dos mercados consumidores e na ação do Estado, quer seja pelo aumento permitido nas quotas de produção, quer pela deliberação de modernizar vários engenhos, transformando-os em usinas – algo que ocorreu amplamente em São Paulo (QUEDA, 1972:100-111).

Os anos cinquenta, marcados por conflitos entre a agroindústria canavieira paulista e a do Nordeste, nem sempre intermediados racionalmente pelo IAA, foram de franca expansão. Os excedentes da produção de açúcar, no final da década de 1950, forçaram o País a voltar ao mercado internacional – do qual estivera ausente por longas décadas. A gravosidade das exportações do açúcar, levou o governo a subsidiar a diferença entre os preços internos e externos, promovendo uma mudança na anterior política de produção, que a partir da capacidade de produção buscava o equilíbrio no mercado interno, inclusive com vistas a reduzir o volume produzido (SZMRECSÁNYI, 1979:236-253).

Essa política de equilíbrio da produção, vigente nos primórdios da intervenção estatal, foi rompida em boa parte pelo expansionismo da agroindústria paulista. Ela teve vida curta devido às profundas transformações do mercado internacional ocorridas nos anos sessenta, em função do rompimento de relações entre os EUA e Cuba, então um dos principais exportadores mundiais de açúcar. O aumento das exportações de açúcar permitiu, durante parte daquela década, uma acomodação pela qual o Nordeste pode escoar seus excedentes por essa via, entrando no mercado preferencial norte-americano, e passando a depender menos da colocação

Tabela 3.4. Estimativas da Produção Média da Força de Trabalho Demandada na Lavoura da Cana-de-Açúcar, Estado de São Paulo

Anos	dh/ha ¹	Área	Demanda	Produção	Prod/dh
	(1)	Cultivada (2)	(1) x (2) (3)	1.000 t (4)	(4): (3) (5)
1961	41,98	471.100	19.776.778	23.152	1,1707
1962	41,15	488.800	20.114.120	26.600	1,3225
1963	40,33	515.500	20.790.115	22.000	1,0582
1964	39,52	568.900	22.482.928	25.100	1,1164
1965	38,74	694.800	26.916.552	39.092	1,4523
1966	37,97	688.500	26.142.345	38.899	1,4880
1967	37,22	652.200	24.274.884	33.500	1,3800
1968	36,48	627.400	22.887.552	30.225	1,3206
1969	35,75	633.500	22.647.625	27.400	1,2098
1970	35,04	677.600	23.743.104	40.000	1,6847
1971	34,34	750.200	25.761.868	36.000	1,3974
1972	33,66	759.000	25.547.940	42.300	1,6557
1973	32,99	740.000	24.412.600	40.000	1,6385
1974	32,33	790.000	25.540.700	34.000	1,3312
1975	31,69	802.000	25.415.380	35.600	1,4007
1976	31,09	938.400	29.174.856	47.500	1,6281
1977	30,50	971.000	29.615.500	55.300	1,8673
1978	29,93	1.144.100	34.242.913	58.070	1,6955
1979	29,36	1.200.700	35.252.552	62.200	1,7644
1980	28,13	1.290.000	36.287.700	71.050	1,9580
1981	26,96	1.379.760	37.198.330	73.140	1,9662
1982	25,83	1.594.950	41.197.558	94.190	2,2863
1983	24,75	1.733.500	42.904.125	108.450	2,5277
1984	24,32	1.842.800	44.816.896	116.670	2,6033
1985	23,90	1.951.650	46.644.435	121.950	2,6145
1986	23,49	2.031.100	47.710.539	122.910	2,5762
1987	23,09	2.057.400	47.505.366	132.050	2,7797
1988	22,69	2.098.000	47.603.620	134.100	2,8170
1989	22,09	2.087.480	46.112.433	131.550	2,8528
1990	21,50	2.111.100	45.388.650	138.430	3,0499

Fonte: Instituto de Economia Agrícola. (1) dh/ha = horas por hectare.

dos mesmos no Centro-sul do País, que foi liberado às agroindústrias paulistas (SZMRECSÁNYI, 1979:251).

Em boa medida, esse fato geopolítico e, principalmente, as perspectivas de substituir a produção cubana no mercado preferencial norte-americano, acabaram revertendo o processo de racionalização anterior, iniciado pela redução da produção. Essa política foi sendo substituída por uma pletera de incentivos à expansão, inclusive através de créditos subsidiados a longo prazo (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

Essa tendência expansionista foi bloqueada pelo decréscimo de preços no mercado externo e pela crise econômica que precipitou a queda do regime democrático no Brasil, por obra do golpe militar de 1964. Entre esse ano e 1967 chegaram a ser adotadas e implantadas uma série de medidas que visavam a retomada do processo de acumulação. Foi um período durante o qual o sistema econômico brasileiro passou por vários ajustes, e, no qual o sub-setor canavieiro viu reduzir-se suas receitas.

Mas, já entre o final dos anos sessenta e meados dos anos setenta houve um novo crescimento das exportações de açúcar, as quais passaram a constituir-se um elemento central na dinâmica da agroindústria (CANCEGLIERO, 1974). Para tanto foi crucial o apoio governamental que veio através de três programas de fomento: o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar - PLANALSUCAR - o Programa de Racionalização da Indústria Açucareira, e o Programa de Apoio à Indústria Açucareira, todos implantados no começo da década de 1970 e financiados pelo Fundo de Exportação do IAA.

O primeiro destes programas, que funcionou institucionalmente até o início da década de 1990, foi responsável pela implantação de uma gama de pesquisas e experimentação, com ênfase no melhoramento genético, no estudo de práticas culturais e na introdução de novos insumos na lavoura canavieira. Os demais promoveram a racionalização do parque industrial nacional através do incentivo creditício às fusões e incorporações de usinas e aos investimentos em reequipamento industrial, beneficiando a agroindústria paulista pela ampliação e melhoria da sua capacidade produtiva (SZMRECSÁNYI & MOREIRA, 1991).

O progresso técnico, então vigente na área industrial, não foi suficiente para dar sustentação ao sub-setor que, face a nova crise externa de preços, ocorrida em meados da década de 1970, submergiu numa crise de superprodução. Esta foi

novamente superada por meio da ajuda do governo, com a criação do Programa Nacional do Álcool, primeiro aumentando a produção de álcool anidro para misturar à gasolina, e depois incentivando a produção de álcool hidratado como substituto à gasolina nos veículos automotores de passeio.

Essa situação protecionista vigorou até meados da década de 1980, favorecendo enormemente as usinas e destilarias paulistas, principais produtoras de álcool desde o início do Programa. Este acabou esvaziado pela crise de abastecimento de 1989, e pela paulatina retirada do apoio financeiro governamental. Os enormes subsídios creditícios concedidos pelo Proálcool, e pelos programas anteriores, além de favorecerem o desenvolvimento setorial, podem ter contribuído para evitar o pleno desenvolvimento das forças produtivas do setor que, como se pode constatar, continuou atrelando o capital industrial ao capital agrário na forma de usinas com larguíssimas áreas sob seu domínio - seguramente um fator que impediu a maior concentração de investimentos na indústria e um menor aproveitamento das economias de escala e redução de custos³¹.

Mas, apesar de tudo isso houve transformações profundas na agroindústria canaveira paulista, notadamente um desenvolvimento no qual as mudanças técnicas parecem refletir algo mais do que uma mera reprodução ampliada do capital, o que não impede que mantenham algumas características pré-capitalistas, tais como uma estrutura fundiária muito concentrada e a utilização de uma mão-de-obra não (ou semi) qualificada, refletida na ainda pequena dimensão alcançada pela mecanização da colheita, a fase mais demandante desse tipo de trabalho na lavoura canaveira. A proteção exercida pelo Estado, que se encontra na raiz dessas mudanças, foi também o seu freio, desmantelada pelo processo de desregulamentação interna e pelas transformações do mercado internacional, que fizeram aflorar algumas mudanças e colocam novas possibilidades – mencionadas no capítulo introdutório – em parte já exploradas, e em parte desconhecidas, mas que apontam inexoravelmente para a necessidade da melhoria da competitividade.

Dentro dessa nova perspectiva a mecanização da colheita representa um ponto de inflexão definitivo, um nó a ser desatado, afim de completar o processo de mudança técnica e reduzir os custos de produção do açúcar, do álcool e de seus sub e coprodutos. Por essa razão, vale a pena examinar os principais fatores que

³¹RAMOS (1991) abordou esses e outros aspectos históricos para explicar o fenômeno dicotômico de modernização-arcaísmo na formação atual do complexo sucroalcooleiro no Brasil.

determinaram a evolução e o nível alcançado na mecanização do corte , em outros países.

3.2- Padrões internacionais da evolução e do nível alcançado na mecanização do corte

As razões de ordem econômica derivadas da demanda, principalmente a escassez de mão-de-obra, são muito utilizadas para explicar o padrão de mecanização do corte adotado em vários países do mundo, indo de afirmações taxativas a explicações mais elaboradas.

No primeiro caso, de acordo com CARDOSO (1952), a ausência ou falta de braços induziu, desde 1940, a estimular o desenvolvimento de máquinas para colher cana na Luisiania. No outro extremo, um estudo feito por FAUCONNIER (1983) para comprovar a relação entre salários dos trabalhadores rurais e mecanização da colheita de cana-de-açúcar no mundo, constatou que quanto maior a razão salário + contribuição social sobre preço médio da tonelada de cana, tanto maior o grau de mecanização na colheita. Os países/regiões totalmente mecanizados em 1981, como a Austrália, o Havaí e a Luisiania preenchiam esta condição, partilhando de três características comuns: intensivos em tecnologia com alta produtividade da força de trabalho, escassa população rural e alto padrão médio de vida dos habitantes.

Dado o alto nível dos salários em cada caso, a produção por trabalhador tinha de ser suficientemente elevada para compensá-los, e isso foi conseguido pela mecanização. Além disso, nessas regiões havia empresas produtoras de colhedoras, um eficiente sistema de assistência técnica a preços compatíveis, além de trabalhadores devidamente qualificados e áreas de cana preparadas para o corte mecânico.

ABBOTT (1990:87-90), examinando as condições da mecanização da colheita nos países em desenvolvimento concluiu que sua existência nos mais variados graus - como as encontradas na Argentina, Jamaica, Suazilândia e Taiwan - e sua inexistência - tal como na República Dominicana, Guiana, Maurício, Índia, Tailândia e Fiji - se deviam à escassez ou não de mão-de-obra e à busca de eficiência pelo esforço da modernização em geral. Por sua vez, o corte manual vincula-se às condições peculiares em que a cana é produzida em países como a Índia, onde ela é cultivada em pequenas propriedades familiares no regime de

policultura, em pequenos lotes de terra ao lado de outras culturas, com uma parte sendo utilizada como forrageira para alimentação animal. Em outras palavras, na primeira situação gera-se uma demanda por máquinas, enquanto que na segunda não se dão as condições necessárias para o aparecimento do mesmo tipo de demanda.

Entretanto, as diferenças no tempo entre os processos mecanizados adotados pelos diversos países suscita a questão do porquê alguns se adiantaram mais do que outros, quando a situação de escassez de mão-de-obra podia ser parecida em todo o conjunto deles. Ressalte-se que essa condição de similaridade ocorreu historicamente com a cana-de-açúcar no Havaí e na Luisiania adiantando-se mais rapidamente do que na Austrália, apesar deste país, já em meados de 1920, ter os trabalhadores rurais da região canavieira de Queensland mais bem pagos do mundo, o que já incentivara o uso de tecnologias poupadoras de mão-de-obra em todas as fases do processo produtivo, exceto na colheita, antes da II Guerra Mundial (BURROWS & SHLOMOWITZ, 1992:64, nota 10).

Além disso, observa-se uma grande diferença de tempo em relação às datas das patentes e os períodos de difusão das colhedeiras de grãos nos EUA – patenteadas por Hussey, em 1833, e por McCormick, em 1834, e difundidas em pouco menos de vinte anos, fazendo com que em 1850 já fossem vendidas 4,5 mil unidades da marca McCormick no meio-oeste norte-americano (HAYAMI & RUTTAN, 1988:94-95) – com as épocas das patentes e a de difusão das colhedeiras de cana. Estas últimas, de acordo com DEERR (1921:176), só foram iniciadas a partir das quatro últimas décadas do século XIX com base nos conceitos de engenharia das colhedeiras de grãos, através da patente de Henwood em 1868, de Dollens & Zchech, em 1882 e de Tomlinson, em 1887. A difusão em larga escala só ocorreu após a II Guerra Mundial, decorridos mais de oitenta anos a partir da inovação.

Deve-se notar, contudo, que segundo JONES (1979:118-119), há consenso entre especialistas sobre a primeira introdução de uma máquina de corte de grãos mais promissora ter ocorrido em 1811, na Escócia, apesar de não ter sido bem aceita pelos fazendeiros por ser cara e muito pesada. Considerando esta data como inicial, seu período de difusão se estenderia para pouco mais de 50 anos, aproximando-se mais do período de difusão do corte mecânico da cana. Vale, porém, frisar que esta, mesmo tendo sido uma cultura extremamente antiga na Ásia,

florescente na Europa (Espanha) a partir do século XII e introduzida nos EUA (Luisiania) em 1751 pelos jesuítas (DEERR:1921:607), foi somente em meados do século XX é que teve início a mecanização do corte.

Todas essas questões levantam dúvidas sobre a unidirecionalidade e determinação unívoca do fator da escassez de mão-de-obra como fonte principal ou preponderante de explicação desse processo. Assim, para compreendê-lo melhor convém procurar elementos que ajudem a identificar a evolução e as estratégias adotadas pelos vários países e pelas diversas regiões canavieiras, concentrando a escolha naqueles que atingiram um grau avançado de mecanização. A fim de perceber e avaliar os problemas, as oportunidades e os padrões determinantes, examinaremos aqui as experiências do Havaí, da Luisiania, da Austrália e de Cuba.

3.2.1- A experiência internacional em países selecionados

Vejam, em primeiro lugar, a experiência cubana, que é *sui generis* em relação às demais, pelas transformações radicais por que passou com a Revolução de 1959 e a mudança de regime político no contexto da Guerra Fria, embora essencialmente tenha enfrentado problemas semelhantes aos dos demais para poder sustentar o desenvolvimento de sua economia canavieira, que dependeu enormemente da mecanização da colheita³².

Os elementos mais evidentes das transformações em Cuba são percebidos pelo aumento da oferta de empregos urbanos, que estimulou a migração do campo para as cidades, o aumento das atividades de construções rurais, que ocupou parte dos trabalhadores agrícolas, e a transformação de outra parte em produtores autônomos, proporcionada pela reforma agrária. A reorganização provocada pela reforma agrária, possibilitando o emprego permanente nas fazendas estatais – grandes estabelecimentos canavieiros desapropriados – para o enorme contingente de trabalhadores sazonais, composto por 2/3 da mão-de-obra total, pode ter contrarrestado o movimento geral de escassez da força de trabalho. Mas, foram as profundas mudanças na economia cubana e o apoio governamental ao desenvolvimento de uma agricultura mais diversificada que alteraram em definitivo a antiga dinâmica da oferta de mão-de-obra para o setor agrícola e para o corte da cana-de-açúcar. Sua escassez se fez sentir mais agudamente com a ampliação das

³²A experiência cubana é analisada a seguir à luz do abrangente trabalho de POLLITT & HAGELBERG (1993).

trocas comerciais com o mundo socialista, da década de 1960 em diante, a qual girou principalmente em torno da produção de açúcar. A recuperação e expansão da economia canavieira cubana - deteriorada nos anos iniciais da Revolução - passou a ser prioridade, justamente quando a disponibilidade de cortadores havia declinado pela metade.

A meta de produção para 1970, de 10,0 milhões de t de açúcar, contra menos de quatro milhões em 1963, e que alcançara finalmente 8,5 milhões de t, só chegou a ser parcialmente colhida graças ao expediente do governo cubano de mobilizar milhares de trabalhadores não-agrícolas. As tentativas de mecanizar o corte enfrentaram diversas dificuldades práticas, embora tivessem ocorrido progressos técnicos no carregamento e limpeza de cana, através da difusão de carregadeiras soviéticas, que em 1966 estavam carregando 45% da colheita, e da instalação dos chamados *centros de acopio*, com maquinário projetado e desenvolvido em Cuba. Contudo, apenas algo acima de 1% da produção foi cortado mecanicamente em 1970.

As razões determinantes do baixo nível de mecanização em Cuba nesse período foram os problemas técnicos causados na matéria-prima pelo manuseio mecânico, a ausência da troca de experiências causada pelo bloqueio norte-americano, já que os países da Europa Oriental e a URSS não dominavam as tecnologias referentes à cana-de-açúcar, e a ausência de compreensão técnica do sistema de corte: "***Em termos organizacionais, ainda não havia sido percebido que a mecanização – especialmente através do uso de colheitadeiras que cortavam, picavam, limpavam e carregavam cana numa operação contínua – não constituía apenas um problema de substituição da força humana pela máquina, mas implicava na troca de um sistema por outro... (requerendo) amplas mudanças na organização do espaço, no preparo do solo e nos tratos culturais, além de reformas nos equipamentos de transporte da cana e nas instalações de sua recepção nas usinas, bem como, o estabelecimento de serviços de apoio e reparo***" (POLLITT & HAGELBERG, 1993:172).

Apesar do enorme esforço realizado nos anos setenta, com a mecanização de 42% da cana colhida em 1979, preponderantemente através de máquinas combinadas importadas, a grande mudança que acelerou o processo foi proporcionada pela introdução da KTP-1 e sua montagem local, em 1977, passando a produzir cerca de 600 unidades anuais na década de 1980, assim como pela

adoção da queima pré-corte dos canaviais – em 1974, 70% da colheita sofreu queima prévia – para aumentar o rendimento das máquinas colhedoras. A significativa expansão da mecanização do corte a partir de 1980, foi conseguida também pela sua difusão nas terras privadas, de pequenos proprietários, reorganizadas em Cooperativas de Produção Agrícola, através de alterações em suas práticas culturais e de um reordenamento espacial das propriedades, afim de possibilitar o uso racional das máquinas.

Desse modo, Cuba, nos anos finais da década de 1980, com uma área cultivada de aproximadamente 1,3 milhão de hectares, estava colhendo mecanicamente 71% de sua produção de cana, com uma frota de quatro mil máquinas, composta principalmente de KTP's. Estas, todavia, passaram na década de 1990, por uma série de problemas de eficiência pelas perdas de cana, ocasionadas por defeitos nos seus sistemas internos, além de crônica falta de peças para reparo.

Sua base econômica de apoio esfacelou-se com o fim da URSS e dos acordos comerciais do COMECON, colocando novos e sérios problemas ao desenvolvimento econômico de Cuba, e pondo em xeque a própria escolha da máquina combinada *vis à vis* a cortadeira de cana inteira, de concepção mais simples, a qual, em face à problemática atual, poderá vir a tornar-se um impedimento fundamental para melhorar a eficiência no campo e reduzir os problemas de processamento da matéria-prima (BUZZANELL & ALONSO, 1989:26).

O Havai foi, ao lado da Luisiania, a região onde a mecanização do corte da cana completou-se mais rapidamente, e mais cedo do que em outras áreas canavieiras do mundo. Em 1942, dois terços da safra já eram colhidas por seu sistema adaptado, constituído por lâminas em "V" que cortavam os colmos e os empurravam, formando grandes montes, recolhidos por máquinas equipadas com grades em garras ou dentes (ALVES, et al, 1997:27). Este singular sistema de colheita, sem paralelos em outros locais, e sua precoce ocorrência tiveram origem na extrema escassez de força de trabalho naquelas ilhas, agravada durante a II Guerra Mundial, e nas possibilidades de mercado criadas por esse mesmo fato.

Seu surgimento foi precedido, no entanto, por outras condições, que formaram a base prévia do fenômeno analisado. Trata-se de um bom exemplo dos reflexos da abundância de capitais face à escassez de mão-de-obra, com os EUA tendo fornecido, desde sua origem, tanto o mercado consumidor como os fundos

para financiamento. Mas, mesmo neste caso, foram enfrentados sérios problemas tecnológicos na alternativa adotada³³.

A introdução de novas técnicas no fabrico do açúcar ocorreu relativamente cedo no Havai, com a centrifugação sendo adotada a partir de 1852, as caldeiras a vácuo, desde 1863, e a energia a vapor já em 1859. Também se investiu logo na preparação e recuperação de terrenos para plantio irrigado, e devido à escassa população local, a mão-de-obra teve de ser importada a custos altos da China, das Filipinas, do Japão e até da Madeira. Foi esta restrição que incentivou a mecanização do campo e o pleno uso da mão-de-obra durante o ano em atividades produtivas, dando origem ao sistema havaiano de plantar, cultivar e colher no decorrer do mesmo ano (GOMES & LIMA, 1965:48).

Antes do início da Guerra apenas o plantio e a colheita continuavam sendo manuais, e isto se devia às condições locais específicas, como o fato do mesmo tipo de máquina colhedora não dar conta da tarefa de colher em áreas irrigadas e em áreas cultivadas diferentemente. Nas áreas irrigadas o grande peso da cana exigia muito esforço das máquinas, e seu acamamento suscitava outras dificuldades de engenharia agrícola, com a agravante de não se dispor de experiências prévias alhures. Além disso, o corte dos ponteiros dos colmos deixava de ser efetuado, constringendo o processamento nas usinas pela excessiva quantidade de palha.

Tentativas anteriores de introduzir uma colhedora combinada em 1925 não deram bons resultados pelo seu alto custo e por problemas de perdas de cana no processo de picagem e limpeza dos colmos, além da maior deterioração causada pela maior entrada de bactérias, afetando o rendimento industrial. Outra deficiência decorria do desenvolvimento tecnológico separado da colheita mecânica e do carregamento, novamente levando a resultados finais insatisfatórios. Por volta de 1930, o sistema de carregamento por garras foi adotado, difundindo-se rapidamente a partir daí. Em 1938, as plantações da região de Ewa foram as primeiras a ter suas colheitas totalmente mecanizadas.

Entretanto, como os vários problemas técnicos ainda não permitiam resultados superiores ao corte manual, este permaneceu preponderante até o início da II Guerra Mundial. Foi esta que acelerou o processo de forma inusitada ao despojar os plantadores de seus trabalhadores, requisitados pelas Forças Armadas,

³³O caso havaiano é analisado com base no excelente estudo sobre a evolução do comércio internacional de açúcar antes e depois da II Guerra Mundial, de TIMOSHENKO & SWERLING (1957:125-154).

e ao provocar aumento nos salários. Ao mesmo tempo, o mercado norte-americano, devido à redução na produção local de açúcar, abriu-se por completo à produção açucareira havaiana, que obteve facilidades adicionais de transporte nos navios militares operando no Pacífico, com espaço para carga de retorno.

Desse modo, as sérias restrições tecnológicas derivadas da mecanização da colheita e os impactos negativos no processamento da matéria-prima acabaram sobrepujados pela necessidade de continuar produzindo, numa área que alcançara aproximadamente 90 mil ha, graças às condições altamente remuneradoras do mercado norte-americano, à extrema escassez de força de trabalho e aos altos salários enfrentados pelos produtores de cana-de-açúcar do Havai.

A Luisiania, que em 1946 cortava mecanicamente 63% de sua safra de cana, por volta de meados de 1950 atingira praticamente 100% da produção, cultivada numa área de aproximadamente 8i mil ha (BURROWS & SHLOMOWITZ, 1992:69). A escassez de mão-de-obra, geral na economia norte-americana, e o acesso a um amplo mercado interno foram os principais fatores indutores do seu progresso técnico representado pela mecanização do corte. Mas, também neste caso, várias outras condições tiveram grande influência, destacando-se as condições locais de clima e de manejo da cultura.

Em primeiro lugar, facilitou muito o processo o fato das canas serem colhidas logo no primeiro ano, com um período de crescimento de sete a nove meses, latente durante os meses de inverno, antes que se pudesse completar o seu ciclo de maturação, tornando-as mais leves e eretas. Em segundo lugar, a colheita, efetuada nos meses do outono sempre foi feita sob condições climáticas inóspitas: de temperatura baixa, sujeitas a geadas e umidade excessivas tornando necessária a rapidez na colheita para superar esses problemas. Naquela região dos EUA, a estação de colheita sempre foi curta, exigindo métodos apropriados para se colher rapidamente toda a produção.

O manejo da cultura, que naturalmente levava em conta tais condições, era conduzido de forma racional, drenando-se o solo, e preparando-o segundo recomendações dos centros de pesquisa, utilizando adubação química e variedades escolhidas pelas suas características para a mecanização. O apoio institucional de pesquisa vinha tanto das estações experimentais da Luisiania e da Flórida, como da universidade local (SOUSA, 1959a e1959b). Além disso, as soluções de engenharia para o corte mecânico foram também facilitadas pela prévia existência de um

equipamento utilizado na prática de remover do chão o solo geado, para não prejudicar o crescimento da cana (TIMOSHENKO & SWERLING, 1957:141). O projeto básico da colhedeira de 1938 nasceu desse equipamento e de uma máquina utilizada para empilhar a cana, outra prática usada para reduzir os riscos das geadas (TIMOSHENKO & SWERLING, 1957:140-141).

O aceleração da mecanização do corte na Luisiana, sob as condições emergenciais da Guerra, trouxe inúmeros inconvenientes, que afetaram a coordenação campo-usina e reduziram os rendimentos industriais de extração do açúcar, ocasionando prejuízos em várias fábricas, que foram obrigadas a fechar. Apesar disso o processo acabou se solidificando através do aumento do tamanho médio das propriedades canavieiras, que cresceu 36% em cinco anos, passando de 55 ha, em 1945, para 75 ha, em 1950 (TIMOSHENKO & SWERLING, 1957:140 e A INDÚSTRIA, 1953).

Em 1971, a Austrália colhia 98% de sua produção de cana pela via mecânica, numa área aproximada de 300 mil ha, em propriedades com tamanho médio de 36,5 ha (SOUSA, 1972). Em 1965 colhia apenas 37% em Queensland, sua principal região produtora, responsável por 97% da produção (BURROWS & SHLOMOWITZ, 1992:71. Devido às mesmas restrições enfrentadas pelas demais regiões canavieiras relativamente à escassez de mão-de-obra, e já tendo mecanizado todo seu processo produtivo, exceto o corte, até a II Guerra Mundial, surge a necessidade de qualificar essa diferença.

A cana-de-açúcar chegou à Austrália em 1817, através do Jardim Botânico de Sidney. Em 1827, houve uma primeira iniciativa de plantio produtivo que não alcançou sucesso, e uma segunda, também infrutífera pela inadequação ao clima. Sua adaptação se deu melhor no Estado de Queensland, onde ocorreria um primeiro surto expansionista entre 1870 e 1885, quando alí se instalaram 166 usinas de pequeno porte, as quais foram sendo gradualmente fechadas (MONT'ALEGRE, 1972:21).

A expansão sustentada da economia canavieira australiana ocorreu do início do século XX até 1939, quando sua produção de cana saltou de 1,34 milhão de t, em 1904, para 6,04 milhões, em 1939. Este crescimento foi apoiado por políticas governamentais, pelo mercado e por progresso técnico. A medida da evolução dessa indústria pode ser avaliada pelo aumento da capacidade de extração de açúcar. Em 1904 necessitava-se de 9,62 t de cana para obter uma tonelada de

açúcar; em 1939 o mesmo resultado era obtido com 6,77 t de cana. Nesse período houve, também, a criação de um departamento de tecnologia junto ao Bureau das Estações Experimentais de Açúcar e a fundação de uma sociedade de tecnólogos. Outro marco diferencial foi a iniciativa de se instituir o pagamento da cana pelo teor de sacarose, a partir de 1916 (CRONICA, 1944:18), com o parâmetro de qualidade da matéria-prima passando a ser uma fonte de estímulo à mudança técnica na indústria e na lavoura, e uma questão problemática para o desenvolvimento tecnológico das colhedeiras mecânicas³⁴.

Algumas tentativas de construir máquinas colhedeiras na Austrália aconteceram antes da II Guerra Mundial, mas sem grande sucesso comercial. Baseavam-se no conceito de reproduzir os movimentos manuais do corte basal (mais tarde incluindo o corte apical) e da operação de carregamento – que pode ser a de dispor a cana em esteiras no chão, ou de empilhá-las em montes, esta exigindo um dispositivo para receber as canas e em seguida soltá-las de uma só vez. Eram conhecidas como cortadeiras de cana inteira (*wholestalk harvesters*), que na época representavam o conceito básico das demais colhedeiras de uso geral em outros países (EUA, Cuba e Havaí).

Embora não precisando, para ser utilizada, alterar os sub-sistemas de carregamento, transporte e recepção, e sendo possível sua adoção em pequenas propriedades, tinha o defeito de ser eficiente apenas para as canas eretas, por não conter dispositivo capaz de levantá-las imediatamente antes de se efetuar o corte. Dessa forma, e por ser a parte do colmo mais próxima ao solo a mais rica em sacarose, podia-se ter grandes perdas nesse tipo de corte, rebaixando a receita bruta do produtor, assim como a da usina pela queda nos rendimentos industriais.

O período da Guerra não foi tão favorável para a Austrália como para o Havaí e a Luisiana. Apesar da escassez de mão-de-obra ter sido semelhante, houve problemas de mercado com a retração da demanda externa e a redução da importação de fertilizantes, máquinas e implementos.

O desenvolvimento de colhedeiras em Queensland foi conduzido desde 1930 pela Fairymead Sugar Company, de Bundaberg, no distrito de Southern, localizado na região sudeste. Em relação ao padrão australiano de pequenas propriedades tratava-se de uma *plantation* (grande propriedade capitalista), com integração

³⁴As considerações apresentadas a seguir baseiam-se na mais completa análise do caso australiano, que foi possível obter, de BURROWS & SHLOMOWITZ (1992:66-75).

vertical das áreas agrícolas com a usina, contando apenas com 30% de pequenos fornecedores. Foi essa empresa que financiou o desenvolvimento de pequenas colhedoras, do tipo *chopper harvesters*, sem qualquer sucesso, até que, em 1940, construiu uma cortadeira de cana inteira de grande capacidade e uma carregadeira mecânica, amplamente bem sucedidas alguns anos mais tarde ao serem utilizadas onde as canas eram eretas e leves, devido a um período mais curto de corte, de 12 meses, além de plantadas em áreas de baixa declividade – uma situação semelhante à encontrada na Luisiana.

O tamanho mínimo da área a ser cortada foi um impedimento para sua adoção, em função do tamanho das propriedades na Austrália ser, em média, menor que o mínimo econômico. Devido a isso, na década de 1950, houve várias iniciativas de empreendedores individuais (COLHEITA, 1952:110) e de empresas multinacionais, como a subsidiária da Massey-Ferguson. O grande impulso à mecanização do corte naquele país surgiu quando se disseminou o uso de colhedoras construídas no conceito *chopper harvesters*, auto-propelidas, a partir dos anos 1960, superando as deficiências técnico-econômicas anteriores pelo uso de materiais mais leves, de mecanismos hidráulicos, motores diesel e avanços na concepção dos projetos – uma combinação que não estava disponível antes dos anos sessenta, de acordo com evidências encontradas por BLYTH (1965). Em 1968, 70% do total colhido mecanicamente eram operados por essas colhedoras auto-motrizes, e, em algumas áreas da região Nordeste, chegava-se a 95% da cana ofertada às usinas (PRICE & BLYTH, 1968:1520).

Mas, afinal a difusão dessas máquinas só foi possível por mudanças organizacionais. Mantendo-se o perfil de distribuição de terras, com o baixo padrão médio de tamanho das propriedades, foram organizadas cooperativas que se encarregavam de comprar as colhedoras e executar os serviços de colheita, surgindo também empresas vendedoras desse tipo de serviços.

3.2.2- Em busca do fugidio padrão internacional

A questão relevante, que emerge da análise dos casos internacionais de mecanização do corte de cana, é a de que não existe um único padrão, capaz de identificar uma relação causal bem definida.

A perspectiva analítica de utilizar os vários fatores intervenientes assim como a relação entre eles parece ser a mais plausível, dada a natureza não-linear do

processo de inovação, mesmo quando surge um fator ou condição que se sobreponha aos demais em termos econômicos. A experiência do Havaí, que sugere ser um caso típico de indução à mudança técnica pela forte precedência de forças do lado da demanda, pode ser qualificada pela oferta, enquanto nos demais casos aparece mais claramente a ação conjugada, com alguma inclinação para o lado da tecnologia e de mudanças organizacionais condicionadas pela oferta de tecnologia.

Sem dúvida, a importância dos preços dos fatores de produção e as condições gerais do mercado não podem ser negadas ao sinalizar a necessidade da mudança técnica nos países analisados. Mas, em todos eles vários fatores do lado da oferta, agindo como forças independentes, influíram na direção e na difusão desse particular processo de inovação. A guerra mundial de 1939-45, que pode ser considerada um evento independente no contexto das economias canavieiras, influenciou poderosamente na direção da mecanização do corte, mais em algumas regiões do que em outras, dadas certas interações com as especificidades locais – edafo-climáticas, nível de desenvolvimento prévio, sucesso/fracasso em superar as restrições técnicas, contexto institucional (políticas de apoio, sistema de pesquisa), e assim por diante. Pode-se interpretar esses movimentos dentro do aporte conceitual rosenberguiano, conforme a análise para cada caso, recorrendo-se à Tabela 3.5 como fonte auxiliar.

A tardia evolução cubana dependeu de seu nível de desenvolvimento anterior à Revolução, quando fora um país dependente, economicamente atrasado e dirigido por uma elite predatória. O processo revolucionário, que culminou com a queda de Fulgêncio Batista em 1959, transformou a economia e sociedade cubanas, colocando-as em novas bases, da década de 1960 em diante.

As condições gerais do desenvolvimento cubano alteraram a disponibilidade da força de trabalho para o corte da cana, sinalizando a necessidade de mecanizá-lo. Contudo, a direção do desenvolvimento tecnológico da mecanização foi afetada pelo bloqueio comercial imposto pelos Estados Unidos e por desequilíbrios técnicos no desenvolvimento das máquinas, cuja difusão foi afetada pela incompreensão da necessidade de mudança organizacional e pela ausência de estrutura sistêmica adequada ao corte mecânico, carregamento, transporte e recepção,. Em contrapartida, atuaram favoravelmente em ambos os aspectos as condições de solo e clima, o apoio governamental, os acordos Cuba-URSS e o acesso a novas técnicas, com desenvolvimento compartilhado.

Tabela 3.5. Percentagem de Mecanização do Corte em Regiões Seleccionadas

Data	Cuba	Havaí	Lousiana	Austrália
1938		100 (Ewa)		
1942		67		
1946			63	100 (Fairymead)
1950		100	100	
1965				37
1970	1			
1971				98
1979	42			
1989	71			

Fonte: Textos citados nesta seção

O Havaí, que em 1938 já tinha uma região canavieira com corte totalmente mecanizado, conseguiu antecipar-se às demais pela elevada escassez de mão-de-obra. O conseqüente esforço na direção da mecanização de seu processo produtivo foi auxiliado por um mercado favorável. Mas, os problemas técnicos e as condições de uso do solo não permitiram desenvolver de imediato um equipamento plenamente adequado. O evento representado pela II Guerra Mundial foi neste caso absolutamente decisivo, ao garantir mercados e determinar a direção do desenvolvimento tecnológico a ser seguido, dada a redução drástica da oferta de mão-de-obra, com a difusão sendo qualificada por sua especificidade de solo e tipos de cana .

A Luisiania, por sua vez, encontrou condições gerais de mercado e escassez/abundância de fatores próximas ao caso havaiano, mecanizando-se rapidamente e em proporções semelhantes. Mas, a difusão de sua mudança técnica foi influenciada pelas suas adversas condições de clima, que impuseram a necessidade de um ritmo veloz no corte, bem como pelo tipo de cana mais leve e um contexto institucional favorável (na P&D e no aproveitamento de habilidades e soluções técnicas derivadas desse contexto).

A Austrália, finalmente, enfrentou um longo período de lentidão, apesar de sua *driving force* (força diretiva) estar na mecanização, por ter sido um dos primeiros países a mecanizar a operação de plantio, e de sempre ter tido escassez de mão-de-obra e altos salários. Suas máquinas colhedoras, baseadas no conceito de corte

da cana inteira, não satisfaziam os requisitos de qualidade, enquanto que aquelas desenvolvidas no conceito de corte, picagem, limpeza e carregamento não contavam com a possibilidade de combinar os novos materiais e concepção de projeto passíveis de torná-las economicamente superiores. Mas, quando isso se deu, a partir dos anos sessenta, a direção do processo de inovação ficou com um horizonte bem definido em termos da obtenção de bons resultados, difundindo-se rapidamente pela mudança de fundo organizacional, coma criação das cooperativas para executar os serviços mecanizados do corte.

Em termos gerais, pode-se concluir que inexiste um padrão internacional, exceto em termos muito amplos na direção da mecanização completa. Entretanto, examinando o problema mais de perto, percebem-se algumas características comuns a todos os casos, que podem servir de norte. Uma primeira diz respeito à competência técnica dos produtores de máquinas em encontrar soluções de engenharia capazes de superar as limitações naturais de clima e solo, e na busca, junto com os usuários, de uma melhor eficiência técnica no manejo da matéria-prima. Uma segunda – representada pelo evento Guerra – pode ser interpretada como um elemento incerto e aleatório que sempre surge em decorrência da evolução da sociedade e do processo de desenvolvimento econômico, e que pode ser decisivo para imprimir uma direção ao desenvolvimento tecnológico. Uma terceira reside na propensão ou criação de condições para a mudança organizacional como forma de adequar-se aos novos processos técnicos. E, uma quarta na necessidade de apoiar-se em instituições de P&D, públicas e privadas, com o devido suporte de fundos para financiamento, para dar prosseguimento ao processo de inovação.

O pioneirismo desses países e regiões sugere que o sucesso do fenômeno dependeu de interações positivas entre estes e outros fatores ligados ao lado da oferta para imprimir o horizonte tecnológico adequado e rapidez à difusão, com os preços relativos e o mercado sinalizando, persistentemente, necessidades de transformação. Com esses elementos analíticos confirmando o arcabouço teórico proposto, e permitindo amplas comparações, consideramos ter reunido elementos suficientes para proceder a análise do processo de mecanização do corte na economia canavieira do Estado de São Paulo.

CAPÍTULO IV. O Processo de Inovação da Mecanização do Corte da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo

Depreende-se do capítulo anterior uma similaridade no estágio alcançado pela atividade canavieira paulista – consolidando o padrão de mecanização em todas as etapas do processo produtivo, exceto o plantio e o corte – com a situação inicial daquelas regiões e países analisados, que avançaram incorporando o progresso técnico disponível, deixando sempre por último a inovação no corte. Além das extremamente importantes condições gerais da economia que geraram as possibilidades de expansão da atividade, sinalizando-a positivamente e tornando mais claras as restrições do fator trabalho, a uma série de fatores do lado da oferta, individualizados para cada caso (e suas interações), coube determinar a dimensão real e possível de tempo para que esse particular processo de inovação acontecesse na prática, de forma economicamente viável.

As bases prévias da formação histórica (já revistas) integram-se aos fatores da demanda por tecnologia e aos (indissociáveis) fatores que afetam o lado da oferta, formando o enquadramento analítico do caso em estudo. Este último capítulo inicia-se pela análise do desenvolvimento histórico da mecanização do corte da cana em São Paulo, para evidenciar seu surgimento e estágio alcançado, seguida por uma análise das séries de salários, preços da cana, açúcar e álcool, das relações entre eles, assim como dos custos, que fornecerão evidências da direção para onde a demanda por tecnologia e por mudança técnica estariam sendo encaminhadas. termina com um terceiro segmento, voltado para a sistematização teórica dos principais fatores que imprimiram e imprimem uma determinada direção ao desenvolvimento da tecnologia de mecanização do corte e da sua difusão nas regiões canavieiras e usinas paulistas.

4.1 – Primeiras experiências de mecanização do corte em São Paulo

Embora se costume localizar o início da colheita totalmente mecanizada em São Paulo no anos de 1972 ou 1973, quando entraram em operação comercial as máquinas colhedoras do tipo *chopper* (RIPOLÍ, 1981 e ZANCA, 1980), as primeiras experiências neste campo ocorreram logo após o final da II Grande Guerra, no início dos anos cinquenta, com a importação de algumas máquinas dos EUA, do tipo

cortadeiras de cana inteira. A razão do insucesso na sua difusão esteve ligada à grande oferta e aos baixos custos da força de trabalho, aos custos dos investimentos envolvidos na mecanização, juntamente com a sua inadequação técnica face às características da cana cultivada em São Paulo e sua baixa eficiência em solos acidentados. Além da baixa capacitação técnica disponível para as operações de campo, ocorreram falhas na reposição de peças e ineficiências na assistência técnica, com reflexos danosos na capacidade industrial de extração da sacarose.

Uma primeira experiência foi realizada pela Usina Monte Alegre, em Piracicaba (SP), importando uma máquina cortadeira da Luisiania (EUA), conforme relato de CARDOSO (1952). Essa máquina, montada sobre um trator de 36 HP na barra de tração, possuía um motor auxiliar de 20 HP para ajudar a propulsionar o equipamento. Foram feitos cortes de cana – planta e de duas socas – incluindo cerca de 29 variedades, com quatro delas (C421, Co 331, CP 34-120 e CP 29-291) apresentando melhores condições para o corte mecânico, por serem resistentes ao transporte por correias e mais uniformes em altura, reduzindo as perdas no corte apical, embora nenhuma delas tivesse obtido melhor corte, do que a variedade CP 29-320, pouco atraente por ser suscetível ao carvão. O melhor desempenho, em termos de quantidade colhida por hora, foi conseguido pelo corte da Co 421, com 220 t/alqueire e rendimento de 45 t/h, quando queimada.

O experimento detectou problemas nas canas de primeiro corte plantadas em sulcos, e que, quando cortadas deixavam tocos. Estes, se não fossem nivelados ao solo, enfraqueceriam a rebrota, prejudicando a exploração econômica do ciclo completo. Outro problema detectado foi a dificuldade em executar o serviço em terrenos acidentados. Apesar do tom otimista do texto de CARDOSO (1952), as dificuldades técnicas seguramente não sobrepujaram as vantagens em cortar manualmente, até porque a usina em pauta não havia começado ainda a mecanizar o carregamento, o que demonstrava a baixa capacitação de seus recursos humanos e inadequação do seu processo produtivo ao novo padrão.

Uma segunda experiência, igualmente malograda, mas com desdobramentos futuros, foi realizada pela Société de Sucreries Brésiliennes, também de Piracicaba (SP), na usina de mesmo nome, que importou um equipamento dos EUA, mais ou menos na mesma época (MOURAS, 1957, Anexo 1). Embora tivesse mostrado aptidão para cortar uma parcela ponderável de cana da usina, várias dificuldades se

verificaram na prática. Entre estas havia o fato de deixar as canas cortadas no solo, fazendo com que fossem carregadas com alta quantidade de raízes, folhas e terra, causando problemas no seu processamento industrial. Por outro lado, a utilização dessa máquina permitiu detectar algumas necessidades locais mais imediatas, como a de ter equipamento capaz de operar em terrenos com forte declividade, de cortar canas deitadas e entrelaçadas nas touceiras, além da necessidade evidente de poder enviar uma cana mais limpa para a usina.

Devido a isso e por iniciativa dessa empresa, construiu-se então a primeira colhedeira auto-motriz do Brasil, patenteada pela Société Sucreries a qual segundo MOURAS (1957), esteve em opera  o na safra 1956/57. Essa máquina, montada num chassi de caminhão e utilizando um motor nacional Diesel Mercedes-Benz de 105 HP, pode ser considerada inovadora em pelo menos dois de seus aspectos: no sistema de levantamento das canas – feito por tubos de a  o e correias, localizado na frente e numa posi  o inclinada, o que permitia reunir os colmos de uma touceira e cortá-los – e no sistema composto de um receptáculo que armazenava a cana cortada, transportada em seguida por um mecanismo elevador para um caminhão postado ao lado e rodando paralelamente    colhedeira.

KALIL (1960) descreveu essa mesma máquina, denominada “Colhedora Piracicaba”, sem atribuir sua concep  o    Sucreries, e referindo-se    empresa Motocana SA como sua construtora³⁵. Esta se diferenciava da anterior pelo motor de 90 CV (90,03 HP), de fabrica  o espanhola e pelo menor peso, de 6 t, contra 6,5 t daquela descrita por MOURAS (1957), tendo as mesmas inova  es nos sistemas de corte e de transporte dos colmos. A colhedora Piracicaba esteve em funcionamento nas áreas da Usina São Francisco do Quilombo, cortando as variedades Co 421, CB 36.14, CB 40.19, Co 421 e CB 40.77, com as três primeiras apresentando os melhores resultados. Esta máquina tinha, supostamente, condi  es de cortar de 120 a 150 t em dez horas de trabalho.

KALIL (1960) fez a primeira compara  o de custos manual x mecânico para o corte e carregamento que se encontra publicada – em revista de mais fácil acesso – em São Paulo. O cálculo, considerando o número de horas de uso, entre 200 e 1.200 horas anuais, permitiu verificar que o uso econ  mico mínimo era de 300 horas

³⁵ Em conversa telef  nica com Elias Bechara Kalil, em 27/02/1998, não foi possível esclarecer a d  vida sobre a origem da Colhedora Piracicaba, embora se possa sugerir que a Motocana tenha participado, como empresa especializada em máquinas e implementos para a cana, de sua constru  o inicial, talvez abandonada pela Sucreries por dificuldades financeiras, e cujo projeto foi depois conduzido pela Motocana.

anuais, o que dava uma área mínima de 77,5 ha ao rendimento da época. Sua vantagem em relação ao custo do corte manual + carregamento, de CR\$ 65,00 (em cruzeiros de 1959) variou de menos 15%, quando utilizada 400 horas, e menos 42%, quando utilizada 1.200 horas.

Aparentemente, esta superioridade em relação aos custos não chegou a superar as deficiências técnicas de desperdício de canas não-cortadas pela máquina e deixadas no campo, e quebras sistemáticas de componentes como engrenagens, caixa de câmbio, coroa de diferencial, etc, que eram peças de caminhão aproveitadas na construção do sistema mecânico. Estas razões, juntamente a ampla disponibilidade de mão-de-obra e as dificuldades na reposição de peças e na assistência técnica para manutenção, assim como o incipiente processo de mecanização em geral no início dos anos cinquenta, acabaram impedindo o desenvolvimento tecnológico nessa área e sua difusão mais ampla. Esta só seria retomada nos anos setenta com a introdução da colhedora tipo *chopper*, fabricada pela Santal SA, de Ribeirão Preto (ZANCA, 1980), e de outra produzida pela Dedini, em associação com a empresa australiana TOFT Bros Co (DEDINI-TOFT, 1979).

4.2- Os fatores indutores do lado da demanda

Os fenômenos mais gerais ligados ao desempenho setorial, como a desregulamentação interna dos mercados de cana, açúcar e de álcool e as transformações ocorridas no mercado externo, além das mudanças na organização do trabalho acabam por refletir-se no sistema de preços, sinalizando, em última instância do ponto de vista microeconômico, a escassez relativa de fatores e a rentabilidade das diversas unidades produtivas. Por isso, uma análise da evolução dos preços de produtos e fatores torna-se necessária para entender seu papel no processo de inovação.

Para o caso em estudo, julgou-se relevante levantar séries de salários dos cortadores de cana, de preços recebidos pelos produtores de cana FOB campo, e de preços recebidos pelos produtores de açúcar e de álcool FOB usina (Tabelas 4.1 e 4.2), analisando suas evoluções em termos reais e nos seus valores relativos, pressupondo neste último caso que a relação salário/preços constitui um indicador de escassez ou abundância do fator trabalho, e que sua tendência histórica sinaliza um processo de substituição economizador do fator mais escasso.

Verificou-se, inicialmente, que todos os preços, deflacionados e atualizados para dezembro de 1977, têm um comportamento de queda real, em média de 50% quando comparados com os preços vigentes em 1976. Dos anos finais da década de 1970 até meados da década de 1980, houve maior sustentação dos preços dos produtos, com quedas inferiores à dos salários reais, refletindo a proteção ao sub-setor concretizadas nas políticas governamentais de preços, no estímulo do mercado externo e na expansão da economia brasileira, que começou a perder fôlego nos anos iniciais de 1980. A queda desses preços acelerou-se a partir de 1986/87, tendo sido em parte determinada pelo comportamento da economia brasileira, e em parte pela perda de dinamismo do mercado externo de açúcar, de 1985 em diante, com uma recuperação a partir da estabilização econômica proporcionada pelo fim da aceleração do processo inflacionário, a partir da reforma monetária de 1994.

Por sua vez, o comportamento evolutivo dos salários acompanhou, de 1986/87 em diante, o mesmo padrão de decréscimo dos demais preços, apesar do movimento sindical ter-se solidificado nesse período, através de conquistas nem sempre contabilizadas nos salários monetários, tais como as melhorias no transporte e o acesso à previdência e à seguridade social, por exemplo. A relação entre os salários e os preços recebidos de cana, medida pela razão de seus índices (Figura 4.1, anexo 2) mostra uma tendência de queda à taxa de -1,02% ao ano (teste t significativo a 30%) para o período como um todo, com exceção de 1989, o único ano da série em que houve um aumento real significativo de salários. Uma estimativa feita sem o dado de 1989 (Figura 4.2, anexo 2), que pode ser considerado atípico à série, mostra uma tendência decrescente para a razão salário/preço de cana à taxa de -1,28% ao ano (teste t significativo a 4%). Isto fortalece o primeiro resultado encontrado, sugerindo que houve uma tendência de queda nos salários, proporcionalmente maior que o decréscimo nos preços recebidos pelos produtores de cana, não sinalizando escassez agregada na disponibilidade de mão-de-obra.

Como a maior participação na produção é da chamada cana própria (produzida em áreas pertencentes às usinas ou arrendadas por elas), procurou-se dimensionar os sinais de substituição do fator trabalho por máquinas colhedoras através das razões salário/preço do açúcar e salário/preço do álcool.

Tabela 4.1. Preços Correntes e Constantes de Salários, Cana, Açúcar e Alcool no Estado de São Paulo, 1976-97

Preços correntes, em unidades monetárias				
Anos	Salário Médio do Colhedor de cana \$/t	Cana FOB campo/ Ton, Jun.	Açúcar FOB usina/ Saca,Jun.	Alcool FOB usina/ Litro, jun.
1976	13,00	108,64	95,70	2,6707
77	17,79	158,09	139,28	3,8865
78	30,46	206,46	177,79	5,1116
79	-	-	-	-
80	62,75	585,19	473,17	14,7593
81	153,00	1.213,08	1.026,34	32,9851
82	256,00	1.960,39	1.625,71	52,81
83	515,60	5.178,12	4.162,28	135,61
84	1.752,00	16.655,39	13.474,54	431,17
85	5.400,00	52.464,50	45.625,79	1.452,23
86	12,00	94,44	82,13	2,62
87	-	-	-	-
88	165,00	1.564,6040	1.405,01	45,7947
89	2,47	10,77	9,125	0,2950
90	67,37	571,00	474,48	15,91
91	318,07	2.728,65	2.159,10	72,7489
92	2.557,76	30.711,63	24.301,28	818,8053
93	42.777,51	449,5543	355,72	11,9856
94	2.270,13	24.875,6139	19.673,23	662,8983
95	1,43	11,57	8,6341	0,3083
96	1,50	15,2948	12,8558	0,3919
97	1,65	16,65	10,5753	0,4266

Preços constantes em R\$ ¹				
Anos	Salário	Cana	Açúcar	Alcool
1976	4,25	35,55	31,32	0,8739
77	3,98	35,40	31,20	0,8704
78	4,97	33,69	29,01	0,8347
79	-	-	-	-
80	3,54	33,00	26,69	0,8324
81	3,97	31,48	26,63	0,8559
82	3,36	25,75	21,35	0,6936
83	2,98	29,92	24,05	0,7835
84	3,10	29,48	23,85	0,7631
85	2,97	28,89	25,13	0,7997
86	2,40	18,88	16,42	0,5237
87	-	-	-	-
88	1,93	18,29	16,42	0,5352
89	3,05	13,32	11,28	0,3647
90	1,49	12,66	10,52	0,3528
91	1,60	13,71	10,85	0,3656
92	1,30	15,66	12,39	0,4176
93	1,27	13,30	10,52	0,3546
94	1,28	14,01	10,91	0,3733
95	1,72	13,92	10,39	0,3710
96	1,62	16,56	13,92	0,4243
97	1,65	16,65	10,58	0,4266

¹ Em valores de dezembro/1997, deflacionados pelo IGP-DI da FGV, agosto/94=100.

Fontes: IEA para salários e UNICA para preços.

Tabela 4.2. Índices Reais de Salários e de Preços da Cana, Açúcar e Álcool no Estado de São Paulo

Ano	Índices				Relações		
	Salário	Cana	Açúcar	Álcool	1/2	1/3	1/4
	(1)	(2)	(3)	(4)			
1976	100	100	100	100	100	100	100
77	94	100	100	102	94	94	92
78	117	95	93	95	123	126	123
79	-	-	-	-	-	-	-
80	83	93	85	95	89	98	87
81	93	89	85	98	104	109	95
82	79	72	68	79	110	116	100
83	70	84	77	90	83	91	78
84	73	83	76	87	88	96	84
85	70	81	80	92	86	88	76
86	56	53	52	60	106	108	93
87	-	-	-	-	-	-	-
88	45	51	52	61	88	87	74
89	72	38	36	42	189	200	171
90	35	36	34	40	97	103	88
91	38	39	35	42	97	109	90
92	31	44	40	48	70	78	65
93	30	37	34	41	81	88	73
94	30	39	35	43	77	86	70
95	40	39	33	43	103	121	93
96	38	47	44	49	81	86	78
97	39	47	34	49	83	115	80

Fonte: Dados da Tabela 4.1

A relação salário/preço do açúcar não apresentou tendência definida para o período completo, tanto na estimativa com o dado de 1989 (Figura 4.3, anexo 2), quanto na estimativa sem a informação (Figura 4.4, anexo 2), ambas sem significação estatística para o teste t. Por outro lado, visualizou-se graficamente um crescimento a partir de 1992, o qual pode estar indicando uma sinalização positiva para a mecanização, devido ao possível encarecimento relativo dos salários.

Por sua vez, a relação salário/preço do álcool mostra (Figura 4.5, anexo 2) para o período 1976-97 uma tendência de queda, ao ritmo de -1,30% ao ano (teste t significativo a 20%) para a estimativa incluindo o aumento de salário ocorrido em

1989, e uma tendência de decréscimo a -1,59% ao ano (teste t significativo a 1%) para a estimativa sem a informação de 1989 (Figura 4.6, anexo 2), ambas apontando para a não-substituição do fator trabalho, embora se possa visualizar graficamente uma certa reversão para cima, nos anos mais recentes da série, e que poderia estar captando uma mudança ainda não detectada estatisticamente.

Os resultados desses três indicadores, em termos históricos, vão no sentido de sinalizar uma não-substituição do fator trabalho, uma vez que houve vários fenômenos econômicos interferindo, ao longo dos anos – como foram os períodos recessivos vigentes, a aceleração do processo inflacionário e as políticas protecionistas – que acabaram por criar um ambiente menos propício à mudança técnica do porte da mecanização do corte, dependente de altos investimentos e de alterações técnicas de várias ordens, e que implicam em um esforço ponderável de capacitação. Apesar da insuficiência de informações, pode-se perceber, mesmo que ainda precariamente, para os anos 1990, a ocorrência de indícios de substituição, induzidos pelo processo de ajuste dos preços dos produtos e dos salários.

Em termos de investimentos totais, RÍPOLI & VILLANOVA (1992) estimaram o volume de recursos para a completa mecanização da colheita no Estado de São Paulo, para uma área de 1,21 milhão de ha (55% da área total com cana no Estado). A estimativa da necessidade de recursos foi calculada em US\$ 1,52 bilhão, envolvendo a compra de 2.581 máquinas colhedoras, para um rendimento diário de 250t por máquina. Em termos de colhedoras a estimativa foi de 520 milhões, ao custo de US\$ 200 mil por unidade, sendo o restante dirigido para os demais investimentos necessários na sistematização dos campos, transporte e recepção da matéria-prima na usina, e outros. Outra estimativa de volume de recursos para a transformação do corte (MUDANÇA, 1997), considerando que 70% da área com cana em São Paulo poderia ser mecanizada (1,0 milhão em 1994), previu uma necessidade de R\$ 2,95 bilhões, distribuídos entre alterações na recepção (5%), no preparo e moagem da cana (1%), na sistematização de terrenos (14%), no desenvolvimento de variedades (2,5%), em gastos de P&D (0,5%), na aquisição de equipamentos de colheita (46%), preparo, plantio e tratos culturais (14%) e na rescisão de contratos de trabalho (17%).

Embora essas estimativas mereçam aprofundamento, atualização e melhores especificações, para se ter maior certeza do volume de investimento exigível, têm o mérito de indicar uma faixa de magnitude, variando de 30% a 66% sobre o volume

de recursos movimentados pelo agronegócio canavieiro em São Paulo, em 1993/94 (US\$ 4,45 bilhões)³⁶, mostrando, assim, o grande esforço de investimentos para a plena concretização do processo de mecanização do corte em São Paulo.

Outro indicador relevante é dado pela estimativa da diferença de custos de colheita mecânica x colheita manual. Um dos primeiros cálculos efetuados, vistos na seção anterior, conforme KALIL (1960), mostrava um diferencial em favor do corte mecânico, variando entre 15% e 42%, de acordo com o maior número de horas utilizadas.

Na década de 1980 destacaram-se dois estudos sobre custos. O primeiro, de FREITAS (1981), elaborou estimativas para a safra 1980, comparando a colheita por corte manual e por cortadeiras mecânicas acopladas a trator. Seus resultados indicaram um custo 23% menor para o corte mecânico e uma economia de 6% nas despesas da operação completa da colheita.

RÍPOLI & MIALHE (1982) compararam o custo da colheita manual com carregamento mecânico versus a colheita por colhedoras auto-motrizes combinadas, para a safra 1981/82, em cinco usinas paulistas. A área colhida manualmente de 38.006 ha e produção de 3.300.791 t, e a área colhida mecanicamente foi de 14.741 ha e produção de 1.143.733 t, com utilização de 50 máquinas. A estimativa de custos destes autores incluiu o cálculo de custos fixos mais custos variáveis para três níveis de vida útil: 100 mil t, 200 mil t e 300 mil t. Como resultado verificaram que até 100 mil toneladas, o custo da colheita manual era menor em 4%, invertendo-se conforme aumentava a tonelagem colhida, com diferença de 19% para 200 mil e de 28% para 300 mil t, em favor da colheita mecanizada. Isso significou, para o rendimento cultural de 77,6 t/ha e nas condições operacionais verificadas, uma área mínima econômica de 2.577,4 ha, e um pouco menos de dois anos como tempo de retorno do investimento.

GANDINI (1990) mostrou em seu estudo que apesar da produtividade do corte manual na Usina Santa Luíza (SP) ter aumentado de 5,5 t/dia, em 1981/82, para 10,4 t/dia, em 1990/91, os custos médios de corte haviam evoluído 40,5% entre 1985 e 1988, o que favoreceu a adoção da técnica de corte mecanizado, cujo custo para a safra 1990 foi de 8,3% inferior ao do corte manual. Este resultado esteve associado a uma série de problemas no gerenciamento do fluxo de corte e

³⁶ Confira em VEIGA FILHO et al (1996:1)

transporte de cana, obrigando a paradas forçadas da colhedora por falta de caminhão no campo. Sua análise de sensibilidade, desenvolvida levando em conta a evolução dos custos médios/t para ambos métodos de corte, indicou reduções proporcionalmente maiores para a colheita mecânica, diretamente relacionadas com o aumento de horas trabalhadas.

BALBO (1992) desenvolveu estudo de custos de colheita manual de cana queimada e de colheita mecânica de cana crua e queimada para as áreas de domínio da Usina São Francisco. Como resultados verificou que a comparação apenas dos sub-sistemas de corte (custos/t) mostrou vantagem diferencial de 3% para o corte mecânico de cana queimada em relação ao manual, e de 18% sobre o corte de cana crua, com este último tendo uma desvantagem de 19% em relação aos custos da cana queimada colhida manualmente. Comparados os sub-sistemas de corte manual + carregamento mecânico com os custos do corte mecânico mais infraestrutura em cana queimada estes ficaram 22% mais baratos que o sub-sistema manual e 33% menores que os custos para a cana crua, sendo este último 15% superior aos custos do corte manual + carregamento mecânico.

Pode-se dizer, para alguns resultados obtidos acima, que as pequenas diferenças a favor do corte mecânico de cana queimada relativamente ao corte manual foram derivadas do baixo custo da mão-de-obra e da menor uso da capacidade operacional das máquinas, que conforme é aumentada, dilui custos fixos e proporciona um diferencial maior aos custos comparados. Além disso, a diversidade de resultados encontrados sugere as enormes dificuldades que existem para a adoção dessas máquinas, conforme se verá adiante. Ademais, as diferenças de custos da cana crua colhida mecanicamente, superiores aos do corte manual de cana queimada – cuja comparação mais correta deveria ser com o corte manual de cana crua – são indicativos de uma tecnologia em desenvolvimento, com as operações em campo servindo para identificação de problemas. Este é o exemplo do estudo de BALBO (1992), no qual os maiores custos da mecanização se deveram aos obstáculos encontrados no transporte, pelo baixa densidade de carga, e na inadequação do sistema de recepção da cana crua.

Embora os vários resultados até aqui relatados não possam ser efetivamente comparados entre si, dadas as diferentes metodologias utilizadas e, principalmente, dadas as diferentes condições de uso das máquinas, pode-se inferir, para o período inicial dos anos 1990, que a introdução da colheita mecanizada se encontrava em

fase de ajustes e desenvolvimento, na qual o importante era viabilizá-la em termos operacionais e econômicos, conforme BONINE JUNIOR (1993) mostrou para uma determinada usina paulista, na qual o número de horas trabalhadas estava bastante abaixo da potencialidade que as colhedoras podiam atingir. Do total de 1.400 horas possíveis de operação no ano safra 1991/92, para cana queimada e crua, houve 690 horas de máquinas paradas, ou seja, praticamente 50% do tempo sem estar em operação por motivo de reparos mecânicos (16,5%), falta de peças (14,5%) e outros itens necessários como manutenção, limpeza preventiva, etc. A apropriação de custos para gastos diretos mostrou vantagem para o corte manual em cana queimada, com custo/t estimado em US\$ 2,08, contra US\$ 2,48 para o corte mecânico. O mesmo resultado foi apontado para o corte manual de cana crua, que custou US\$ 3,92/t, contra US\$ 5,46/t para o corte mecânico.

Para os anos mais recentes, não existem estudos detalhados de custos na colheita mecânica comparados com colheita manual. Entretanto, pode-se deduzir que houve uma sedimentação e generalização da vantagem econômica do corte mecânico, tendo em vista o aumento da capacidade efetiva das máquinas, ampliado para a faixa de 70 t/h, conforme experimento de FURLANI NETO et al (1996)³⁷. Outro indício está na maior preocupação, expressa em vários trabalhos, em determinar diferenças em ganhos na qualidade da matéria-prima e na qualidade de extração, medidas pelo Brix % caldo, Pol % caldo, teor de fibra e outros parâmetros tecnológicos, como também posteriormente.

Em resumo, as relações de preços fator/produtos, os níveis exigidos de investimentos e as comparações de custos, atuando pelo lado da demanda por tecnologia, não emitiram sinais claros e incisivos no sentido da substituição de mão-de-obra por tecnologia poupadora desse recurso, no período estudado. Mas, não se pode deduzir o contrário, de um lado, pela própria realidade indicando que o processo de substituição está em curso, atingindo de forma diferenciada produtores e regiões e, de outro lado, porque alguns de seus resultados, principalmente de custos comparados, mostram-se positivamente indutores à substituição.

Além do mais, é evidente o interesse das empresas produtoras de colhedoras por esse mercado em expansão (MECANIZAÇÃO, 1997), cujas vendas estão previstas aumentar entre 20% e 30% ao ano, até 2.005; contando atualmente com a

³⁷SARTI (1997) levantou a produtividade média de 159 máquinas colhedoras, em 20 unidades industriais, estimando-a entre 69t/ha e 90t/ha.

SANTAL, empresa nacional que opera desde a década dos 1970; com a entrada da CAMECO, da Luisiana (EUA), já comercializando seu produto e pretendendo instalar-se no país; da CLASS, da Alemanha, que entrou no Brasil aproveitando o esquema de comercialização da LION (distribuidora da CATERPILLAR) para lançar duas colhedoras no mercado; e, por fim, pela entrada da AUSTOFT, empresa australiana que firmou uma *joint-venture* (associação comercial) com a ENGEAGRO, e com o nome de BRASTOFT já é a primeira em vendas de colhedoras, comercializando por volta de 70% do mercado paulista³⁸.

Percebe-se, por fim, o grau de complexidade da questão econômica, dependente de outros fatores para viabilizar-se, o que suscita a necessidade de analisá-los agregando um novo enfoque teórico que dê conta – ou amplie as possibilidades – dessa realidade multifacetada e que evolui de uma forma descontínua.

4.3- Os fatores influentes na direção e na difusão do processo

As condições gerais da economia e a análise dos preços, que definem o sentido para a mudança técnica, mesmo sem serem absolutamente incisivas, não deixam de apontar para uma direção geral que, no caso em pauta, tem sido aquela adotada no próprio processo produtivo agrícola da cana-de-açúcar. Em outras palavras, elas não têm impedido que se adote e se difunda a mecanização, como se pode verificar pelo contínuo aumento da produtividade do trabalho na lavoura canavieira³⁹ (conforme Tabela 3.4).

Parece evidente, portanto, que, além dos fatores do lado da demanda, há uma determinação originada em aspectos específicos desse particular processo de inovação, cuja atuação indutora não é desprezível, e que exerce, ao lado e junto às forças da demanda, um papel condicionador do malogro ou sucesso nessa mudança técnica. No que se refere à direção sequencial conferida ao desenvolvimento tecnológico, mesmo levando em conta que as principais empresas fornecedoras de equipamentos são de origem estrangeira, utilizando sua própria tecnologia, e que a empresa nacional do ramo tem nos seus produtos apenas 20% de desenvolvimento

³⁸ Entrevista concedida por Luiz Carlos T. Bicudo, Diretor de Produção da BRASTOFT, em 10/03098.

³⁹ Ressalte-se, porém, que a relativa fragilidade desses sinais pode ter freado o crescimento da produtividade do trabalho, mantendo-o num patamar relativamente mais baixo do que se poderia esperar.

próprio⁴⁰, o esforço em melhoria e adaptação de produtos e processos às condições locais não deixa de conformar um horizonte tecnológico, cujos fatores determinantes são referidos a seguir.

FERNANDES & OLIVEIRA (1977) procurando estabelecer parâmetros para avaliar a qualidade tecnológica da matéria-prima entregue para processamento, dada sua importância no processo de recuperação de sacarose, fizeram vários levantamentos nas fases do corte e do carregamento nos sistemas manual, semi-mecânico e mecânico. Este trabalho foi realizado nas safras 1974/75 e 1976/77, efetuando-se os levantamentos amostrais de impurezas de origem vegetal (folhas, raízes, ervas daninhas, madeira de destoca, etc) e de origem mineral (terra, areia, pedras, etc). Apesar das diferentes condições de colheita entre as duas safras, constatou-se que a colheita manual – corte e carregamento em feixes – obteve uma média de 4,6% de impurezas, o corte semi-mecânico – corte manual e carregamento mecânico – também obteve média baixa e próxima à anterior, mas com alto coeficiente de variação, e a colheita mecânica obteve uma média geral alta, de 16,7% de impurezas detectadas, sendo a participação das impurezas vegetais acima de 90% para as várias marcas de colhedoras utilizadas. Embora esses autores não tenham estudado o que provocou essa variação, atribuíram suas causas a diferenças de localização no campo, à ocorrência de chuvas e às habilidades dos operadores. Tratava-se, aparentemente, de um desequilíbrio técnico no desenvolvimento do sistema de limpeza, que não conseguia resolver o problema da colheita no período chuvoso, durante o qual sempre ocorre um aumento da densidade do material vegetal devido à maior umidade, afetando a eficiência técnica desse sistema complementar.

Quase dez anos mais tarde, FURLANI NETO (1986) desenvolveu testes para aquilatar o desempenho da colhedora ROTOR III da SANTAL, descrevendo os avanços técnicos obtidos pela empresa nesta quarta versão do seu produto, cuja principal inovação consistiu na substituição do sistema de transporte interno dos colmos, efetuado por esteiras transportadoras, pela técnica do arremesso da matéria-prima, feita por um rotor (um tipo de motor com pás) com aletas radiais e um duto condutor, pelo qual se processa a limpeza através de ventiladores. Esta técnica de transporte substituiu com vantagens aquela constituída por correias, cujos

⁴⁰ Entrevista realizada com Diretor-Presidente da SANTAL, Arnaldo Ribeiro A. Pinto, em 30/03/98.

componentes (eixos, engrenagens, rolamentos, etc) exigem uma constante manutenção.

Entre 1980 e 1983 haviam sido lançadas as versões ROTOR, ROTOR I e ROTOR II, com modificações e aprimoramentos técnicos decorrentes dos testes em campo, efetuados em colaboração com universidades, técnicos de usinas, etc. Os problemas detectados, relativos à qualidade da matéria-prima e a desempenhos mecânicos foram os seguintes: um aumento significativo de matéria estranha, mineral e vegetal; o esbagaçamento dos toletes de cana pelo lançamento do rotor, devido a falhas no corte e arremesso; perdas de cana; uma baixa capacidade efetiva, causada por problemas mecânicos; o embuchamento devido ao subdimensionamento do motor para canas acima de 120 t/ha; um elevado centro de gravidade; o corte irregular dos toletes, ocasionado pelas velocidades iguais das facas e do rotor; a dificuldade de acesso às partes vitais para manutenção; e o posicionamento deficiente dos ventiladores.

Para solucionar esses problemas, foram feitas várias alterações, incorporadas no modelo ROTOR III, quais sejam: a abertura da bitola traseira para baixar o centro de gravidade da máquina; a troca do motor por outro mais potente; a mudança no ângulo de subida do colmo para reduzir impurezas; e alterações no ângulo de corte do tolete, no recurvamento das aletas e na velocidade do picador, para reduzir as perdas de cana. Todas essas alterações, processadas ao longo de quatro a cinco anos, visaram recuperar os desequilíbrios técnicos causados pela inovação complementar do sistema de transporte interno e limpeza nas colhedoras – nas quais se chegou, inclusive, a introduzir um novo conjunto de circuitos e sistemas hidráulicos, em substituição aos acionamentos mecânicos, destinada a superar os desequilíbrios técnicos entre sistemas interdependentes⁴¹.

Um estudo feito por FERNANDES & IRVINE (1986) para medir produtividade de cana na colheita mecanizada versus o corte manual, detectou uma série de problemas orientadores do desenvolvimento e do horizonte tecnológicos. Seus ensaios abrangeram uma área de 17,2 ha no corte manual e de 15,6 ha na colheita mecânica, e uma produção de 3.300 t de cana em 1983, 1984 e 1985, determinando-se o Pol % cana, a fibra % cana e a pureza do caldo, utilizados na

⁴¹ ídem.

determinação do açúcar teórico recuperável (ATR) de ambas as colheitas. Os três parâmetros escolhidos foram a produtividade de cana (t/ha), o ATR (kg/t) expressando a diferença entre a sacarose entregue e a sacarose recuperada, e a produtividade do açúcar (t/ha), resultado da multiplicação dos dois primeiros. Os resultados, para a análise conjunta de cinco ensaios, indicaram que a produtividade da cana não se alterou em ambos os métodos de corte, embora a produtividade do açúcar tenha sido estatisticamente superior no corte manual, rendendo 10,44 t/ha contra 10,11 t/ha no corte mecânico, devido à superioridade do ATR no corte manual, dada pelas diferenças a seu favor na médias obtidas naqueles valores de sacarose, fibra e pureza de caldo.

Pode se deduzir o horizonte de desenvolvimento tecnológico das colhedoras dessas conclusões, qual seja, o da colheita mecanizada provocar perdas na qualidade pela elevação do teor de fibras e pelo menor rendimento de açúcar no campo e na fábrica, fatos ligados não somente à sistematização do campo, habilidade do operador e à variedade, mas também à ausência de avanços tecnológicos nos sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos que compõem as colhedoras.

Sob esse aspecto, SELEGATO (1992) identificou como problemas o dimensionamento inadequado dos componentes, a má escolha dos materiais e o mal dimensionamento dos projetos⁴². Seu estudo baseou-se nos relatórios de controle da manutenção de frota de uma usina, nos quais se registraram como principais ocorrências, em uma determinada marca, a necessidade de intervenção no sistema picador (18,5%), no sistema elétrico (14,9%) e no sistema de corte de base (20,3%). No corte de base, o principal problema detectado foi nas facas, que exigiu trocas e reparos, em 88,4% das vezes. No sistema picador, houve ocorrência de troca e reparo no facão, em 90% delas; e no sistema elétrico, houve falhas prematuras em alternadores, reguladores de voltagem e de relês. Em outra marca de colhedora utilizada houve vários problemas técnicos na parte elétrica, no sistema de picador e no corte de base, com altas frequências de trocas de lâmpadas, de trocas de facão e de facas, além de falhas nos motores hidráulicos.

Nesta mesma linha de verificação de problemas técnicos e de estabelecimento de horizonte tecnológico foi desenvolvido o trabalho de MORAES

⁴² Ressalte-se que a análise deste autor incluía a constatação de uma série de inovações técnicas melhoradoras das performances das máquinas, e de um bom nível de atendimento na assistência técnica.

(1992), centrado principalmente na avaliação da performance do sistema de limpeza (extratores e ventiladores), através da detecção e estudo das chamadas perdas invisíveis, comparando o desempenho de duas marcas de colhedoras. Estas perdas têm sido escassamente estudadas, devido a dificuldades na coleta dos dados, por decorrerem da ação de mecanismos internos das máquinas durante o processo de corte, picagem e limpeza dos colmos. A melhoria desejada gira em torno do atingimento de um ponto ótimo de equilíbrio entre o grau de perdas e o consumo de potência. Muitas vezes, a tentativa de diminuí-las através do aumento de velocidade do ar pode, inclusive, levar a resultados contrários, junto com um aumento do consumo de potência do motor, dado que o sistema de extratores costuma utilizar 25% dessa potência.

O mesmo trabalho apresenta uma ampla revisão bibliográfica sobre perdas em colhedoras, mostrando a significância delas na qualidade final da matéria-prima e também a dificuldade de coletar as perdas invisíveis. Relata como num estudo anterior, realizado na Flórida (EUA), toda a cana encontrada no interior da máquina foi somada à cana entregue por ela e cujo peso resultou em um déficit de 3,2%, atribuídos a perdas invisíveis decorrentes da desintegração dos toletes e do caldo perdido em consequência.

Uma conclusão importante de vários desses trabalhos revisados pelo autor refere-se à necessidade de se estudar o comportamento aerodinâmico dos toletes, folhas e pontas em relação à velocidade do ar, para se poder chegar a resultados mais conclusivos. As conclusões do próprio MORAES (1992) indicam que o sistema de limpeza pelo uso de extratores, ao invés de ventiladores, apresentou maiores perdas invisíveis, e que a redução da velocidade de saída do ar diminuiu as perdas em ambos os sistemas, sugerindo, em consequência, testes com vários tipos de extratores (aspiradores) e de ventiladores, cujos maiores diâmetros poderiam aumentar a vazão do ar e reduzir sua velocidade, contribuindo assim para aumentar a eficiência da limpeza, e mostrando mais uma vez que o desempenho dos equipamentos estabelece os campos sequenciais de problemas técnicos a serem desenvolvidos no futuro, com vistas à obtenção de melhores resultados econômicos.

Um outro fator indutor à mudança tecnológica pode ser detectado nas dificuldades de controle sobre a mão-de-obra, fruto de incertezas sobre sua disponibilidade causada por absenteísmo ou greve, ou ainda, em decorrência de mudanças na organização do trabalho. A ocorrência destes dois processos têm sido

verificados no período posterior a 1980, a partir da maior mobilização dos trabalhadores e da necessidade de reorganização dos processos de trabalho.

A pressão exercida pelo maior poder de barganha dos trabalhadores, conseguido pelo fortalecimento dos sindicatos e através das vitórias conquistadas nos dissídios coletivos, ao mesmo tempo em que podem ter encarecido os custos indiretos da mão-de-obra, teriam promovido uma perda do controle político da massa de trabalhadores pelo patronato, a qual, no caso de São Paulo, tem como ponto de inflexão a chamada greve de Guariba (SP), na região de Ribeirão Preto, em 1984. Segundo ALVES (1991:106-111), o movimento que resultou dessa greve consolidou definitivamente um papel ativo aos trabalhadores agrícolas da cana, que passaram a atuar como um coletivo comprometido com a sobrevivência futura. A reação a esse tipo de perda de controle, como forma de repressão e de quebra da resistência aos movimentos organizados, pode ter contribuído para a intensificação da mecanização do corte.

Este fenômeno pode ser identificado nas transformações das relações de trabalho da agricultura em direção ao assalariamento pleno, e na necessidade de aumentar o controle sobre o processo de trabalho, como forma de conseguir-se incrementos na produtividade da mão-de-obra. Neste sentido, foram registradas por FISHER (1993) profundas modificações nos sistemas de gestão dos processos de trabalho nas usinas paulistas, envolvendo interferências diretas na contratação, seleção e administração dos trabalhadores agrícolas canavieiros, com vistas a promover as mudanças organizacionais e tecnológicas necessárias.

Finalmente, no que se refere aos fatores indutores pelo lado da eliminação ou ausência de fontes de oferta, ou imposição de constrangimentos no sentido de levar à realização de novas experiências, elegemos como relevante os métodos de colher cana crua, que têm assumido proporções crescentes e começaram a se generalizar no Estado de São Paulo, seja por imposições econômicas ou por necessidade de evitar a degradação ambiental causada pela queima antes do corte. Embora os estudos sobre queimadas e seus efeitos no meio ambiente e na saúde humana provoquem acirradas polêmicas⁴³, fica cada vez mais difícil não atentar para o agravamento da poluição atmosférica pela emissão de gases poluentes e sua

⁴³ Ver, por exemplo, WONG (1997) e COSTA (1997b) que contestam os argumentos ditos ambientalistas.

concentração nociva na camada denominada de troposfera (localizada a 15 km de altura), ou na possibilidade de contribuir para as doenças respiratórias (ALVES, et al, 1997:9-24). Ao lado disso surgem as razões econômicas, como aquelas apontadas por RÍPOLI (1991:75) ao se referir ao desperdício energético do não-aproveitamento do material remanescente na colheita, representado pelos ponteiros, folhas verdes e palhas e que correspondem a 34,9% da energia produzida em um hectare de cana e que, de acordo com seus resultados, teriam equivalentes energéticos em torno de 30 barris de petróleo por hectare, ou um poder calórico correspondente a 1,08 t de bagaço.

Um estudo recente (RÍPOLI et al, 1995) mostrou que o desempenho do corte manual em cana crua, relativamente à queimada, cai entre 3,6 e 1,8 vezes, dependendo da variedade cortada, e que o ganho diário do cortador se reduz entre 32% e 40%. Portanto, para equiparar-se ao ganho normal com o corte de cana queimada a diária necessitaria aumentar entre 60% e 68%, provocando aumentos de custos bastante expressivos. Ou seja, o corte de cana crua acaba induzindo para a mecanização.

Assim, a pressão ambientalista e a pressão econômica tendem a forçar a direção do desenvolvimento tecnológico das colhedoras, adaptando-as à colheita da cana crua, apesar do fato de sua adoção reduzir, atualmente, seus rendimentos em aproximadamente 20%, quando comparada aos rendimentos obtidos na cana queimada, além de aumentar as perdas de cana entre 5% a 12%, e de reduzir a jornada de trabalho da máquina pela maior dificuldade de se colher à noite (MAGRO, 1997).

Devido à existência desses problemas busca-se o desenvolvimento de uma colhedora de cana que contemple a alternativa de eliminação dos processos de picagem e de ventilação, os quais demandam alta potência. BRAUNBECK & MAGALHÃES (1997) propõem um modelo de substituição desses processos, reduzindo a exigência de potência máxima de 300 CV para 100 CV, o que provocaria uma diminuição de custos para uma faixa de R\$ 100 mil, que ajudaria a ampliar o uso das máquinas colhedoras. Os mecanismos em estudo para limpeza de cana inteira incluem: rolos raspadores, facas oscilantes e rolos puxadores, todos utilizados comparativamente para identificar desempenho, facilidades de manutenção e de fabricação, perdas e qualidade da cana. Até o momento, o mecanismo de rolos raspadores tem mostrado bons resultados, enquanto que os

dois restantes encontram-se em fase de aprimoramento e otimização, ainda como projetos piloto e de experimentação.

Este último desenvolvimento tecnológico constitui um bom exemplo da nova direção estabelecida por constrangimentos que foram surgindo, além de também apontar para a sequência a ser seguida na obtenção de aprimoramentos técnicos, antes de introduzi-los no setor produtivo.

Pelo lado dos fatores que influenciam o ritmo da adoção, ou difusão da técnica, formando e conformando esse processo por razões econômicas mas independentes delas, selecionaram-se aqueles ligados à superação de uma técnica por outra, e/ou que facilitam (dificultam) a rapidez dessa substituição.

Ao nível das empresas produtoras de máquinas, nos aspectos que dizem respeito ao seu ambiente de *learning-by-doing*, mercado, economia de escala e complementaridades técnicas, levantaram-se algumas evidências indicativas das possibilidades que podem proporcionar. Anteriormente foram colocadas as previsões de expansão da demanda por colhedoras que influenciaram as alterações na organização desse parque produtivo, provocando a entrada de novas empresas, algumas das quais, aproveitando-se de esquemas prévios de comercialização, importando esses equipamentos e colocando-os no mercado, e outras, por meio de *joint-venture*, instalando capacidade produtiva no País, ao lado das já existentes.

Neste caso importa analisar as estratégias utilizadas pelas empresas na conquista do mercado em expansão e que facilitam a introdução e difusão da colhedora. Isso será feito com apoio em informações levantadas junto a uma empresa nacional (SANTAL) e junto a uma empresa estrangeira recém-instalada no Brasil (BRASTOFT).

A primeira é uma empresa tradicional em São Paulo, e que também produz outros equipamentos e implementos – tais como carregadoras auto-motrizes de cana. Seus investimentos em P&D representam uma percentagem relativamente alta do faturamento, na faixa de 3,5% a 4% nos últimos anos, com a alocação de 68% dos mesmos em melhoria e adaptação de produtos e processos, e de 32% em desenvolvimento tecnológico. Esta última parcela subdivide-se em desenvolvimento próprio (20%), desenvolvimento conjunto (50%) e compra de tecnologia externa (30%). Essa empresa tem procurado aumentar sua competitividade através do lançamentos de novos produtos – como as inovações do sistema ROTOR e suas melhorias – e proporcionando suporte pós venda através de uma assistência técnica

permanente. Sua principal limitação reside no fato de atuar por encomenda, apenas participando passivamente do mercado de colhedoras de cana, cuja montagem constitui uma das suas linhas de produção.

Já a BRASTOFT iniciou suas instalações fabris com uma estratégia de vendas mais agressiva, importando e vendendo 35 unidades em 1996, 27 unidades em 1997, montando 50 unidades na fábrica brasileira, com a meta de produção de 93 colhedoras em 1998, sem qualquer importação, já tendo comercializado até março deste ano, 70 unidades. Trata-se de uma empresa montadora, cujas máquinas são construídas com 60% de materiais nacionais e 40% importados. Toda sua tecnologia é de origem australiana, desenvolvida pela AUSTOFT, e quaisquer alterações ou problemas surgidos na operação de suas máquinas em campo devem, por contrato, ser encaminhados para solução ao departamento de engenharia da empresa na Austrália.

Diversamente da empresa nacional, a BRASTOFT não trabalha no sistema de encomendas, mas possui um plano de produção seriada anual, e sua estratégia competitiva é a da universalização da marca australiana, de tecnologia conhecida e consagrada mundialmente, atualmente incorporando a eletrônica em sensores que substituem ou complementam mecanismos internos. O mercado potencial é o interno brasileiro e o externo (restante da América Latina), pretendendo atingir usinas e fornecedores pela venda e assistência técnica direta que compreende a entrega técnica do produto (com treinamento em campo), cursos de manutenção emergencial e de nível mais elevado e cursos de operação da máquina, além da venda de peças para reposição que representa um sexto do seu faturamento. O tamanho desta empresa e a introdução por ela de uma estratégia competitiva pró-ativa no mercado nacional de colhedoras trouxe novos elementos ao padrão concorrencial em vigor, devendo seguramente possibilitar uma difusão mais rápida dessas máquinas.

A assistência técnica prestada pelas empresas fabricantes, montadoras ou importadoras constitui outro elemento decisivo da difusão – seja prestando serviços na área de treinamento para operação e manutenção, facilitando o *learning-by-using*, seja providenciando uma rápida reposição de peças, sem necessidade de formação de altos estoques pelos compradores-usuários. Por outro lado, os avanços tecnológicos gerais incorporados por essas máquinas têm se beneficiado de várias complementaridades sistêmicas relativas às rotas tecnológicas da mecânica, dos

acionamentos hidráulicos e da eletrônica embarcada, que permitiram quadruplicar o rendimento atual em comparação àquele verificado na década de 1970 – embora sem permitir uma redução de seus preços reais, que evoluíram de US\$ 100 mil para US\$ 300 mil por unidade. De qualquer forma, surgiram novas possibilidades exploradas pela indústria de bens de capital, e que desempenham papel relevante na difusão desses equipamentos.

Um importante aspecto na difusão de colhedoras vincula-se às limitações geográficas e de dotação de recursos naturais, representadas pelas condições edafo-climáticas, compreendidas nas capacidades de uso do solo e nas limitações de declividade dos solos paulistas. Existem no Estado 7,6 milhões de hectares aptos à cultura da cana-de-açúcar, subdivididos em quatro categorias: A1, com 4,4 milhões de ha, que apresenta condições ótimas do ponto de vista climático e edáfico; A2, com 2,1 milhões de ha, que apresenta condições ótimas de clima e algumas restrições de fertilidade; B1, com 619 mil ha e condições restritivas em termos de clima, deficiência hídrica sazonal e ótimas condições edáficas; e C1, com 316 mil ha com restrição moderada de clima e ótimas condições de solo (SÃO PAULO, 1987). Como a cana ocupa atualmente cerca de 2,8 milhões de ha, há uma utilização de apenas 37% da capacidade de uso potencial, inexistindo restrições a médio e longo prazo para a expansão da cultura. Entretanto, nem toda a área cultivada com cana é suscetível à mecanização da colheita. No Estado como um todo, costuma-se atribuir uma potencialidade que varia de 50% a 70%, deduzidos de forma empírica e por critérios genéricos.

Apenas um estudo sistemático recente (SPAROVEK, 1977) foi feito, elaborado para a região de Piracicaba (SP), utilizando uma matriz de critérios onde se leva em conta aspectos sociais, econômicos, ambientais (capacidade de investimento, mão-de-obra, custo, legislação, etc), físicos (declividade, distância de rede de drenagem, solo e clima) e operacionais (sistema conservacionista, variedade, tecnologia, tamanho, etc). Dos 174 mil ha considerados, somente 31%, ou 54,7 mil ha, estavam aptos à colheita mecanizada, significando uma restrição bastante severa para essa região canavieira. Assim, da área ocupada com cana na região de Piracicaba, no total de 86.799 ha, 45.200 ha se localizariam em solos inaptos para a mecanização da colheita. Dado que a área disponível e apta, ou seja, onde ela não é cultivada atualmente, somavam 13.142 ha, percebe-se que seriam insuficientes para compensar os 45.200 ha ocupados nas áreas inaptas.

Para que houvesse aumento da mecanização, a produção de cana deveria sofrer deslocamento para outras regiões. Este fenômeno já está acontecendo, de acordo com GRUPO (1998), que descreve a liberação de 15 mil hectares em quatro usinas de um mesmo grupo econômico, localizadas na região de Piracicaba, o qual adquiriu o controle acionário de outra usina, instalada em Jau (SP), com solos de alta fertilidade natural e baixa declividade, plenamente adequados à mecanização da colheita.

Seria conveniente investigar com o mesmo rigor a ocorrência dessa restrição para as demais regiões. Algumas delas, como a de Ribeirão Preto, seriam provavelmente menos atingida por fatores como tipo de solo, o grau de declividade, a capacidade de investimentos e nível de tecnificação. Mas, mesmo elas não estariam isentas desses parâmetros de potencialidade de difusão da mecanização.

Outros aspectos remetem à problemática das questões ligadas ao contexto institucional, que podem retardar ou acelerar o processo de difusão. Entre elas destaca-se a proibição de queimadas de cana, criada pelo Decreto Estadual nº 42.056, de 06/08/97, que proibiu a despalha de cana por queima, e instituiu a obrigatoriedade de extinguí-la no prazo de oito anos nas áreas mecanizáveis e de 15 anos nas áreas não-mecanizáveis, e cujos impactos se estendem para uma repercussão no emprego e um forte movimento espacial futuros. O decreto foi uma consequência direta da conscientização da sociedade com relação aos problemas de poluição ambiental, movimento que ganhou força legal pela atuação sistemática do Ministério Público, fortalecido na reforma constitucional de 1989, que inicialmente valeu-se do Decreto Estadual nº 28.895, de 20/09/88 e da Lei nº 8.943, de 29/09/94, para coibi-las judicialmente.

Também a concentração fundiária da produção, vinculada historicamente ao poder político e econômico-patrimonial dos grandes proprietários de terra (GONÇALVES, 1997:196-214) deverá ser um fator importante no processo de difusão. Diferentemente da Austrália, por exemplo, onde a velocidade de adoção das colhedoras esteve associada a uma prévia mudança organizacional que possibilitou a associação de pequenos fornecedores, neste Estado já se verificou o aumento da concentração de capital e da produção nas grandes propriedades canavieiras, em detrimento da produção dos fornecedores, atualmente estabilizada na faixa dos 30%. A escala de produção de cana em áreas contíguas, pertencentes às usinas, tende a facilitar a difusão de colhedoras, já que as mesmas são compatíveis com as

exigências de tamanho mínimo para se remunerar o investimento feito na sua aquisição.

As mudanças nos processos de trabalho constituem também fatores de estímulo à difusão, impondo um ritmo independente a esse processo de inovação pelo tempo que exige para as mudanças se efetivarem a nível das empresas. Essas transformações começaram a ganhar corpo como forma de atender às necessidades de maior produtividade e de melhor qualidade, devendo assumir um papel ainda mais relevante com desregulamentação do mercado sucroalcooleiro nacional. Elas passam por um intenso processo de seleção e de treinamento da mão-de-obra, nos quais a qualificação prévia, a idade, a saúde e a capacidade de adaptação aos novos processos de trabalho adquirem importância fundamental na escolha como na contratação dos trabalhadores (SCOPINHO, 1995).

Outra mudança organizacional que já colabora (e irá colaborar ainda mais) no processo de difusão é a relativa à compreensão de que a otimização da colheita depende de transformações no planejamento da lavoura como um todo e nas suas interfaces com o transporte e recepção da matéria-prima na unidade processadora, além da necessidade de adotar-se uma nova logística operacional. Sob este último aspecto, GENTIL (1977:44-46), por exemplo, assinalou, há muito tempo atrás, que um fator de otimização estaria na constituição de uma frota composta por veículos de manutenção em campo para trocas de óleos lubrificantes, graxas e fluidos hidráulicos, abastecimento de combustível, contendo ferramentas e peças de reposição à disposição, junto com o carro oficina, para atender a colhedora nos serviços necessários, e composta também por um carro pipa para lavagem da colhedora, antes de efetuar os serviços de lubrificação e troca de peças. Seu argumento foi que o rendimento operacional dessas máquinas dependeria, além da habilidade do operador, de uma eficiente estrutura de apoio, dimensionada para cada frente de trabalho.

A intensificação do uso de máquinas no campo, por sua vez, tem relação direta com o aumento da compactação dos solos, prejudicial ao desenvolvimento da cana no plantio e nas rebrotas. Esta consequência é bastante aumentada com o uso de colhedoras e de caminhões de carga, devendo o conjunto ser redimensionado para reduzir o "passeio" dos veículos pesados, os quais podem ser substituídos por tratores e carretas de alta flutuação, utilizados como veículos de transbordo. Isto significa a possibilidade de usar, no transporte intermediário, até a unidade

industrial, caminhões ou cavalos mecânicos com maior capacidade de carga. Essas alterações no desenho da frota de transporte intermediário e na logística operacional do fluxo de matéria-prima dependem de investimentos, comparação de custos e de taxas de retorno. As decisões resultantes, por seu turno, estarão condicionadas por uma capacitação acumulada prévia, que acaba sendo decisiva na determinação dos rendimentos físicos e dos custos, e que requer de tempo para materializar-se.

A otimização dessas mudanças organizacionais depende do desenvolvimento de técnicas complementares, de alterações e ajustes ou de pequenos inventos que funcionam afetando diretamente os desempenhos operacionais e custos, colaborando para a difusão do processo de inovação. Este é o caso do arranjo dos componentes físicos (colhedora, caminhões e tratores, veículos de manutenção, etc) envolvidos na operação da colheita mecanizada e sua operacionalidade do ponto de vista econômico, que demandam o desenvolvimento de métodos e, principalmente, de levantamentos das condições locais e do estabelecimento de critérios para quantificar o número de veículos que racionalizem as operações mecanizadas (RÍPOLI & BALASTREIRE, 1976), e que atualmente implicam no domínio da informática aplicada (desenvolvimento de *softwares*), ainda incipiente na área agrícola.

No que se refere às adaptações e alterações na sistematização dos talhões, FURLANI NETO (1994), estudou-as detalhadamente, apontando para a) alterações no comprimento dos talhões, que, no sistema manual têm comprimento de 200 a 300 m, e que precisam ser expandidos para 400 m ou mais para aumentar o rendimento das colhedoras, ocasionado pela redução das manobras de cabeceira e estabilização da velocidade média; b) alterações na forma de se fazer as linhas dos sulcos, que devem seguir paralelas às curvas de nível, evitando-se a presença dos "bicos", sulcos que vão diminuindo de tamanho e que implicam em aumento de manobras da colhedora e do veículo de carga sobre o talhão; c) sistematização dos terrenos, consistindo em nivelar o terreno antes do plantio para evitar-se as micro-ondulações que impedem uma melhor evolução da velocidade média da colhedora e prejudicam o corte basal correto dos colmos; e d) alteração e diminuição do desnível entre o carreador e o talhão, para evitar que as linhas de cana próximas ao carreador tenham de ser cortadas manualmente.

No caso das alterações na recepção da cana, isso passa a ocorrer pela mudança no tipo de corte da cana, que por ser picada em toletes, ao invés de

cortada inteira, deve ser descarregada diretamente na mesa de recepção, sem passar por lavagem. Isto implica no mínimo uma mudança de localização física afim de permitir o descarregamento por gravidade (RÍPOLI & PARANHOS, 1987:570-573).

Nesta linha de técnicas complementares figura também a proposição de uma nova sistemática de plantio de cana (FURLANI NETO, 1995) para melhorar o desempenho das colhedoras, chamado de sistema de sulcos alternados duplos. Nesse sistema altera-se o espaçamento tradicional de 1,40 m para 1,40 m x 0,80 m, originando duas linhas plantadas à distância de 0,80 m, seguidas de outras duas linhas plantadas à 0,80 m, distantes entre si por 1,40 m, permitindo o corte simultâneo de duas linhas e reduzindo o tráfego no talhão em 36%. O menor pisoteio pode contribuir para aumentar a longevidade e produtividade dos canaviais, bem como para reduzir custos de operação.

As melhorias incrementais após a introdução que colaboram para refrear ou impulsionar a difusão da mecanização podem ser deduzidas do confronto de resultados obtidos na colheita mecânica de cana crua face à colheita mecânica de cana queimada, conforme estudo realizado por FURLANI NETO et al (1996) os quais detectaram, ao mesmo tempo, uma diferença na capacidade efetiva do corte em cana queimada, relativamente ao corte de cana crua, e uma qualidade tecnológica do brix caldo, da pol caldo e da fibra significativamente superiores para a cana crua. Esses resultados refletem as alterações técnicas no sistema de limpeza das colhedoras e os avanços tecnológicos incorporados nas colhedoras atuais, enquanto que as diferenças de capacidade estão relacionadas fortemente às características varietais (maior ou menor quantidade de folhas).

Conclui-se, pelas evidências levantadas, que os fatores do lado da demanda têm realmente significado efetivo na definição da direção geral do processo de inovação. A uma relativa fragilidade de seus sinais, refletidos nos preços relativos dos fatores, nos custos e investimentos exigidos, têm correspondido uma baixa taxa de mecanização do corte no Estado de São Paulo, empiricamente observável. Mas, além deles, há uma gama ponderável de fatores do lado da oferta que surgem por razões econômicas, e que acabam adquirindo uma dinâmica própria, determinadora da sequência em que se processam as mudanças tecnológicas e da velocidade de difusão do progresso técnico, ambas conferindo uma dimensão real e factível à variável tempo.

A análise do processo de inovação proporcionada pelos fatores do lado da oferta de tecnologia ajudam a compreender melhor esse fenômeno econômico da mecanização, embora no estágio em que ora se encontra dificilmente chega a ser modelizável e, portanto, dotada de características de previsibilidade. Por enquanto, apenas permite identificar as principais trajetórias tecnológicas seguidas, as soluções encontradas, o horizonte de problemas que ainda irá exigir esforços de pesquisa e desenvolvimento, suscitando, ao mesmo tempo, a necessidade de conhecer melhor e de equacionar os fatores que podem retardar ou acelerar o processo de difusão. Tais fatores se inserem nas estratégias competitivas das empresas da indústria de bens de capital, no contexto institucional, nas restrições de declividade, na capacitação dos recursos humanos e nas melhorias complementares, entre outras.

Os argumentos teóricos desenvolvidos por Nathan Rosenberg para compreender o fenômeno das inovações incrementais – como é o caso da mecanização em geral – parecem bastante adequados para explicar a complexidade do processo de inovação do corte mecanizado, pois permitem incluir e examinar fatos que de outra forma poderiam estar sendo considerados nas condições *ceteris paribus*, ou seja, vistos como importantes mas misturados aos demais em um contexto global onde as características próprias não são ressaltadas.

CAPÍTULO V. Considerações Finais

A complexidade do fenômeno da inovação decorre do fato de envolver, numa firma ou num setor da economia, o ambiente físico, econômico, social, ambiental e institucional. As interações desses contextos influenciadores da inovação tecnológica e da mudança técnica indicam que seus fenômenos fazem parte de um processo caracterizado pela incerteza de seus resultados. Essa incerteza da obtenção de resultados economicamente viáveis e de ampla difusão é, além do mais, não-probabilística, no sentido de que não se pode esperar ou prever que eles ocorram de uma determinada maneira, pois o macro-ambiente em que isso se dá é dinâmico, estando em mutação permanente.

A análise que leva em conta apenas os aspectos econômicos refletidos nos preços relativos, determinadores da escassez ou abundância dos fatores, ou baseados na taxa de retorno do investimento em inovação, poderá estar, no primeiro caso, constatando um resultado já ocorrido e, no segundo, partindo de premissas para a rentabilidade futura que dependem exatamente de admitir uma razão de preços previamente definida. Se tudo se reflete em preços – como sempre acontece na questão econômica – a prática normativa de uma política de desenvolvimento será sempre a de atuar para criar as condições nas quais a demanda por tecnologia seja incentivada.

Mas, a admissão dessa prática significa pressupor uma disponibilidade imediata de técnicas conhecidas, passíveis de serem adotadas e rapidamente adaptáveis. Se, por outro lado, essa disponibilidade não se verificar, e o desenvolvimento tecnológico depender, entre outras, da existência de complementaridades ainda não-concretizadas, ou de uma capacitação técnica e organizacional prévias, percebe-se que o processo de inovação terá um ritmo e uma dimensão temporal independentes das forças da demanda por tecnologia, que se tornam analiticamente importantes.

A questão que deu origem a esta dissertação foi a de compreender e explicar o porquê uma atividade agrícola tecnicamente avançada, como a da lavoura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, integrada à indústria fornecedora e à indústria processadora, ainda não havia atingido um grau completo de transformação em seu processo produtivo agrícola, principalmente na colheita – fase

altamente empregadora de mão-de-obra e cuja substituição por máquinas permite aumentar a produtividade do trabalho e reduzir custos de produção – quando, em termos genéricos, a disponibilidade de tecnologia já existia em outros países, podendo ser importada ou adaptada localmente. Seriam os baixos salários, historicamente recorrentes, uma razão plausível e unidimensional, geradores de custos sempre inferiores aos da colheita totalmente mecanizada? Ou, seria a expectativa de rentabilidade associada ao mercado o fator impeditivo da difusão de uma inovação de alto custo de aquisição?

Para compreender esse fenômeno na lavoura canavieira paulista, buscou-se um escopo teórico que permitisse enquadrar – a partir de uma conceituação do processo inovativo que levasse em consideração a parte do desenvolvimento da tecnologia, na esfera do conhecimento, e a parte de sua difusão, na esfera da produção – os fatores vinculados ao lado da oferta da tecnologia que têm importância econômica, juntamente com os fatores econômicos do lado da demanda, na expectativa de que uma análise mais ampla pudesse explicar melhor as transformações ocorridas e a ocorrer.

Para tanto, procurou-se analisar o contexto macroeconômico com o objetivo de identificar os principais elementos gerais subjacentes ao processo inovativo do sub-setor, visualizados nas novas conformações dos mercados nacional e internacional, ora submetidos a intensos processos de desregulamentação econômica, os quais, em última instância, deverão provocar alterações no padrão de concorrência e na competitividade das empresas. No caso brasileiro e paulista o volume da produção e das exportações deverá influir na definição dos preços internacionais e em sua evolução futura, assim como as transformações nas economias açucareiras dos países concorrentes irão contribuir para compor novos cenários competitivos.

A melhoria da competitividade do açúcar (e do álcool anidro) no mercado internacional dependerá também do equacionamento de várias questões internas, entre elas, a do estabelecimento de um sistema de preços para a cana – formando um mercado para a matéria-prima, que praticamente nunca existiu – que contemple aspectos de qualidade, oferta, demanda e preços; a da reorganização das empresas em busca de ganhos de escala, tanto para reduzir os custos unitários desses produtos, como para ofertar a preços competitivos subprodutos e co-produtos que possam servir de matéria-prima a outras indústrias (química, farmacêutica, etc); e,

finalmente, a reestruturação do Proálcool, que necessita ser redimensionado com vistas a reduzir sua subvenção e no tocante à questão ambiental.

Esses fatores, entre outros, conformam um macro-conjunto de problemas e oportunidades representativo do cenário que as empresas sucroalcooleiras e os produtores de cana-de-açúcar irão enfrentar a médio prazo. As transformações no mercado externo e interno e as questões subjacentes de aumento de concorrência e busca de maior competitividade acabarão por refletir-se no equacionamento dos custos e na necessidade de aumentar a produtividade do trabalho, ambos dependentes da geração de novas tecnologias e da difusão das técnicas resultantes nos processos produtivos agrícola e industrial.

Procurou-se, ao mesmo tempo, situar analiticamente o padrão geral de desenvolvimento técnico da lavoura canavieira paulista e a sua evolução no período 1950-90. Grosso modo identificaram-se três momentos nestas transformações: um primeiro caracterizado pelo fomento e adaptação de técnicas; o segundo momento, de difusão mais ampla das técnicas agrônômicas e da mecanização, ainda convivendo com métodos manuais e equipamentos de tração animal; e um terceiro, de aprofundamento e diversificação do uso de equipamentos, com a utilização de tratores de potências diferentes, e maiores, para cada fase produtiva, conjugando operações antes separadas, acirrando o padrão produtivista, com reflexos no aumento da produtividade da força de trabalho. Em outras palavras, pôde-se constatar a ocorrência de um constante revolucionamento na direção da mudança técnica, ao mesmo tempo em que a agroindústria sucroalcooleira de São Paulo expandiu e consolidou sua liderança no abastecimento do mercado interno.

Contudo, o patamar de tecnificação não foi alcançado com a mesma velocidade e abrangência na etapa da colheita, que evoluiu no sentido da mecanização total nos sub-sistemas de carregamento e transporte, enquanto que no sub-sistema do corte continua a manter-se em nível baixo, de 17% no Estado, quando comparado aos níveis alcançados em Cuba, Austrália, Havaí e Lousiana.

A experiência internacional tem mostrado que não existe um padrão precisamente bem delimitado, sempre dependendo da conjugação dos fatores do lado da demanda e da oferta. O estímulo representado pela II Guerra Mundial – um evento influente mas aleatório nesse contexto – repercutiu diferentemente em cada país ou região, dadas as suas condições específicas, obrigando a desenvolver a tecnologia em alguns, a romper limites institucionais para desenvolvê-la e difundí-la

em outros, e pouco mudando na ausência de condições objetivas prévias em termos de capacitação, de investimentos em P&D, etc. Mas, em nenhum caso se pode afirmar que o processo inovativo tenha sido caótico. Foi apenas Incerto, só preservando características comuns identificáveis após o amadurecimento do processo inovativo nos campos de uma competência agrônômica e mecânica prévias; da flexibilidade organizacional para superar obstáculos; da capacidade de planejamento operacional; de um ambiente locacional com características reagentes, não-neutro, com capacidade de provocar situações agregativas positivas; de um ambiente institucional não-restritivo; e, *last but not least*, da exploração das potencialidades de mercado.

A análise da progressiva mecanização do corte em São Paulo sugere similaridades com os casos internacionais dentro dessas grandes linhas. Muito embora os sinais emitidos pelo lado da demanda, ao nível microeconômico, no passado recente, não tenham sido extremamente estimuladores, eles não eliminaram o sentido mais geral indicativo da mudança técnica. Por sua vez, e os fatores do lado da oferta demonstraram ter uma dinâmica independente, conferindo uma dimensão real e factível à variável tempo.

Apesar de se ter verificado uma grande evolução tecnológica nas colhedoras – que nas décadas de cinquenta e sessenta eram compostas de inúmeros acionamentos mecânicos e acopladas aos tratores como equipamento auxiliar, só posteriormente evoluindo para uma concepção de projeto com características de auto-motriz combinada, ganhando dimensão e potência para efetuar o corte, a picagem e a limpeza, através da incorporação de novas técnicas e com isso aumentando a sua capacidade operacional potencial – seu desenvolvimento e adaptação em São Paulo ainda dependeu de complementaridades técnicas sistêmicas e da superação de desequilíbrios nas condições específicas de campo da lavoura canavieira. Atualmente a dificuldade de seu uso está subordinada a melhorias no sistema de limpeza face à maior demanda pelo corte de cana crua, e ao desenvolvimento de técnicas complementares de manejo da cultura – como a do espaçamento duplo, entre outras – capazes de resultar em aumento do rendimento agrícola e em redução de custos operacionais da máquina.

As evidências levantadas no que se refere à direção do desenvolvimento tecnológico não sugerem qualquer encaminhamento para algum tipo de beco sem saída. Antes, pelo contrário, pode-se esperar ganhos nítidos nos resultados e no

aumento da capacidade operacional efetiva. Seu aceleração ou retardamento deverá, portanto, estar vinculado à continuidade dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a uma melhor coordenação nesse plano entre as instituições públicas e privadas, as empresas fornecedoras e os usuários envolvidos no processo.

Sob esse aspecto, o fator mais restritivo para o avanço da mudança técnica vincula-se aos fatores determinantes da sua difusão, dependendo assim de fatores de certa maneira mais complexos, que envolvem inovações técnicas incrementais e, mais do que isso, mudanças organizacionais tanto na logística de operação do processo produtivo agrícola e de suas interfaces com o carregamento, o transporte e a recepção da cana, quanto no aprendizado e capacitação dos recursos humanos, conjugados com as expectativas desse mercado de máquinas e das estratégias competitivas das empresas fornecedoras, bem como de alterações na adequação do processo produtivo agrícola e de limitações topográficas dos solos ocupados, e também dos problemas e oportunidades advindos da questão ambiental e da escala mínima econômica necessária para a aquisição de tais máquinas.

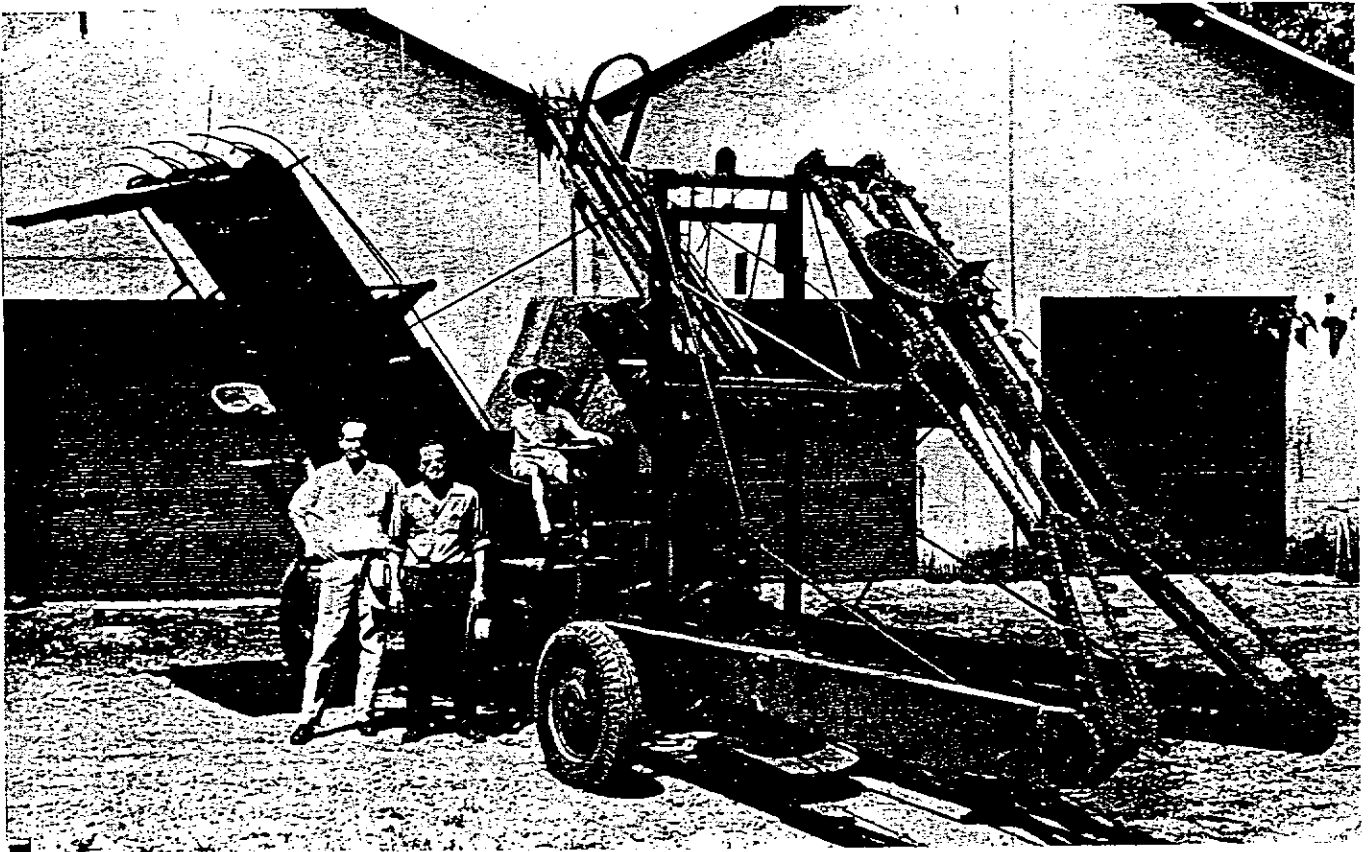
Por outro lado, as bases do processo de difusão vêm se constituindo basicamente desde os anos iniciais desta década de 1990, no que se refere às mudanças organizacionais e às alterações na lavoura canavieira, e conta atualmente com fatores estimuladores representados pela introdução de uma nova estratégia de vendas de máquinas e pelo incentivo dado pela legislação sobre queimadas. O aprofundamento do conhecimento sobre os fatores que influenciam a difusão dessas técnicas junto aos produtores, pelo ângulo do domínio da técnica de um lado, e a discussão e estabelecimento de ações que superem, ou tornem mais eficientes, os aspectos institucionais, do outro, poderão contribuir decisivamente para sua generalização.

A continuidade desse processo de inovação deverá acirrar-se doravante em função da reorganização dos processos de trabalho, que implicam em maior qualificação e salários mais altos, e do conseqüente aumento de produtividade da mão-de-obra, projetando impactos no nível de emprego, nas relações sociais de produção e na espacialidade da produção. No nível de emprego porque o processo de substituição, como já vimos, tende a reduzi-lo substancialmente, trocando-se a quantidade pela qualificação, o que desde logo produz alterações nas relações sociais de produção, como conseqüência das alterações na sua organização. Na

espacialidade porque deverá aprofundar-se o fenômeno de redução de áreas, trocadas por áreas sem problemas topográficos – limitadas no Estado – e com possibilidades de conseguir maiores rendimentos culturais por hectare, e isso também acabará por refletir-se nos fornecedores de cana, agora obrigados a se tornarem mais competitivos.

A contribuição que se espera ter dado através deste estudo da mecanização do corte em São Paulo é a de sistematizar os elementos que influem neste processo de inovação, ordenando-os dentro de uma perspectiva teórica que permite ressaltá-los como tendo uma dinâmica própria, merecedora de análise conjunta com os determinantes formados pela indução dos preços e condições gerais da economia. Sua modelização, por outro lado, ainda não é possível, tanto por necessitar de mais estudos empíricos para consubstanciá-la, como por aprofundamentos teóricos futuros que consigam definir com maior precisão as diferenças entre os fatores atuantes na direção e os fatores atuantes na difusão, os quais são perceptivelmente influentes em ambos fenômenos, e isso se torna uma restrição à quantificação. Mas, já pode estar se dando um pequeno passo nessa direção, afim de reduzir aquilo que Abramovitz qualificou como a medida de nossa ignorância sobre as causas do crescimento econômico.

ANEXO 1. Cópia xerográfica do texto de Marc Mouras, originalmente publicado em Sugar Journal, novembro de 1957.



Close-up of harvester. It was built in time for 1956/57 season and operation was very satisfactory. Details are sketched on Page 16.

Mechanical Cane Harvester Developed In Brazil

By M. MARC MOURAS

*Manager,
Usina Piracicaba, Brazil*

During the past few years Usina Piracicaba, owned by Société de Sucreries Bresiliennes, has used mechanical cane harvesters imported from North America in an effort to overcome the shortage of rural labor; and has been able to cut by machine 25% of the administration cane. However it was difficult to adapt and service the imported cutters and a practical design for local construction was developed.

With previous machines the cane was cut and topped and laid in rows on the ground from where it was picked up by loaders and transferred to cane carts. This type of loading sent a high proportion of leaves, roots and other materials which caused trouble at the mills, and also in juice clarification when earth also was carried in on the cane. The trash also lowered juice extraction.

Special Needs

A harvester was needed to work on hilly fields, and also to pick up re-

cumbent cane and twisted stalks that were missed by previous machines. Also the clean cane would be loaded without falling to the ground. This new mechanical cane cutter was developed and built in time for the 1956-57 season beginning in June 1956. Its operation was very satisfactory, and the cane fell into a hopper from which it was loaded directly into the cane carts which were pulled alongside the cutter.

Counting time for maneuvers the new Piracicaba cane harvester cut 12 tons (metric) per hour and in that time loaded two trucks. This would give a capacity of nearly 150 metric tons per day of 12 hours, and replace at least 100 hand cutters.

The harvester is mounted on a low

type truck chassis with motor at one side as seen in sketch No. 1 similar to Ford type P-6. A Mercedes-Benz Diesel motor of 105 HP was used to power all units of the complete harvester, including the loader, by means of gearing and chain-drives with the necessary clutches etc. Two men operate the machine which travels in low at 3 KM/hr. and in high at 4.5 KM/hr. The complete harvester weighs 6.5 metric tons when operating, which includes the inclined loader as seen in Sketch No. 2.

Brief Description

The single motor moves the harvester into the cane rows where the burnt cane is forced into the grabs which carry it against bottom and top circular cutting discs from where it is taken to the hopper which has storage capacity for a ton or more when waiting for the cane cart to come alongside. The elevating carrier to

(Continued on Page 16)

THE SUGAR JOURNAL

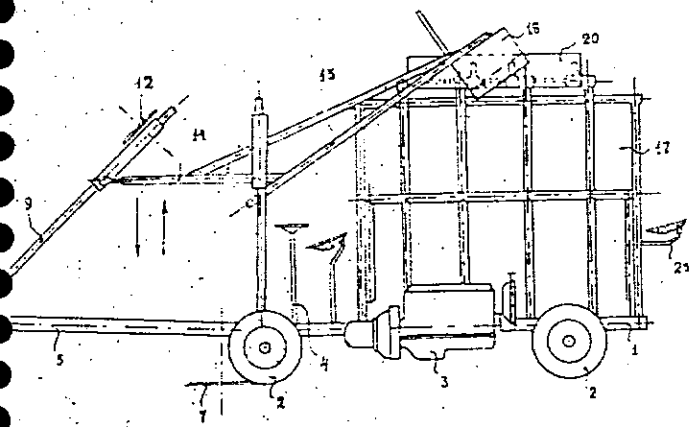


Fig. 1

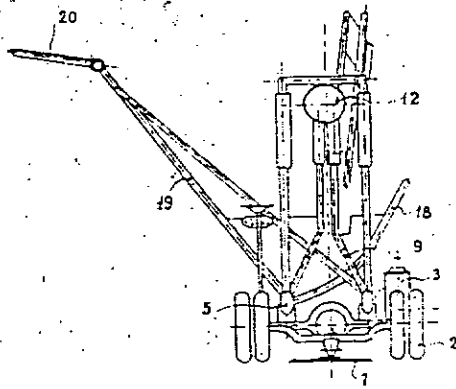


Fig. 2

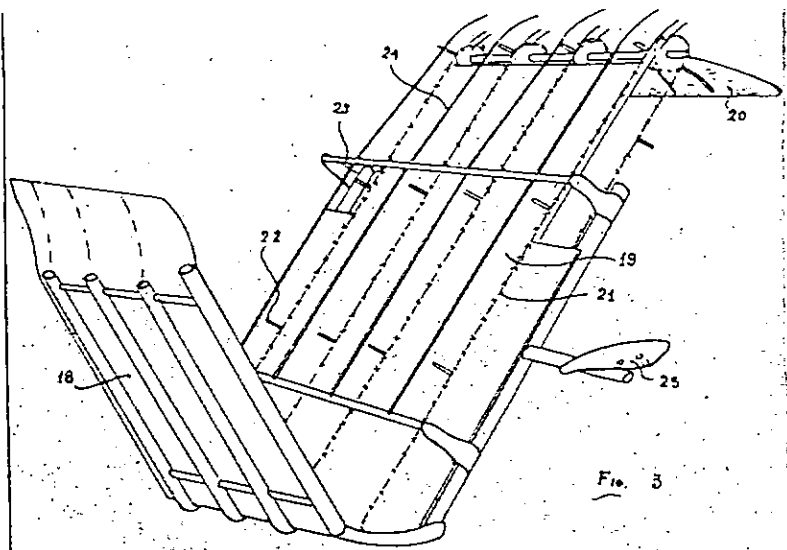


Fig. 3

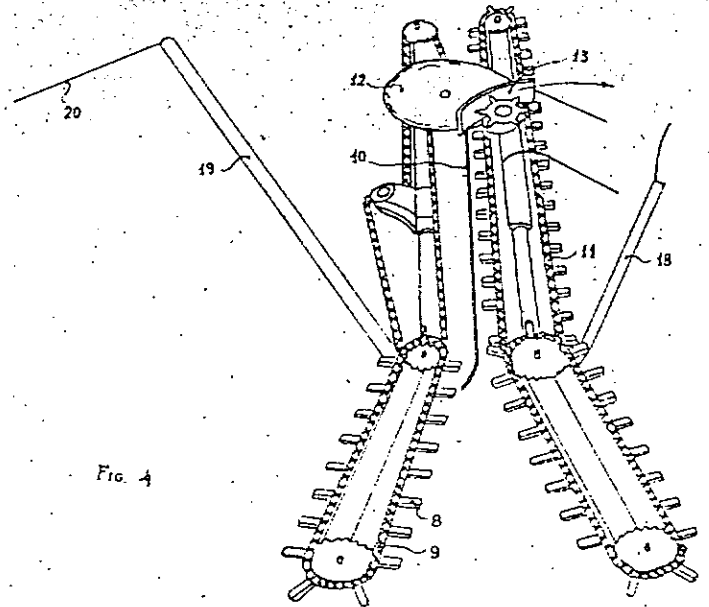


Fig. 4

COPIADO POR DIZ. José de Lima Braga

COPIADO POR DIZ. José de Lima Braga

Sketch No. 1

- 1 The chassis, as especially modified from a truck, low type.
- 2 Truck wheels with rear using double tires.
- 3 Motor placed at left side.
- 4 The steering wheel with seat for driver.
- 5 The two long front arms which pick up fallen or crooked cane.
- 8 & 9 The chains with cleats to grab the standing cane.
- 10 & 11 The guide chain which brings cane into place for topping cutter.

- 12 The upper cutting disc for the cane topping.
- 13 Side chute for tops to discard.
- 7 The bottom cutting disc to stay near ground.
- 14 & 15 The transfer chains to carry and dump clean cane in hopper.
- 16 The distributor which helps cut cane into horizontal pile in hopper.
- 17 The triangular section hopper for cane storage awaiting loading.

Sketch No. 2

- 18 The left side of the hopper

- on motor side with operator's seat at rear.
- 19 Right inclined side of hopper with elevator mechanism and clutch.
- 21 & 22 Loading elevator with chains and cleats and clutch for control.
- 23 & 24 Loading elevator guides for cane.
- 25 Seat for operator who controls cane loading elevator in accordance with truck alongside to receive cut cane.
- 20 The inclined flap that distributes cane in truck in horizontal position.

Harvester...

(Continued from Page 14)

lift cane from hopper along inclined side of hopper is controlled by a clutch conveniently located, so that

the operator may load when the truck is in proper position, and traveling at a speed equal to that of the cutter. At the end of each cane row the loading elevator is stopped so that no cane will fall in the ground during the turn-around. As no cane pilers

or loaders are needed the overall cost is reduced.

The machine is built with standard truck parts and being low, can work on hills and along contour rows, going anywhere a truck can
(Continued on Page 40)

INDEX OF ADVERTISERS



The cane harvester in action.

Harvester . . .

(Continued from Page 16)

go. Cane trucks can be fully loaded and of course the side toward the harvester must be low enough for the loaded cane to pass into the pile without falling off. The hydraulic lifting device for the topping cutter can be raised to the general height of the cane for correct removal of upper joints of the stalk.

All objectives were attained in this design and the cane was brought to the mill in a much cleaner and fresher state than with the old methods of

cutting. The forward tines were able to pick up fallen cane so that most of the crooked canes were cut along with the erect stalks.

Regarding Sketches Nos. 1 & 2
Which Appear on Page 16

The patent rights to this cane harvester are property of Société de Sucreries Brésiliennes, Usina Piracicaba, Caixa Postal 10, Piracicaba, Estado de S. Paulo. Central office: Rua Barao de Itapetinga, 88 at 9th floor. S. Paulo Capital, Brazil.

Consulting Engineers
to
THE SUGAR INDUSTRY
Cane . . . Beet . . . Refineries
DESIGNS AND APPRAISALS
E. A. ROSE, INC.
Lee Circle Bldg.
New Orleans, Louisiana

BOLAND MACHINE & MFG. CO., INC.

BAGASSE BALING PRESSES
CHAIN CANE SLINGS
CENTRIFUGAL BASKETS—
DYNAMICALLY BALANCED

1000 Tchoupitoulas St.
New Orleans 13, Louisiana

Tillage . . .

(Continued from Page 13)

and mixed with the top soil. It is important that this discing is done as early as possible to prevent the soil from drying out, even if it is not possible to do subsequent operations immediately.

(b) If very fine discing has been obtained, a heavy chisel cultivator should be used several times to obtain a fine tilth of lower layers of cultivated area without losing any moisture. Any fertilizer, groundnut cake or even compost added to the soil, should be dropped behind the chisels to lower layers of cultivated soil where adequate moisture is available to enable the roots to absorb these nutrients. In view of the absolute necessity of avoiding loss of moisture, it is preferable to employ mechanical planters for planting cane.

Albert Pick Hotels	3
Antillian Construction Co.	8
Bartlett Chemicals, Inc.	39
Bethlehem Steel Export Corp.	Inside Back Cover
Boland Machine & Mfg. Co., Inc.	40
Braunschweigische Maschinenbauanstalt	36
Brook Tarpaulin Co., Inc.	39
Brooks Oil Co.	27
Caterpillar Tractor Co.	15
Dicalite Division	Inside Front Cover
Duncan Stewart & Co., Ltd.	9
Eagle Asbestos & Packing Co., Inc.	39
Ferguson Perforating & Wire Co.	33
Fulton Iron Works Co.	23
Gulf States Utilities Co.	38
Honolulu Iron Works Co.	2
Iberia Machinery Co.	38
Knickerbocker Hotel	28
Lamborn & Co., Inc.	34
Leffingwell, Roy	40
Ludwig, E. B., Inc.	36
Lytleton, Don	35
North Atlantic & Gulf S. S. Co., Inc.	22
Penn Fibre & Specialty Co., Inc.	24
Photovolt Corp.	24
Process Equipment Co.	34
Reich, Gustave T. & Associates.	38
Riley Stoker Corp.	20 & 21
Rose, Inc., E. A.	40
St. Mary Iron Works	11
Squier Corp., The	Back Cover
Standard Supply & Hdwe. Co., Inc.	29
Suchar Engineering & Sales Co.	25
United Gas Pipe Line	37
Ward-Garcia Corp.	32
Weaver, Charles	35
Wenger Mixer Mfg. Co.	22
Westinghouse Electric Intl. Corp.	1
Western States Machine Co.	17
Wright Chemical Corp.	31

ROY J. LEFFINGWELL HUMAN RELATIONS CONSULTANT TO THE SUGAR INDUSTRY

11 Years Head of Public Relations
Hawaiian Sugar Planters' Assn.

P. O. Box 4034 Honolulu, Hawaii

THE SUGAR JOURNAL

ANEXO 2. Figuras representativas das relações dos índices reais de preços

Figura 4.1 - Relações dos Índices Reais de Salário / Preço de Cana

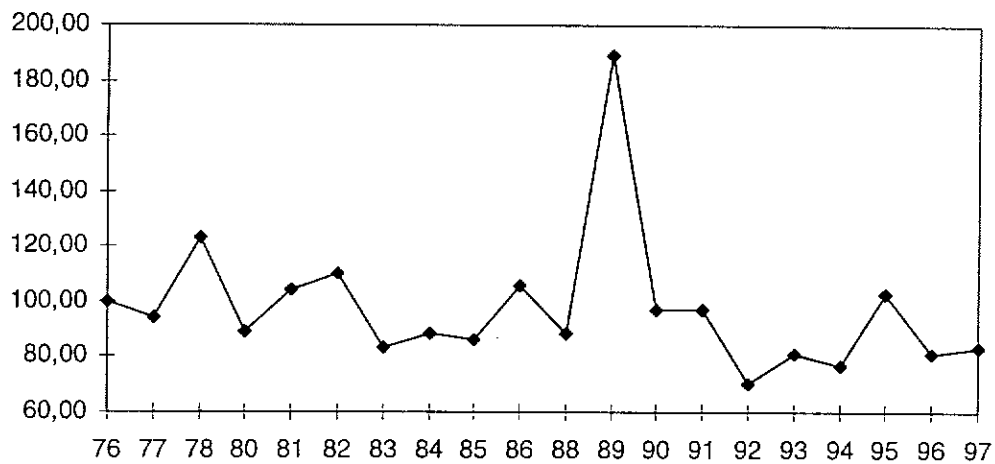


Figura 4.2 - Relações dos Índices Reais de Salário / Preço de Cana, sem 1989

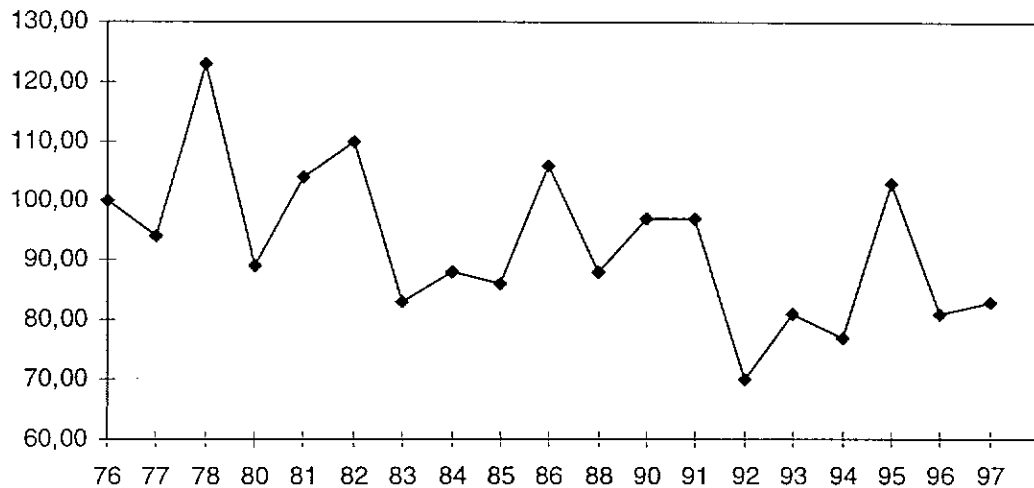


Figura 4.3 - Relações dos Índices Reais de Salário/ Preço de Açúcar

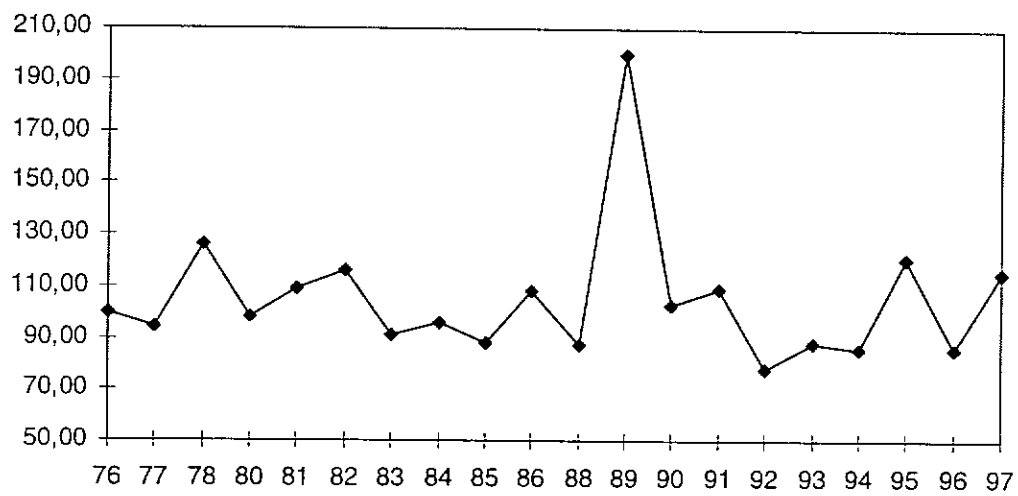
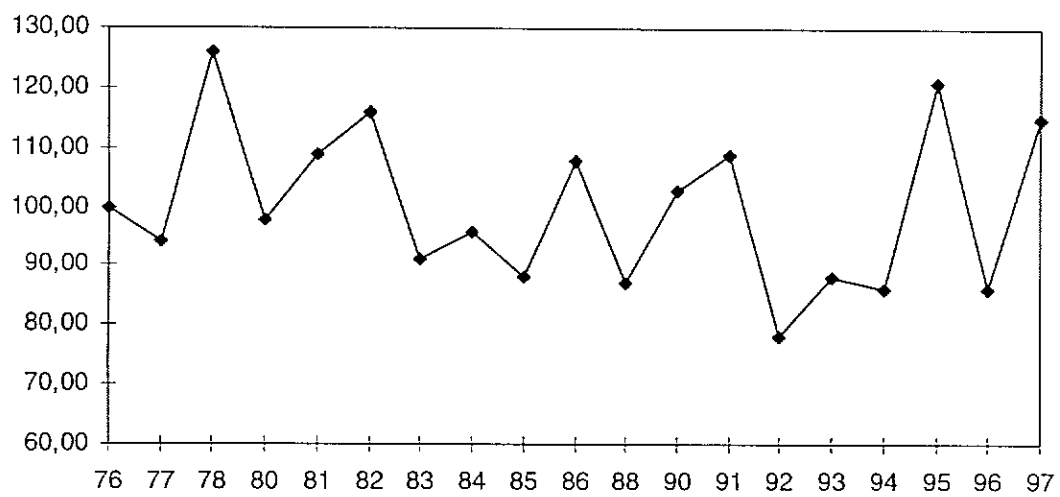
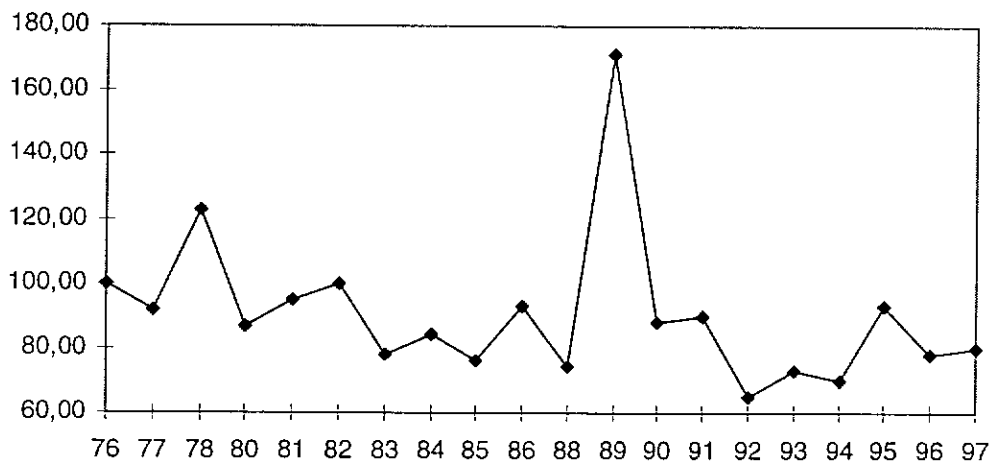


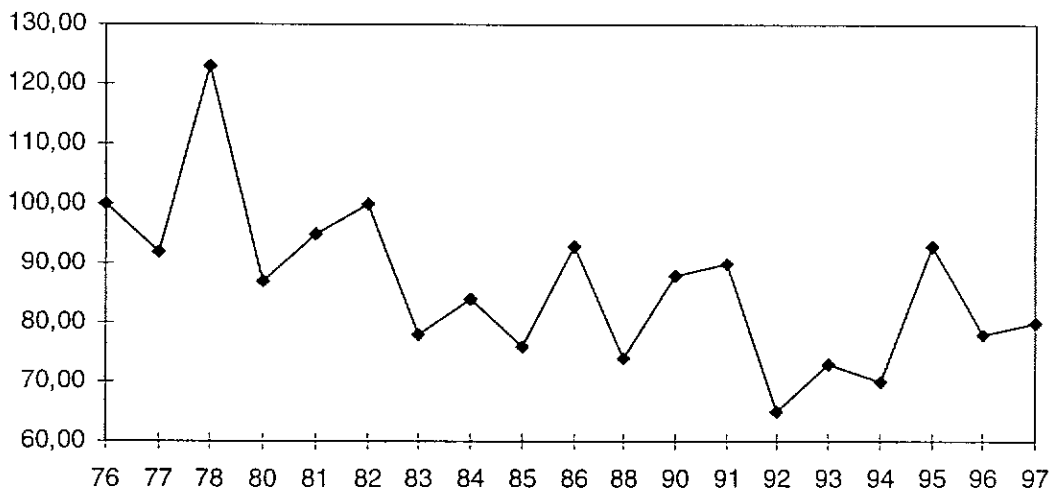
Figura 4.4 - Relações dos índices Reais de salário/ Preço de açúcar, sem 1989



**Figura 4.5 - Relações dos Índices Reais de Salário / Preço do
Álcool**



**Figura 4.6 - Relações dos Índices Reais de Salário / Preço de
Álcool, sem 1989**



Referências bibliográficas

- ABBOTT, G. C. **Sugar**. London: Routledge, 1990, 357p.
- ABRAMOVITZ, M. Tendencias de los recursos y de la producción en los Estados Unidos desde 1870. In:-----; ROSENBERG, N. (Org). **Economia del cambio tecnológico**. México: Fondo de Cultura, 1979. p.297-318.
- ADISSI, P. J. **Processos de trabalho agrícola canavieiro: proposição de uma taxonomia das unidades produtivas e análise dos riscos a ela associada**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. 239p. Tese de Doutorado.
- A INDÚSTRIA açucareira em Lousiana. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.42, n.2, p.82-84, ago. 1953.
- ALVES, F. J. da C. **Modernização da agricultura e sindicalismo: lutas dos trabalhadores assalariados rurais da região canavieira de Ribeirão Preto**. Campinas, SP: UNICAMP, 1991. 347p. Tese de Doutorado.
- ALVES, F. J. da C. et al. **Impactos tecnológicos, sócio-econômicos e ambientais da implantação do corte de cana crua na região de Ribeirão Preto**. São Carlos, SP: UFSCar, 1997. 143p. Mimeo. (Relatório final de Projeto de Pesquisa).
- AGRIANUAL 97. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 1997.
- AIAA. Associação das Indústrias de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. **Avaliação da evolução das safras**. São Paulo, 1990-1995.
- AIAA. **Avaliação da evolução das safras**. São Paulo, posição em 16 /05/ 1996.
- AIAA. **Safra 96/97 cana**. São Paulo, posição em 01/01/ 1997.
- ANUÁRIO Açucareiro, 1951-52. Rio de Janeiro: IAA, 1953. p.4-6.
- ANUÁRIO. Safra 96/97: Região Centro-Sul. Ribeirão Preto, **JornalCana**, SP, jul. 1996.
- ASPECTOS da agroindústria do açúcar em São Paulo, na safra 1951/52. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.40, n.5, nov. 1952.
- AZZI, G. M. N. O picador-de-socas, novo implemento de preparo de solo dos canaviais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TRATORIZAÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA, 1., Piracicaba, SP, maio, 1960. **Anais...** Piracicaba: USP/ ESALQ, 1960. p.5-9.

- BALBO, L. Análise de viabilidade técnico-econômica do sistema de colheita mecanizada de cana. In: SODRÉ, Dario W. (Coord.) **Colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, SP, abr. 1992. p.185-204. (Encontro Técnico, 8).
- BALSADI, O. V. & CARON, D. Tecnologia e trabalho rural no estado de São Paulo: algumas evidências a partir dos coeficientes técnicos de absorção de mão-de-obra. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n. 11, p.19-28, nov. 1994.
- BASALDI, O. V. et al. A demanda regional da força de trabalho agrícola no estado de São Paulo e sua sazonalidade, 1993-94. -----, São Paulo, v.25, n. 6, p.19-30, jun. 1995.
- BALSADI, O. V. Condicionantes da renda das pessoas ocupadas na agricultura paulista em 1981 e 1990. -----, São Paulo, v.26, n.8, p.41-74, ago. 1996.
- BARROS, M. de S. Custos agrícolas em São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.9, t.2, p.21-32, fev. 1962.
- BLYTH, K. A. Mechanization of cane harvesting in Australia. **Sugar y Azucar**, v.60, n.6, june. 1965.
- BNDES. Setor sucroalcooleiro: açúcar. **Informe Setorial**, Rio de Janeiro, n.4, 1995.
- BOLETIN Mundial de los Caneros y los Remolacheros. Las políticas mundiales de azúcar tras el Uruguay round. In: CONFERÊNCIA DE PRODUCTORES DE CAÑA Y REMOLACHA AZUCARERAS, 6., Paris, jul./set., 1997.
- BOLLING, C. & SUAREZ, N. R. Brazil's sugar industry. **Sugar and Sweetner, Situacion and Outlook, Report**. Washington, Mar., 1996, p.10-11.
- BONINE JUNIOR, P. A. Colheita mecanizada em cana-de-açúcar: viabilidade operacional e econômica. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5., Águas de São Pedro, SP, ago. 1993. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1993. p.186-191.
- BRAGA JUNIOR, R. L. do C. & BURNQUIST; W. Censo de variedades no estado de São Paulo em 1996. **STAB**, Piracicaba, SP, v.16, n.1, p.24, set./out. 1997.
- BRAUNBECK, O. A. & MAGALHÃES, P. S. Colheita de cana inteira crua. **JornalCana**, Ribeirão Preto, SP, v.4, n.41, p.26-27, maio 1997.
- BRAZIL'S sugar industry: a future boom? **Sugar: World Markets and Trade**, Washington, p.19-27, June 1994.

- BRIEGER, F.O. Considerações sobre a mecanização das usinas associadas à cooperativa dos usineiros do oeste do Estado de São Paulo Ltda. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TRATORIZAÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA, 1., Piracicaba, maio 1960. **Anais...Piracicaba: USP/ESALQ, 1960.** p.66-68.
- BURROWS, G. & SHLOMOWITZ, R. The lag in the mechanization of the sugarcane harvest: some comparative perspectives. **Agricultural History**, v.66, n.3, p.61-75, 1992.
- BUZZANELL, P. & ALONSO, J. F. Cuba's sugar economy: recent performance and challenges for the 1990's. **Sugar and Sweetener Situation and Outlook Report**, Washington, p.17-28, June, 1989.
- CANCEGLIERO, L. F. B. Cana-de-açúcar: demanda externa aciona a produção. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro, v.28, n.7, p.151-154, jul. 1974.
- CAMARGO, A. M. M. P. et al. Alteração na composição da agropecuária no estado de São Paulo, 1983-93. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.5, p.49-81, maio 1995.
- CARDOSO, E. A motomecanização dos canaviais paulistas. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.39, n.2, p.67-68, fev. 1952.
- CARVALHO, F. de C. et al. Estudo da integração vertical na agroindústria sucroalcooleira no estado de São Paulo, 1970-92. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.40, t.1, p.157-182, 1993.
- CARVALHO, L. C. C. Mercado nacional e internacional do açúcar e do álcool. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇUCAR DE PIRACICABA, 2., **Anais...Piracicaba, SP: Comissão Organizadora, 1997.** p.16-28.
- CERRO, J. Situação da indústria açucareira e suas perspectivas. In: CONFERÊNCIA REALIZADA NO CONGRESSO DA CONFEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇUCAR, 16., Águas de São Pedro, SP, 12-17 out. 1997.
- COLHEITA mecânica da cana na Austrália. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.40, n.5, p.110-111, nov. 1952.
- COMISSÃO Técnica de Cana-de-Açúcar. **Relatório preliminar sobre processos de colheita.** São Paulo: SAA, 1997. Mimeo.
- CORDEIRO, E. Grupo Cosan reduz custos. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 08 jul. 1997a.

- CORDEIRO, E. Usina da Barra melhora produtividade. -----, São Paulo, agosto, 1997b.
- CORDEIRO, E. Queda na exportação de açúcar aos EUA será de US\$ 55 mi. -----, São Paulo, 22 set. 1997c.
- COSTA, E. A. da. Usinas reduzem custos com a troca de terras. -----, São Paulo, 19 jun. 1997a.
- COSTA, E. A. da. Proibição de queimadas pode paralisar usinas. -----, São Paulo, 21 ago. 1997b.
- COSTA, E. A. da. Santa Elisa une-se ao Bradesco e cria a maior usina mundial. -----, São Paulo, 6 out. 1997c.
- CRÔNICA açucareira internacional. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.23, n.4, p.18-19, abr. 1944.
- CUSTOS de produção de cana-de-açúcar. Ribeirão Preto, SP: COPLANA/Departamento Agrícola, 1996. Mimeo.
- D'APICE, M. L. B. Análise dos custos de processos utilizados no corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.17, t.3/4, p.3-60, mar./abr. 1970.
- DÉ CARLI, G. O açúcar na formação econômica do Brasil. In: ANUÁRIO AÇUCAREIRO. Rio de Janeiro: IAA, 1936. p.7-71.
- DEDINI-TOFT lança colhedeira de cana. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.94, n.2, p.26-28, ago. 1979.
- DEER, N. **Cane Sugar**. 2. ed. Londres: Norman Rodger, 1921. 644p.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. In: FREEMAN, C. **Long waves in the world economy**. Londres: Frances Pinter, 1984. p.78-101.
- EID, Farid Progresso técnico na agroindústria sucroalcooleira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n. 5, p.29-36, maio 1996.
- ESLTER, J. **Explaining technical change: a case study in the philosophy of science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988, 271p.
- ETTORI, O. J. T: et al. Custo de produção de cana industrial produzida pelos fornecedores cotistas em São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.15, n.1/2, p.33-54, jan./fev. 1968.
- FAO. Production Yearbook 1996. Roma, v.50, 1997. 235p. (FAO Statistics Series, 135).

- FAUCONNIER, R. Standard of living and degree of mechanization of sugar cane harvesting. In: PROCEEDINGS OF CONGRESS, 18., Cuba, 1983. Cuba: International Society of Sugarcane Technologists, v.1, p.505-519, 1983.
- FERNANDES, A. C. & IRVINE, J. E. Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e manual. **STAB**, Piracicaba, SP, v.4, n.6, p.112-116, jul./ago. 1986.
- FERNANDES, A. C. & OLIVEIRA, E. R. Impurezas em carregamento de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, SP, n.5, p.5-8, 1977.
- FISHER, A. L. Impactos do proálcool para a administração do trabalho agrícola na agroindústria canavieira. In: **ENANPAD**, 17., Salvador, 27-29 set. 1993. Salvador, v.5, p.149-168.
- FREEMAN, C. A modo de introduccion. In: -----. **La teoría económica de la innovación industrial**. Madrid: Alianza Editorial AS, 1975. p.19-24.
- FREEMAN, C. et al. Schumpeter's theory of business cycles and innovation. In:-----. **Unemployment and technical innovation**. Londres: Frances Pinter, 1982. p.18-43.
- FREITAS, P. G. R. Experiências e resultados de cortadoras mecânicas. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.1, n.1, p.62-63, nov. 1981.
- FROTA agrícola. Piracicaba, SP: **Copersucar/Divisão Central de Engenharia Agrícola**, maio 1992. 160p. Mimeo.
- FURLANI NETO, V. L. Colhedora combinada aumentou produtividade no canavial. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.6, n.30, p.54-58, set./out. 1986.
- FURLANI NETO, V. L. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB**, São Paulo, v.12, n.3, p.8-9, jan./fev. 1994.
- FURLANI NETO, V. L. Sulcos alternados duplos (SAD) e simples – controle de tráfego na colheita de cana picada. -----, São Paulo, v.13. n.4, p.14-16, mar./abr. 1995.
- FURLANI NETO, V. L. et al. Colheita mecanizada de cana crua e queimada: desempenhos e qualidades da matéria-prima. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., Águas de São Pedro, SP, nov., 1996. p.533-541.
- GANDINI, M. O. **Comparação técnico-econômica entre colheita manual e colheita mecânica**. s.N.t, 1990. Mimeo.

- GANDINI, M. O. Cana sem queimar: do preparo de solo à colheita no Brasil. In: CONFERÊNCIA REALIZADA NO CONGRESSO DA CONFEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇUCAR, 16., Águas de São Pedro, SP, 12-17 nov. 1997.
- GATTI, Elcio U. **A política agrícola e a composição de produção e utilização de mão-de-obra na agricultura paulista.** São Paulo: USP/FEA, 1984. 182p. Dissertação de Mestrado.
- GENTIL, Luiz B. V. Cana-de-açúcar: colheita mecânica como um todo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.4, p.42-54, out. 1977.
- GOMES, F. P. & LIMA, U. de A. A cana-de-açúcar no mundo. ----, Rio de Janeiro, v.65, n.5, p.42-50, maio 1965.
- GONÇALVES, J. S. Salário, emprego, modernização e sazonalidade na agropecuária: as contradições do processo excludente do desenvolvimento brasileiro. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n. 1, p.23-37, jan. 1996.
- GONÇALVES, J. S. **Mudar para manter:** análise do processo de pseudomorfose da agricultura brasileira. Campinas, SP: UNICAMP, 1997. 469p. Tese de Doutorado.
- GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, New Haven, v.25, n.4, p.419-431, Oct, 1957.
- GRUPO Cosan/BJ muda canavial para aumentar produtividade. **Folha de São Paulo**, 4 mar. 1998.
- HAHN, M. H. et al. Um novo software para o planejamento de transporte de cana. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.15, n.79, p.36-40, abr./maio 1995.
- HANNAH, T. El mercado mundial del azúcar y sus perspectivas. **Boletín Mundial de los Cañeros y los Remolacheros**, Paris, n. 2, jul./set. 1997.
- HAYAMI, Y. & RUTTAN, W. **Desenvolvimento agrícola:** teoria e experiências internacionais. Brasília: EMBRAPA, 1988. 583p.
- HESSEN, B. **Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton.** Habana: Editorial Academia, 1985. p.13-59.
- IBGE. Censo Agropecuário do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: FIBGE, 1970, 1980, 1985
- IBGE. Anuário Estatístico do Brasil 1996. Rio de Janeiro: FIBGE, 1997.
- JONES, L. J. The early history of mechanical harvesting. **History of Technology**, 4a. th, annual volume, p.102-148, 1979.

- KAGEYAMA, A. et al. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G. C.; GASQUES, J. C. ; VILLA VERDE, C. M. (Orgs). **Agricultura e políticas públicas**. Brasília: IPEA, 1990. p.113-223.
- KALIL, E. B. Estudo econômico e agrícola de colhedora de cana-de-açúcar na região de Piracicaba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TRATORIZAÇÃO DA CULTURA CANAVIEIRA, 1., Piracicaba, SP: USP/ESALQ, maio 1960. **Anais...Piracicaba**, p.29-35.
- LOPES, M. B. et al. Qualidade das operações agrícolas mecanizadas na cultura de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, SP, v.13, n.3, p.26-30, jan./fev. 1995.
- MAGRO, J. A. Sistema cana crua, uma opção ecológica e moderna. São Paulo: **Copercitrus - Informativo Agropecuário**, São Paulo, v.12, n.133, p.28-29, 1997.
- MAIA, M. L. & AMARO, A. A. Estrutura do mercado de suco cítrico no Brasil. **Laranja**, Cordeirópolis, SP, v.15, n.1, p.55-68, 1994.
- MARTIN, N. B. et al. Economia agrícola paulista: características e potencialidades. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.21, 201p. (Suplemento 1/91).
- MARX, K. **O Capital**. Volume I, prefácio de Gorender, J. e capítulos IX e X. São Paulo: Abril, 1983, p.7-72 e p.239-255. (Os Economistas).
- MECANIZAÇÃO da colheita de cana atrai empresas. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 1 maio 1997.
- MELLO, N. T. C. & ARRUDA, S. T. **Análise comparativa de custos de produção e renda na cultura da cana-de-açúcar, regiões de Ribeirão Preto e Piracicaba, estado de São Paulo, ano agrícola 1975/76**. São Paulo: IEA, 1981. 35p. (Relatório de Pesquisa, 4/81).
- MONT'ALEGRE, O. O açúcar na Austrália. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.79, n.4, p.20-26, abr. 1972.
- MORAES, E. E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecânica**. Campinas (SP): UNICAMP, 1992. 92p. Dissertação de Mestrado.
- MOURAS, M. M. Mechanical cane harvester developed in Brazil. **Sugar Journal**, p.14, 16, 40, Nov. 1957.
- MUDANÇA exige investimento de R\$ 3 bilhões. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 21-22 abr. 1997.

- NEGRI, B. A indústria brasileira de equipamentos para o setor produtor de açúcar e álcool: um estudo de oligopólio. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.1, n.3, p.83-105, jul./set. 1981.
- OLALDE, A. R. **Capacitação tecnológica na agroindústria canavieira: o caso da COPERSUCAR**. Campinas, SP: UNICAMP, 1992. 112p. Dissertação de Mestrado.
- OLIVETTI, M. P. de A. et al. O valor da produção das atividades agropecuárias por regiões do estado de São Paulo, 1995. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n. 6, p.39-68, jun. 1996.
- ORPLANA. Organização de Plantadores de Cana do Estado de São Paulo. **Produtores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo**. Piracicaba, SP, out. 1996. s.p. Mimeo.
- PETRONE, M. T. S. **A lavoura canavieira em São Paulo: expansão e declínio (1765-1851)**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1968. 241p.
- PINAZZA, A. H. et al. Sistemas de produção da cana-de-açúcar em uso pelas usinas do estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, SP, v.3, n.1, jan. 1981.
- POLLITT, B. H. & HAGELBERG, G. B. A economia açucareira cubana na época da URSS e depois. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.31, n.3, p.161-196, jul./set. 1993.
- POSSAS, M. L. et al. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.11, n.1/3, p.9-31, 1994.
- PRICE, R. A. & BLYTH, K. A. A consideration of chopper and wholestalk harvest in Australia. In: **Proceedings of the ISST**, 17., Taiwan, 1968, p.1513-1521.
- QUEDA, O. **A intervenção do estado e a agroindústria açucareira paulista**. Piracicaba, SP: USP/ESALQ, 1972. 173p. Tese de Doutorado.
- RAMOS, P. **Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil**. São Paulo: EAESP/FGV, 1991. 331p. Tese de Doutorado.
- RÍPOLI, T.C. & BALASTREIRE, L.A. Contribuição ao estudo do sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.87, ano 45, n.4, abril, 1976, p.11-17.
- RÍPOLI, T. C. Considerações sobre colheita mecânica da cana-de-açúcar. **Revista de Mecanização Rural**, São Paulo, v.1, n.4, p.31-35, 1981.

- RÍPOLI, T.C. & MIALHE, L. G. Custos de colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, 1981/82. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.2, n.2, p.18-26, jan., 1982.
- RÍPOLI, T. C. & PARANHOS, S. B. Sistemas de colheita. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Piracicaba, SP: Fundação Cargill, v.2, p.519-597, 1987.
- RÍPOLI, T. C. **Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) – equacionamento dos balanços energético e econômico**. Piracicaba, SP: USP/ESALQ, 1991. 150p. Tese de Livre Docência.
- RÍPOLI, T. C. & VILLANOVA, N. A. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB**, Piracicaba, SP, v.11, n.1, p.28-31, set./out. 1992.
- RÍPOLI, T. C. et al. O corte manual na cana verde. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.15, n.77, p.28-30, dez.1994/jan.1995.
- ROSENBERG, N. Problemas del economista en la conceptualización de innovación tecnológica. In:----- **Tecnología y Economía**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979a, p.73-97.
- ROSENBERG, N. Karl Marx y el papel económico de la ciencia. In:----- **Tecnología y Economía**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979b. p.140-153.
- ROSENBERG, N. Ciencia, invención y crecimiento económico. In:----- **Tecnología y Economía**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979c. p.284-305.
- ROSENBERG, N. La dirección del cambio tecnológico: mecanismos de inducción y sistemas de enfoque. In: ----- **Tecnología y Economía**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979d. p.120-139.
- ROSENBERG, N. Factores que afetam la difusión de tecnología. In:----- **Tecnología y Economía**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979e. p.208-231.
- ROSENBERG, N. The historiography of technical progress. In:_____. **Inside the Black Box**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. p.3-32.
- ROSENBERG, N. **Exploring the black box: technology, economics and history**. Cambridge: Cambridge Universty Press, 1994. 274p.
- RUTTAN, V. Usher y Schumpeter en la invención, la innovación y el cambio tecnológico. In: ROSENBERG, N. (Org). **Economía del cambio tecnológico**. México: Fondo de Cultura, 1979. p.66-76.
- SALLES-FILHO, S. L. M. **A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia**. Campinas: UNICAMP, 1993. Tese de Doutorado.

- SANTOS, Z. A. P. de S. Adoção tecnológica na agricultura Paulista. São Paulo: USP/IPE, 1984. 119p. (Série Ensaio Econômico, v.35).
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Comissão de Zoneamento Sócio-econômico e Ecologia. **Áreas com possibilidades de expansão das culturas de cana-de-açúcar para produção de álcool combustível no estado de São Paulo.** Campinas SP, 1987. 131p.
- SARTI, G. Custos e performance de colhedoras de cana. In: ENCONTRO Técnico, 13., Ribeirão Preto, abr. 1997. p.447-463.
- SCHMOOKLER, J. **Invention and economic growth.** Cambridge: Cambridge University Press, 1966. In: ROSENBERG, N. The historiography of technical progress. In:-----, **Inside the black box.** Cambridge: Cambridge University Press, 1982. p.3-32.
- SCHUMPETER, J. O fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. In:-----, **Teoria do desenvolvimento econômico.** São Paulo: Abril 1982. p.43-66. (Os Economistas).
- SCOPINHO, R. A. **Pedagogia empresarial de controle do trabalho e saúde do trabalhador: o caso de uma usina-destilaria da região de Ribeirão Preto.** São Carlos: UFSCar, 1995. 247p. Dissertação de Mestrado.
- SEADE. **Sensor Rural.** São Paulo, n. 1, set./dez. 1996.
- SEADE. -----, São Paulo, n. 3, maio/ago. 1997.
- SELEGATO, S. L. Análise das máquinas disponíveis no mercado. In: ENCONTRO TÉCNICO: COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇUCAR. Ribeirão Preto, SP; abr. 1992. p.143-184.
- SILVEIRA, A. C. A Dedini investe R\$ 12,5 milhões. **Gazeta Mercantil,** São Paulo, 29 set. 1996.
- SMITH, A. **A riqueza das nações: investigações sobre sua natureza e suas causas.** 2. ed. São Paulo: Abril, 1979. 241p. (Os Pensadores).
- SOLOW, R. El cambio técnico y la función de producción agregada. In: ROSENBERG, N. (Org). **Economía del cambio tecnológico.** México: Fondo de Cultura, 1979. p.319-336.
- SOUSA, J. A. G. C. A cultura da cana-de-açúcar na Austrália. Rio de Janeiro: IAA/Divisão de Assistência à Produção, 1972. 15p.
- SOUSA, J. A. G. C. A cultura da cana-de-açúcar na Lousiana (USA). **Brasil Açucareiro,** Rio de Janeiro, v.53, n.1, p.6-15, jan. 1959a.

- SOUSA, J. A. G. C. Dados sobre a lavoura da cana-de-açúcar em Lousiana. -----, Rio de Janeiro, v.54, n.2, p.86-90, ago. 1959b.
- SPAROVEK, G. Informações geográficas para a identificação de áreas com potencialidade para colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 2., 1997. **Anais...**Piracicaba: Comissão Organizadora, 1997. p.58-60.
- SUGAR & SWEETENER: situation and outlok report. Washington: USDA, Mar. 1996.
- SUGAR & SWEETENER: situation and outlok report. Washington: USDA, Nov. 1994.
- SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. São Paulo: HUCITEC/UNICAMP, 1979. 540p.
- SZMRECSÁNYI, T. & MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a II Guerra Mundial. **Revista de Estudos Avançados**, São Paulo, jan./abr. v.11, p.59-79, 1991.
- SZMRECSÁNYI, T.. Efeitos e desafios das novas tecnologias na agroindústria canavieira. Campinas, SP: UNICAMP/IG/DPCT, 1993. 35p. (Textos para Discussão, n. 13).
- SZMRECSÁNYI, T.. O desenvolvimento da produção agropecuária (1930-1970). In: FAUSTO, B. (Org). **História geral da civilização brasileira: o Brasil republicano: 4 economia e cultura (1930-1964)**. 3. ed. s.N.t., 1995. v.11, p.113-207.
- THOMAZ JUNIOR, A. **Por trás dos canaviais, os (nós) da cana: uma contribuição ao entendimento da relação capital x trabalho e do movimento sindical dos trabalhadores na agroindústria canavieira paulista**. São Paulo: USP, 1996. 439p. Tese de Doutorado.
- TIMOSHENKO, V. P. & SWERLING, B. C. **The world's sugar: progress and policy**. Stanford (Cal): Stanford University Press, 1957. 364p.
- TOLEDO, Paulo E. N. et al. Avaliação do potencial de uso das colheitadeiras de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.21, n. 6, p.13-20, jun. 1991.
- USINAS unem-se para ganhar escala. **JornalCana**, Ribeirão Preto, SP, v.4, n.45, Ed. Esp., p.29, set. 1997.
- VEIGA FILHO, A. de A. et al. O programa nacional do álcool e seus impactos na agricultura paulista. **Estudos Econômicos**, São Paulo, n. esp., p.61-82, set. 1981.

- VEIGA FILHO, A. de A. & YOSHII, R. J. Uso da terra no estado de São Paulo: mudanças na composição das atividades agrícolas e o caso da cana-de-açúcar. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.22, n.2, p.45-53, fev. 1992.
- VEIGA FILHO, A. de A. et al. Estimativa de desemprego na colheita de cana decorrente de mecanização. **STAB**, Piracicaba, SP, v.13, n.4, p.19-21, mar./abr. 1995.
- VEIGA FILHO, A. de A. & SANTOS, Z. A. P. de S. Padrão tecnológico da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: evidências empíricas da evolução na cultura. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25, n.8, p.15-25, ago. 1995.
- VEIGA FILHO, A. de A. et al. **Cadeia agroindustrial do açúcar, álcool e subprodutos**. São Paulo: SAA, 1996. 19p. Mimeo.
- VICENTE, M. C. M. et al. A exclusão dos trabalhadores na reestruturação e modernização da agricultura paulista. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.27, n.2, p.9-18. fev. 1997.
- WONG, A. Apagar o fogo dos canaviais. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 29 ago. 1997.
- YOSHII, R. et al. Situação atual e perspectivas de mercado mundial de xarope de milho de alto teor de frutose (HFCS). **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.1, p.17-23, jan. 1994.
- ZANCA, O. The evolution of mechanized sugar cane harvesting in Brazil. **International Sugar Journal**, v.82, n.973, p.7-10, 1980.