

# FATORES EXPLICATIVOS DA MECANIZAÇÃO DO CORTE NA LAVOURA CANAVIEIRA PAULISTA<sup>1</sup>

Alceu Veiga Filho<sup>2</sup>

## 1 - INTRODUÇÃO <sup>1 2</sup>

O dinamismo tecnológico da lavoura canavieira de São Paulo é um fato conhecido e empiricamente observado. VEIGA FILHO e SANTOS (1995) verificaram que o crescimento da produção de cana no Estado entre 1963 e 1976, à taxa de 4,53% ao ano, teve como fontes a produtividade da terra, participando com 3% (0,15); a produtividade da força de trabalho, com participação de 45% (2,02); e o aumento da mão-de-obra empregada, responsabilizando-se por 52% (2,36) desse crescimento. E que, no período 1977-90, o crescimento da produção de 7,16% ao ano se devera à produtividade da terra em 16% (1,18), à produtividade da força de trabalho em 39% (2,76) e ao aumento da mão-de-obra empregada em 45% (3,22). Portanto, além de a expansão da produção ter se dado pelo aumento da área cultivada, pouco mais da metade dela, no período mais recente, podia ser creditado às mudanças técnicas que proporcionaram acréscimos na produção por unidade de área e na relação área por trabalhador, as quais representam as inovações biológicas e as inovações mecânicas introduzidas.

Apesar dessas transformações no processo produtivo agrícola canavieiro, a colheita tem-se mantido retardatária na fase do corte - enquanto o carregamento e o transporte já estão completamente mecanizados - conforme levantamentos efetuados para as safras 1989/90 e 1997/98, nas quais se pode verificar que os níveis agregados de área colhida por máquinas estiveram abaixo de 20% e não foram significativamente diferentes entre si, apesar do intervalo de oito anos (TOLEDO; YOSHII; OTANI, 1991 e COMISSÃO, 1997).

A questão que se coloca frente a esses fatos é a de compreender e explicar o porquê de 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 ter atingido um grau completo de mudança 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 desde há muito existe em outros países, podendo ser importada ou adaptada localmente. Serão os baixos salários, historicamente recorrentes, uma razão plausível e unidimensional, geradores de custos sempre inferiores aos da colheita totalmente mecanizada? Ou, a expectativa de rentabilidade associada ao mercado é o fator impeditivo da difusão de uma inovação de alto custo de aquisição? Ou, se deve também analisar outros fatores ainda não incorporados?

Para compreender esse fenômeno na lavoura canavieira paulista, buscou-se um escopo teórico que permite enquadrar - a partir de uma conceituação do processo inovativo que leva explicitamente em consideração o desenvolvimento da tecnologia, na esfera do conhecimento, e a 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.

Antes disso, inicialmente, contextualiza-se o ambiente macroeconômico que forma o substrato ao processo inovativo e que interage positiva ou negativamente em sua dinâmica evolutiva, discutindo também algumas questões internas importantes para a sua continuidade.

<sup>1</sup>Resumo da dissertação de mestrado do autor. Apresentado no Workshop Agroindústria Canavieira e o Novo Ambiente Institucional. IE/UNICAMP, agosto/98.

<sup>2</sup>Economista, Mestre, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

## 2 - POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO PARA A ECONOMIA CANAVIEIRA PAULISTA

A análise e a 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, objetivando caracterizar os principais elementos gerais.

A situação do mercado internacional dos anos 90 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 participa através de uma cota de exportação<sup>3</sup>; o acordo URSS-Cuba, que chegou a movimentar 5,5 milhões de toneladas 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 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 de alto teor de frutose) e de outros adoçantes naturais e sintéticos, que passaram a concorrer nos diversos mercados com o açúcar proveniente da

<sup>3</sup>Incluem-se aqui as cotas preferenciais dos EUA, destinadas às regiões em desenvolvimento que, no caso brasileiro, correspondem ao Norte e Nordeste do País (CORDEIRO, 1997c).

cana e da beterraba<sup>4</sup>.

Nesta década de 90 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, iniciada em 1986 na Rodada Uruguai, continuaram e devem consolidar-se em 1999-2000, tratando das taxas e direitos alfandegários e dos subsídios à exportação, que acabarão por afetar o comércio mundial de açúcar e as políticas protecionistas internas. Isso já ocorre, tal como na Dinamarca onde os compromissos estabelecidos no GATT afetaram a regulamentação do açúcar, e nos EUA em que o projeto de lei agrária de 1996 fez alterações na política de açúcar, sendo a mais importante aquela que elimina preços mínimos quando as importações forem inferiores a 1,36 milhão de toneladas, obrigando, nesse caso, o reembolso integral de todos os empréstimos feitos (BOLETIN, 1997), embora não se possa deixar de registrar que o protecionismo continua forte na Europa e EUA, como forma de defesa de seus produtores de beterraba, milho e cana-de-açúcar.

Por outro lado, estas perspectivas de liberalização mundial no comércio têm se confrontado com a formação de blocos econômicos regionais, constituídos seja por tratados aduaneiros de livre comércio como o NAFTA, que reúne o Canadá, o México e os EUA, e no qual se contempla o açúcar de cana e o HFCS com um regime especial, embora temporário, seja por mercados comuns do tipo do MERCOSUL - integrado pela Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - no qual também há um tratamento especial para o açúcar com término previsto para 2001, quando se dará a zeragem das atuais tarifas aduaneiras (CERRO, 1997).

Mas, há vários outros fatores influenciando o comportamento do mercado mundial de açúcar, além da evolução do processo de desregulamentação mundial e das negociações sobre as regras do comércio. Parcialmente, esse quadro 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

<sup>4</sup>Para maiores detalhes, veja-se a discussão a esse respeito em SZMRECSÁNYI (1993) e YOSHII; CARVALHO; VEIGA FILHO (1994).

branco (CERRO, 1997), resultando em grande estabilidade nos preços de mercado, mantido na faixa de US\$9 a US\$13 centavos por libra-peso na Bolsa de Nova York - entre US\$198 e US\$286 por tonelada - de 1990 a 1997, diversamente do período 1970-85, no qual se verificou com frequência grandes altas e grandes quedas - como as de 1975 com preços alcançando US\$30 centavos por libra, caindo para algo em torno de US\$8 centavos em 1978, depois subindo para US\$29 centavos em 1980, tornando a cair abaixo de US\$5 centavos por libra em 1985 (CARVALHO, 1997).

Esta estabilidade - que era esperada ser mantida no médio prazo, tanto porque uma parte do estoque de passagem estava indisponível na Índia para exportação, fabricado na forma de açúcar não-centrifugado, como porque a demanda mundial estava crescendo acima da taxa média de 1,5% do final dos anos 1980, o que tenderia a estreitar a brecha entre a produção e o consumo (HANNAH, 1997) - tem sofrido vários abalos, chegando a cair para US\$8,17 centavos em final de junho de 1998, reagindo poucos dias depois para US\$8,4. Essas quedas estão associadas à revisão do crescimento do consumo, dada a crise econômica recente dos países asiáticos e ao crescimento da produção do Brasil, México e EUA (CORDEIRO, 1998a e 1998b e HOSSEPIAN, 1998).

Além do mais, nos mercados externos, ocorre um aumento da competitividade, tanto porque nos países industrializados o açúcar de cana perde espaço para os adoçantes, como nos novos mercados há também um aumento da produção interna de açúcar. Mesmo com a adoção de medidas de liberalização no conjunto dos países, dificilmente haverá reversões abruptas e significativas em termos de abertura acentuada desses mercados para o açúcar de cana. Assim, as perspectivas externas são de acirramento da competição entre produtores pelos mercados dos países industrializados e dos países em desenvolvimento.

O mercado mais importante para o açúcar brasileiro é 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 se evitar crises de superprodução, absolutamente frequentes na história desse subsetor (SZMRECSÁNYI e MOREIRA, 1991), e sobre a necessidade de aumentar a competitividade setorial. Mas, há dois aspectos que podem interferir nessas questões: a) a própria desregulamentação e b) o peso do Brasil no mercado internacional.

O Brasil é importante, atualmente, 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), mesmo relativamente aos concorrentes como 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 (SUGAR, 1994 e BOLLING e SUAREZ, 1996) e também agora na formação de preços internos devido ao processo de desregulamentação - retardado com a medida de prorrogação da liberação de preços de cana e, em parte, pela M.P 1.670, de 24/06/98, que novamente amplia os poderes governamentais na comercialização de álcool.

A desregulamentação em curso constitui, por outro lado, um processo que aparentemente impede um retorno ao mercado protegido, 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.

### **3 - PONTOS DE ESTRANGULAMENTO A SEREM ENFRENTADOS PARA UM MELHOR DESEMPENHO SETORIAL**

Os ajustes necessários estão contidos na busca de maior racionalidade econômica e atingem várias áreas-problemas, que impedem um melhor desempenho para se obter reduções em custos e ganhos de economias de escala e de escopo.

Uma delas é a necessidade de reduzir o fornecimento da matéria-prima à indústria dentro de um raio menor e mais econômico, dimi-

nuindo 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 40 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-lo pela metade do que remuneravam por tonelada de cana transportada, seguindo o exemplo de outra grande unidade industrial, que já há alguns anos, faz uso desse tipo de procedimento, trocando cana, contratos de arrendamento e fornecedores (COSTA, 1997a).

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 de carretas e cavalos mecânicos, estes engatando nas carretas estacionadas nas estradas e carregadas por tratores, as quais são levadas para a unidade industrial, sendo deixadas lá, enquanto os cavalos-mecânicos voltam para buscar outras carretas que, neste intervalo, estarão sendo carregadas no campo (SILVEIRA, 1996). Existem, também, outras alternativas, que implicam na substituição daqueles caminhões por tratores e carretas acopladas - conjunto, inclusive, que causa menos impacto nos solos - terceirizando o transporte do campo à usina, ou otimizando seu uso através de planejamento operacional conjungando a frente de corte e a entrada na usina (HAHN et al., 1995).

Outro ponto relevante é o relativo aos altos custos portuários de embarque a países estrangeiros, os quais têm sido enfrentados com a privatização do porto de Santos (SP) e com as possibilidades de se investir em terminais privados para carga, descarga e armazenagem - como o caso de um grupo econômico de usinas paulistas que pretendia integralizar um volume de investimento de US\$20,0 milhões para alcançar uma capacidade de embarque de 15,0 mil toneladas/dia, iniciada em 1,7 mil toneladas/dia, já contando com capacidade estática de armazenagem de 70,0 mil toneladas (CORDEIRO, 1997a).

A busca de economias de escala e de escopo também acontece no setor através de

fusões e incorporações, formando 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 total, 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. Na área de fusões, um exemplo que pode ser alavancador para outros empreendimentos é a fusão/incorporação de duas usinas da região de Ribeirão Preto, formando 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).

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 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) 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.

Uma análise mais sistemática desse processo de reestruturação, que envolve 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 possa estabelecer tendências e generalizações. As ilustrações e exemplos levantados não conformam e



as empresas da agroindústria sucroalcooleira, para criar ou ampliar mercados, necessitam diversificar sua produção a preços competitivos. SZMRECSÁNYI (1993) coloca que muitos desses mercados, dada sua natureza circunscrita, precisam ser enfrentados por plantas industriais capazes de multiplicar produtos, fato que mesmo na indústria européia de açúcar acontece para poucas empresas. Isso significa um aprofundamento na redução dos custos industriais, seguido do mesmo processo na parte agrícola para baratear os custos e os preços da matéria-prima, assim como foi para a produção de HFCS nos EUA que, em princípios dos anos 70, tinha a matéria-prima participando com dois terços na formação de seus custos, sendo que atualmente contribui com apenas 15%, como resultado da produção de subprodutos como o óleo de milho e o glúten (CERRO, 1995).

Nesse aspecto da multiplicação (e de novos aproveitamentos no setor industrial), além da vinhaça que tem plena utilização na lavoura como fertilizante potássico, o bagaço é o subproduto com maior potencial técnico e econômico. Resultante da extração do caldo da cana, tem, em sua composição, umidade de 48% a 52%, fibra com 43% a 47%, sacarose de 1,5% a 3,5% e insolúveis de 0,5% a 1,5%, podendo ser utilizado como combustível, por sua transformação em energia térmica e depois elétrica, para a produção de celulose, papéis e compensados, para a alimentação animal, na indústria química pela extração do furfural e de seus derivados, além da possibilidade que apresenta de produzir carvão briquetado (STURION, 1986).

Dessas aplicações, as que têm encontrado uso e mercado em São Paulo são a co-geração de energia nas unidades industriais pela utilização e venda de excedente às empresas distribuidoras de energia, a venda de bagaço para a indústria citrícola, e sua utilização para a produção de ração animal, quando hidrolizado. MIRANDA-STALDER e BURNQUIST (1996) evidenciaram empiricamente sua importância através do estabelecimento das margens de comercialização do açúcar e do álcool e da contribuição ao acréscimo dessas margens pela exploração do bagaço, do vinhoto e da torta de filtro, sendo o primeiro distribuído em bagaço para venda direta, para ração animal e para energia. Como resultado encontraram uma margem de comercialização para o açúcar de 36,78%, que subiria para 53,18% somente acrescida do efeito bagaço (pa-

ra energia), cuja contribuição para esse crescimento é de 44,59%. No álcool, o resultado é semelhante, podendo incrementar sua margem de 49,93% para 60,81%.

Por outro lado, há uma controvérsia, ainda não resolvida, para consolidar esse processo de co-geração de energia pelas usinas e sua venda às empresas distribuidoras, concretizada nos preços pagos por MW, considerados não-remuneradores aos investimentos em co-geração pelos seus produtores, e considerados altos e comprometedores da competitividade das distribuidoras, se for reajustado. Isso tem levado que, dos 650MW gerados anualmente pelas usinas paulistas, apenas 25MW (4%) tenham sido vendidos (MELLONI, 1997), embora, por outro lado, esse potencial esteja sendo explorado por algumas usinas que buscam, através de parcerias com empresas externas, tecnologias que permitam aumentar a geração de energia por tonelada de cana, atualmente na faixa dos 30KW/t de cana e possível tecnicamente de ser elevado a 140KW/t (CO-GERAÇÃO, 1997), o que, se não demonstra, pelo menos evidencia a necessidade de se investir no aumento da produtividade para sair do impasse.

Finalmente, a questão do PROÁLCOOL e a sua reformulação têm um papel primordial no desenvolvimento futuro do subsetor, que emprega algo como 60% da cana-de-açúcar produzida no campo, tendo uma capacidade instalada de 16 bilhões de litros anuais, para uma produção estabilizada, nos últimos anos, no patamar de 12 bilhões de litros, abastecendo uma frota de veículos de 4,5 milhões de unidades com sua versão hidratada, e parcialmente misturado à gasolina, ao redor de 22%, em sua versão anidro. Desde a crise de abastecimento de 1989, o consumo veio sendo suprido complementarmente com a importação de metanol. A frota de veículos a álcool pode ser considerada em fase de sucateamento, pela idade avançada e baixa reposição, dado que hoje as montadoras produzem atualmente menos de 2% anualmente.

Discute-se, no setor privado e no governamental, uma série de medidas para incentivar a produção de álcool, pensando em garantir, sem crises, o abastecimento da frota atual, e pensando em crescer-la, através de sugestões de ordem tributária - como a de aumento do ICMS sobre a gasolina e incidência zero no álcool; de incentivo à expansão da produção de veículos a álcool que atinja 15% da produção anual das

montadoras nacionais; a não desativação do Frete de Unificação dos Preços do Álcool (FUPA), utilizado pelo Governo Federal para equalizar preços de álcool nacionalmente, mediante a cobertura dos custos dos fretes; alíquotas especiais de ICMS e IPI sobre veículos vendidos aos consumidores finais; financiamentos para a formação de estoques de álcool e para a formação da “frota verde”, incentivos na compra e *leasing* de veículos a álcool; incentivos e articulação para a renovação da frota de ônibus urbanos pela introdução de ônibus a álcool; e mistura de 15% de álcool anidro nos veículos movidos a diesel.

Esse conjunto de propostas, com algumas já implantadas, tem como essência a intenção de equilibrar os custos entre os veículos a álcool e os veículos à gasolina ou diesel e os custos de produção desses combustíveis, e de criar vantagens aos primeiros em relação aos demais, sem uma prévia avaliação social dos benefícios e perdas, e sem efetuar avaliações técnico-econômicas de viabilidades, como é o caso da mistura de 15% ao diesel, ou dos ônibus urbanos a álcool, apoiando-se em suas prováveis contribuições à melhoria da qualidade ambiental nos grandes centros urbanos como compensadoras do maior consumo que acarretam e dos custos de adaptação - feitas sem levar em conta as demais alternativas de transporte urbano e de políticas de transporte urbano discutidas na sociedade.

No passado esse alerta foi feito e avaliado, analisando-se desde os efeitos do PRO-ÁLCOOL na agricultura (VEIGA FILHO; GATTI; MELLO, 1981), às questões de competitividade, mercado, desequilíbrios na produção e alternativas (CONSELHO, 1987); mostrando que os subsídios à produção e os incentivos em favor dos veículos a álcool criaram um mercado artificial de álcool carburante num volume excedente de 3,2 bilhões de litros, acima do que seria consumido caso a demanda fosse dimensionada pela tendência histórica (CONSELHO, 1987), e mostrando uma concentração da produção em relação ao consumo que determinava problemas na distribuição do produto em nível nacional, resolvidos financeiramente através de subsídios, que, por sua vez, geravam déficits na “Conta Álcool” do Tesouro Nacional (TRIBUNAL, 1990).

Nesse contexto, e considerando uma perspectiva de longo prazo para se encontrar

soluções equilibradas para o álcool hidratado<sup>9</sup>, resta o álcool anidro, que é o elemento dinâmico da produção de álcool carburante, detectável pelo seu consumo crescente (CARVALHO, 1997) a uma taxa geométrica anual estimada em 21,27% (significante a 1%), contra uma taxa negativa de crescimento do hidratado (de -0,58% e não significativa estatisticamente). Este crescimento ocorreu às custas do álcool hidratado, sendo consequência do fato de sua demanda ser derivada do crescimento da gasolina no País - e também porque se aumentou o percentual da mistura - até sugerindo ser uma alternativa de longo prazo, quando poderá substituir totalmente o hidratado no mercado interno, além de ser uma alternativa potencial em termos de colocação no mercado norte-americano - apesar do protecionismo - dada a abertura proporcionada pelo *Clean Air Act*, o qual obriga o uso de oxigenados na gasolina em áreas de concentração elevada de gás carbônico ou de ozônio, sendo uma parte composta de oxigenados renováveis (VEIGA FILHO et al., 1996).

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 se refletir 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%, o progresso técnico nesta área tem um papel chave na competitividade setorial, seja pelo rebaixamento dos custos de produção do açúcar e do álcool, como por possibilitar a redução de preços dos subprodutos e co-produtos ao mercado com-

<sup>9</sup>E que passam pelo equacionamento da problemática ambiental, e também pelo seu confronto com o desenvolvimento tecnológico atual dos motores ciclo Otto, cada vez mais eficientes em economia de combustíveis e pelas possibilidades do desenvolvimento tecnológico que apontam para os chamados motores versáteis, caracterizados pelo uso de combustíveis múltiplos.

prador.

A continuidade da mecanização do processo produtivo agrícola - que, como se viu anteriormente, é a principal fonte de crescimento, depois da expansão da área - consolida-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.

#### 4 - ARGUMENTOS TEÓRICOS

Todo fenômeno inovativo é sempre complexo. Sua complexidade vem do fato de que sofre determinações e influências de várias ordens, sejam elas culturais, institucionais, históricas e econômicas. 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. Nesse sentido, ROSENBERG (1979a:75) levanta duas questões fundamentais: se *"a produção do conhecimento é em geral custosa, por que 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?"* (tradução livre).

Se, o espectro de tecnologias é limitado à estrutura sócio-econômica e, em nível de empresas, limitado pelos preços atuais, quaisquer alterações nos preços ou nessa estrutura exigirão novos investimentos para adquirir tecnologia, para 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 é dependente de conhecimentos anteriores e de um processo cumulativo de pequenas melhorias graduais. Nesse aspecto, o uso consagrado de se estabelecer 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).

Portanto, o conceito de inovação, enquanto um processo econômico, precisa ser amplo para abranger sua natureza, características principais e finalmente sua dinâmica. Nesse sentido, pode-se definir tecnologia como um conjunto inter-relacionado de instrumentos, máquinas e implementos, saberes práticos de uso e de concepção e formas de organização produtivas, compreendidos em nível do conhecimento aplicável. A mudança tecnológica, ou inovação, em termos de desenvolvimento é uma ação inventiva 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.

Entretanto, as razões econômicas incentivadoras da mudança tecnológica e do progresso técnico não são apenas ou predominantemente derivadas da demanda (mercado, competição, investimento, relações custo/benefício e redução de custos), mas interligadas a fatores do lado da oferta. ROSENBERG (1979b) argumenta que, antes de mais nada, deve-se demonstrar a independência e importância da oferta, primeiro verificando-se o progresso ou evolução da ciência e tecnologia em resposta a forças independentes da necessidade econômica, na medida em que evolui ao longo de direções ou linhas determinadas; segundo, comprovando que essa sucessão estabelece um horizonte de restrições e oportunidades.

A comprovação de que as inovações seguem linhas determinadas é um assunto bastante discutido na literatura e já conhecido para o setor agrícola (SALLES FILHO, 1993, capítulo I); por outro lado, sabe-se que o atual padrão produtivo foi construído temporalmente, após o surgimento e evolução de vários ramos industriais e de desdobramentos científicos e tecnológicos que permitiram a emergência de complementaridades. Isso que ROSENBERG (1994) chama de natureza orientada da mudança tecnológica (*path-dependent nature of technological change*) é consequência 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 me-



cânicas, é de reconhecimento histórico e factual que o movimento entre o invento, o seu desenvolvimento, a verificação de testes e de resultados e a sua difusão e posteriores melhorias representam uma seqüência, ou fases, limitadas a curto prazo pelo horizonte tecnológico.

O processo de inovação, para Rosenberg, é dirigido pelas motivações da demanda, extremamente fortes para definir 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 (1979c) argumenta que o horizonte tecnológico tem imperativos que determinam uma seqüência de inovações nascidas das restrições técnicas ou pontos de estrangulamentos tecnológicos que geram uma seqüência compulsiva, dando origem ao fenômeno do *focusing devices* (sistemas de enfoque).

Os fatores indutores do *focusing devices* são:

- 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, e, no segundo caso, 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 seqüência de mudança, no sentido de que uma inovação leva a outra.
- Dificuldades de controle sobre a mão-de-obra no que se refere à mudança, absentismo e greves, gerando incertezas de obtê-la na quantidade e qualidade desejadas, ameaçando perspectivas futuras de benefícios econômicos aos empreendimentos.
- Redução drástica, eliminação ou ausência de fontes de oferta, advindas de fatores aleatórios, ou imposição de estrangulamentos 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, podem ser categorizadas neste item.

No que diz respeito à difusão da tecnologia, ROSENBERG (1979d) novamente admite que as alterações nos preços relativos têm forte influência no ritmo da difusão, embora considere que a rapidez da substituição de uma tec-

nologia por outra depende da superação de problemas ligados ao lado da oferta, tais como:

- 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.
- Desenvolvimento de habilidades técnicas entre usuários e que exige um período de aprendizagem para explorá-la 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*).
- 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.
- 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.
- Contexto institucional ligado a variáveis que podem retardar/acelerar o processo de difusão, abarcadas de forma ampla por aspectos legais, sociais e organizacionais e que implicam 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.
- Restrições geográficas, que ligam a difusão às condições ambientais derivadas da oferta de fatores, tais como: obstáculos topográficos e climáticos.
- Dotação de recursos naturais que possam impor ritmos diferenciados na adoção, dependendo do acesso e disponibilidade.

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 subconjuntos que o conformam: a área do conhecimento e a área da produção, que têm o mesmo objetivo de produzir uma tecnologia viável de ser difundida.

## 5 - 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 álcool, e as transformações ocorridas no mercado externo acabam por se refletir 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, de custos e investimento 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, transformando-os em índices e 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 (Tabela 1).

Verificou-se, inicialmente, que todos os preços, deflacionados e atualizados para dezembro de 1997, tiveram 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 subsector, 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, ocorrida 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 de o 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, 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, 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%). Isso 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.

A relação salário/preço do açúcar não apresentou tendência definida para o período completo, tanto na estimativa com o dado de 1989, quanto na estimativa sem a informação, ambas sem significação estatística para o teste t. Por outro lado, visualiza-se 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 para o período 1976-97 uma tendência de queda, ao ritmo de -1,30% ao ano

TABELA 1 - Índices Reais de Salários e de Preços de Cana, Açúcar e Alcool, Estado de São Paulo, 1976 a 1997

Ano	Índices				Relação (%)		
	Salários (1)	Cana (2)	Açúcar (3)	Alcool (4)	(1)/(2)	(1)/(3)	(1)/(4)
1976	100	100	100	100	100	100	100
1977	94	100	100	102	94	94	92
1978	117	95	93	95	123	126	123
1979	-	-	-	-	-	-	-
1980	83	93	85	95	89	98	87
1981	93	89	85	98	104	109	95
1982	79	72	68	79	110	116	100
1983	70	84	77	90	83	91	78
1984	73	83	76	87	88	96	84
1985	70	81	80	92	86	88	76
1986	56	53	52	60	106	108	93
1987	-	-	-	-	-	-	-
1988	45	51	52	61	88	87	74
1989	72	38	36	42	189	200	171
1990	35	36	34	40	97	103	88
1991	38	39	35	42	97	109	90
1992	31	44	40	48	70	78	65
1993	30	37	34	41	81	88	73
1994	30	39	35	43	77	86	70
1995	40	39	33	43	103	121	93
1996	38	47	44	49	81	86	78
1997	39	47	34	49	83	115	80

Fonte: Dados originais do Instituto de Economia Agrícola (IEA) e do INFORMATIVO da União da Agroindústria Canaveira de São Paulo (UNICA).

(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, ambas apontando para a não-substituição do fator trabalho, embora se possa visualizar 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 impli-

cam um esforço ponderável de capacitação. Apesar da insuficiência de informações, pode-se perceber, mesmo que ainda precariamente, para os anos iniciais da década de 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 e 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 hectares (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 250 toneladas 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 tratamentos 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)<sup>10</sup>, 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. 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 e MIALHE (1982) compararam o custo da colheita manual com carregamento mecânico versus a colheita por colhedoras automáticas combinadas, para a safra 1981/82, em cinco usinas paulistas. A estimativa de custos destes autores incluiu o cálculo de custos fixos mais custos variáveis para três níveis de vida útil: 100 mil toneladas, 200 mil toneladas e 300 mil toneladas. Como resultado, verificaram que até 100 mil toneladas, o custo da colheita manual era menor em 4%, invertendo-se conforme aumentava a tonelage colhida, com diferença de 19% para 200 mil e de 28% para 300 mil toneladas, em favor da colheita mecanizada.

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 transporte de cana, obrigando a paradas forçadas da colhedora por falta de caminhão no campo. Sua análise de sensibilidade, desenvolvendo levando em conta a evolução dos custos médios/t para ambos os 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. Verificou que a comparação apenas dos subsistemas 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 subsistemas de corte manual mais carregamento mecânico com os custos do corte mecânico mais infra-estrutura em cana queimada, estes ficaram 22% mais baratos que o subsistema 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 do 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, maiores do que os 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

<sup>10</sup>Confira em VEIGA FILHO et al. (1996).

de BALBO (1992), no qual os maiores custos da mecanização se deveram aos obstáculos encontrados no transporte, pela 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 70t/h, conforme experimento de FURLANI NETO et al. (1996)<sup>11</sup>. 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<sup>12</sup>.

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, 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.

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 da força de trabalho na lavoura canavieira<sup>13</sup> (VEIGA FILHO e SANTOS, 1995).

## 6 - OS FATORES INFLUENTES NA DIREÇÃO DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

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, mes-

<sup>12</sup>Brix ou matéria seca são os sólidos solúveis, compostos pelos açúcares, sais orgânicos e minerais. Fibra é a matéria seca não solúvel em água.

<sup>13</sup>Ressalte-se, porém, que a relativa fragilidade desses sinais pode ter freado o crescimento da produtividade da força de trabalho, mantendo-o num patamar relativamente mais baixo do que se poderia esperar.

<sup>11</sup>Ver também em SARTI (1997) que levantou a produtividade média de 159 máquinas colhedoras, em 20 unidades industriais, estimando-a entre 69t/ha e 90t/ha.

mo 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 próprio<sup>14</sup>, 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 e 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 produ-

to, 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 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 120t/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 interdependentes<sup>15</sup>.

<sup>14</sup>Entrevista realizada com o Diretor-Presidente da SANTAL, Arnaldo Ribeiro A. Pinto, em 30/03/98.

<sup>15</sup>Idem nota 14.

Um estudo feito por FERNANDES e 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 hectares no corte manual e de 15,6 hectares na colheita mecânica, e uma produção de 3.300 toneladas de cana em 1983, 1984 e 1985, determinando-se o Pol % cana, a fibra % cana e a pureza do caldo, utilizados na 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 10,44t/ha contra 10,11t/ha no corte mecânico, devido à superioridade do ATR no corte manual, dada pelas diferenças a seu favor nas 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 projetos<sup>16</sup>. 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 (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.

<sup>16</sup>Ressalte-se que a análise deste autor incluiu a constatação de uma série de inovações técnicas melhoradoras das *performances* das máquinas, e de um bom nível de atendimento na assistência técnica.

veis, e que a redução da velocidade de saída do ar diminuiu as perdas em ambos os sistemas, sugerindo, em conseqüência, 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), 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.

Além disso, 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 se conseguir 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, elegeram-se 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, seja 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 polêmicas<sup>17</sup>, fica cada vez mais difícil não atentar para o agravamento da poluição atmosférica pela emissão de gases poluentes e sua concentração nociva na camada denominada de troposfera (localizada a 15km de altura), ou na possibilidade de contribuir para as doenças respiratórias (ALVES et al., 1997). Ao lado disso, surgem as razões econômicas, como aquelas apontadas por RÍPOLI (1991), 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 1,08t 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 vez, 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 de o fato de sua adoção reduzir, atualmente, seus

<sup>17</sup>Ver, por exemplo, WONG (1997) e COSTA (1997b), que contestam os argumentos ditos ambientalistas.



rendimentos em aproximadamente 20%, quando comparada aos rendimentos obtidos na cana queimada, além de aumentar as perdas de cana entre 5% e 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 e MAGALHÃES (1997) propõem um modelo de substituição desses processos, reduzindo a exigência de potência máxima de 300CV para 100CV, o que provocaria uma diminuição dos custos de aquisição para uma faixa de R\$100 mil, o 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 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 e disseminá-los no setor produtivo.

## 7 - OS FATORES INFLUENTES NA DIFUSÃO DA COLHEDORA JUNTO AO 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.

Em 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 indicati-

vas 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 foi feito com apoio em informações levantadas junto a uma empresa nacional (SANTAL) e junto a uma empresa estrangeira recém-instalada no Brasil (BRASTOFT)<sup>18</sup>.

A primeira é uma empresa tradicional em São Paulo e que também produz outros equipamentos e implementos - tais como: carregadoras automotrizes 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 lançamento 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, e que representaram por volta de 70% do mercado paulista. Trata-

<sup>18</sup>Entrevista concedida por Luiz Carlos T. Bicudo, Diretor de Produção da BRASTOFT, em 10/03/98.

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 trouxeram 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<sup>19</sup>. De

<sup>19</sup>Idem nota 14.

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 7,4 milhões de hectares aptos à cultura da cana-de-açúcar, subdivididos em quatro categorias: A1, com 4,4 milhões de hectares, que apresenta condições ótimas do ponto de vista climático e edáfico; A2, com 2,1 milhões de hectares, que apresenta condições ótimas de clima e algumas restrições de fertilidade; B1, com 619 mil hectares e condições restritivas em termos de clima, deficiência hídrica sazonal e ótimas condições edáficas; e C1, com 316 mil hectares com restrição moderada de clima e ótimas condições de solo (SECRETARIA, 1987). Como a cana ocupa atualmente cerca de 2,8 milhões de hectares, 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, 1997) foi feito, elaborado para a região de Piracicaba (SP), utilizando uma matriz de critérios em que 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 hectares considerados, somente 31%, ou 54,7 mil hectares, 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 hectares, 45.200 hectares 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 hectares, percebe-se que seriam insuficientes para compensar os 45.200 hectares ocupados nas áreas inaptas.

Para que houvesse aumento da meca-

nização, 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 Jaú (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 atingidas 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 despilha de cana por queima, e instituiu a obrigatoriedade de extingui-la no prazo de oito anos nas áreas mecanizáveis e de quinze anos nas áreas não-mecanizáveis, e cujos impactos se estendem para uma repercussão no emprego e um forte movimento espacial futuro. 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) 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, em São Paulo 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 exigem para as mudanças se efetivarem em 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 a 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 tanto 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 se adotar uma nova logística operacional. Sob este último aspecto, GENTIL (1977), por exemplo, já assinalava, há muito tempo, 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. Isso 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 se materializar.

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 e BALASTREIRE, 1976), e que, atualmente, implicam o 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 necessidade de: a) alterações no comprimento dos talhões, que, no sistema manual, têm comprimento de 200m a 300m, e que precisam ser expandidos para 400m 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 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 se evitar 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. Isso implica, no mínimo, uma mudança de localização física a fim de permitir o descarregamento por gravidade (RÍPOLI e PARRANHOS, 1987).

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 1,40m x 1,40m para 1,40m x 0,80m, originando duas linhas plantadas à distância de 0,80m, seguidas de outras duas linhas plantadas a 0,80m, sendo esses duplos sulcos distanciados entre si por 1,40m, 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 canais, 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), que 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 as diferenças de capacidade estão relacionadas fortemente às características varietais (maior ou menor quantidade de folhas).

## 8 - CONCLUSÃO

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 diferenciais de custos e nos níveis de novos investimentos exigidos, tem 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, determinante da seqüência 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 che-

ga a ser modelizável e, portanto, dotada de características de previsibilidade. Por enquanto, permite apenas 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 solos aptos, na capacitação dos recursos humanos e nas melhorias complementares, entre outras.

A compreensão desse fenômeno na sua amplitude, além de permitir uma atuação de políticas públicas, visando articular seus vários aspectos com o objetivo de otimizá-lo, pode contribuir para o estabelecimento de medidas que possibilitem adequar os impactos, seja em nível do emprego e de suas transformações nas relações sociais de produção, seja em nível das rendas regionais, pelas mudanças espaciais que poderão ocorrer.

## LITERATURA CITADA

ALVES, Francisco J. da C. **Modernização da agricultura e sindicalismo: lutas dos trabalhadores assalariados rurais da região canavieira de Ribeirão Preto.** Campinas: UNICAMP, 1991. 347p. Tese de Doutorado.

\_\_\_\_\_ et al. **Impactos tecnológicos, sócio-econômicos e ambientais da implantação do corte de cana crua na região de Ribeirão Preto.** São Carlos: UFSCar, 1997. 143p. Mimeo. (Relatório final de Projeto de Pesquisa).

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, abr. 1992. p.185-204. (Encontro Técnico, 8).

BNDES. Setor sucroalcooleiro: açúcar. **Informe Setorial,** Rio de Janeiro, n.4, 1995.

BOLETIN MUNDIAL DE LOS CANEROS Y LOS REMOLACHEROS. Las politicas mundiales de azúcar tras el Uruguay round. In: CONFERÊNCIA DE PRODUCTORES DE CAÑA Y REMOLACHA AZUCARERAS, 6., Paris, jul./set. 1997.

BOLLING, Chris; SUAREZ, Nydia R. Brazil's sugar industry. **Sugar and Sweetener, Situation and Outlook Report,** Washington, p.10-11, Mar. 1996.

BONINE JUNIOR, P. A. Colheita mecanizada em cana-de-açúcar: viabilidade operacional e econômica. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 5., Águas de São Pedro, ago. 1993. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1993. p.186-191.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. Colheita de cana inteira crua. **JornalCana,** Ribeirão Preto, v.4, n.41, p.26-27, maio 1997.

*Informações Econômicas, SP, v.28, n.11, nov. 1998.*

- CARVALHO, Luiz C. C. Mercado nacional e internacional do açúcar e do álcool. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 2. Piracicaba: Comissão Organizadora, 1997. p.16-28.
- CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA (CEE). **Pesquisa de mercado do álcool de cana produzido no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1987. 155p. Mimeo.
- CERRO, J. **La actividad azucarera a nivel internacional: política económica y evolución**. México: GEPLACEA, 1995. 101p. Mimeo.
- \_\_\_\_\_. Situação da indústria açucareira e suas perspectivas. In: CONFERÊNCIA REALIZADA NO CONGRESSO DA CONFEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, 16., Águas de São Pedro, SP, 12-17 out. 1997.
- CO-GERAÇÃO de energia atrai recursos externos. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 17 mar. 1997.
- COMISSÃO TÉCNICA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Relatório preliminar sobre processos de colheita**. São Paulo: SAA, 1997. Mimeo.
- COPERSUCAR. **Proócool: fundamentos e perspectivas**. 2.ed. São Paulo, 1989. 121p.
- CORDEIRO, Ellen. Exportação de açúcar pode crescer 3%. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 25 fev. 1998a.
- \_\_\_\_\_. Grupo Cosan reduz custos. \_\_\_\_\_, São Paulo, 08 jul. 1997a.
- \_\_\_\_\_. Preço acumula queda de 9,6% em junho. \_\_\_\_\_, São Paulo, 22 jun. 1998b.
- \_\_\_\_\_. Queda na exportação de açúcar aos EUA será de US\$55 mi. \_\_\_\_\_, São Paulo, 22 set. 1997c. Caderno C, p.7.
- \_\_\_\_\_. Usina da Barra melhora produtividade. \_\_\_\_\_. São Paulo, agosto, 1997b.
- COSTA, Edson A. da. Proibição de queimadas pode paralisar usinas. \_\_\_\_\_, São Paulo, 21 ago. 1997b. Caderno A, p.12.
- \_\_\_\_\_. Santa Elisa une-se ao Bradesco e cria a maior usina mundial. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 6 out. 1997c. Caderno C, p.8.
- \_\_\_\_\_. Usinas reduzem custos com a troca de terras. \_\_\_\_\_, São Paulo, 19 jun. 1997a.
- EID, Farid. Progresso técnico na agroindústria sucroalcooleira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.26, n.5, p.29-36, maio 1996.
- FERNANDES, Antonio C.; IRVINE, James E. Comparação da produtividade da cana-de-açúcar por colheita mecanizada e manual. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.6, p.112-116, jul./ago. 1986.
- FERNANDES, Antonio C.; OLIVEIRA, E. R. Impurezas em carregamento de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, n.5, p.5-8, 1977.
- FISHER, A. L. Impactos do proócool para a administração do trabalho agrícola na agroindústria canavieira. In: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 17., Salvador, 27-29 set. 1993. Salvador, 1993. v.5, p.149-168.

- FREITAS, P. G. R. Experiências e resultados de cortadoras mecânicas. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.1, n.1, p.62-63, nov. 1981.
- FURLANI NETO, Victorio L. Colhedora combinada aumentou produtividade no canavial. \_\_\_\_\_, São Paulo, v.6, n.30, p.54-58, set./out. 1986.
- \_\_\_\_\_. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB**, São Paulo, v.12, n.3, p.8-9, jan./fev. 1994.
- \_\_\_\_\_. 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. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB, 1996. p.533-541.
- GANDINI, M. O. **Comparação técnico-econômica entre colheita manual e colheita mecânica**. s.N.t., 1990. Mimeo.
- 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.
- GEMENTE, A. C.; STURION, A. C. Pagamento de cana pela qualidade no Brasil. **Boletim Técnico Planal-sucar**, São Paulo, v.3, n.79, abr./maio 1981.
- GONÇALVES, José S. **Mudar para manter**: análise do processo de pseudomorfose da agricultura brasileira. Campinas: UNICAMP/IE, 1997. 469p. Tese de Doutorado.
- 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.
- HOSSEPIAN, M. Preços de açúcar sobem em Nova York. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 28 jun. 1998.
- MAGRO, J. A. Sistema cana crua, uma opção ecológica e moderna. **Copercitrus - Informativo Agropecuário**, São Paulo, v.12, n.133, p.28-29, 1997.
- MECANIZAÇÃO da colheita de cana atrai empresas. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 1 maio 1997.
- MELLONI, Eugênio. Surge polêmica na co-geração de energia. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 8 out. 1997. Caderno C, p.1.
- MIRANDA-STALDER, Sílvia H. G.; BURNQUIST, Heloísa L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.34, n.3/4, p.103-119, jul./dez. 1996.
- MORAES, E. E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecânica**. Campinas: UNICAMP, 1992. 92p. Dissertação de Mestrado.
- MUDANÇA exige investimento de R\$ 3 bilhões. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 21-22 abr. 1997.

- PEARCE, J. O sistema de pagamento da cana-de-açúcar na Austrália. In: CONFERÊNCIA REALIZADA NO CONGRESSO DA CONFEDERAÇÃO IBEROAMERICANA DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇUCAR, 16., Águas de São Pedro, SP, 12-17 out. 1997.
- RÍPOLI, Tomas C. **Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) - equacionamento dos balanços energético e econômico.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1991. 150p. Tese de Livre Docência.
- \_\_\_\_\_; BALASTREIRE, L. A. Contribuição ao estudo do sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.87, n.4, p.11-17, abr. 1976.
- \_\_\_\_\_; 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.
- \_\_\_\_\_; PARANHOS, S. B. Sistemas de colheita. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.519-597.
- \_\_\_\_\_; VILLANOVA, N. A. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB**, Piracicaba, v.11, n.1, p.28-31, set./out. 1992.
- \_\_\_\_\_ et al. O corte manual na cana verde. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.15, n.77, p.28-30, dez.1994/ jan.1995.
- ROSENBERG, Nathan. La dirección del cambio tecnológico: mecanismos de inducción y sistemas de enfoque. In: \_\_\_\_\_. **Tecnología y economía.** Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979c. p.120-139.
- \_\_\_\_\_. **Exploring the black box: technology, economics and history.** Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 274p.
- \_\_\_\_\_. Factores que afetam la difusión de tecnología. In: \_\_\_\_\_. **Tecnología y economía.** Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979d. p.208-231.
- \_\_\_\_\_. Karl Marx y el papel económico de la ciencia. In: \_\_\_\_\_. **Tecnología y economía.** Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979b. p.140-153.
- \_\_\_\_\_. Problemas del economista en la conceptualización de innovación tecnológica. In: \_\_\_\_\_. **Tecnología y economía.** Barcelona: Gustavo Gilli SA, 1979a. p.73-97.
- SALLES FILHO, S. L. M. **A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia.** Campinas: UNICAMP, 1993. Tese de Doutorado.
- 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, 1987. 131p.
- SARTI, G. Custos e performance de colhedoras de cana. In: ENCONTRO TÉCNICO, 13., Ribeirão Preto, abr. 1997. p.447-463.
- 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.



- SELEGATO, S. L. Análise das máquinas disponíveis no mercado. In: ENCONTRO TÉCNICO: COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE-AÇUCAR. Ribeirão Preto; abr. 1992. p.143-184.
- SILVA JUNIOR, J. F. Pagamento de cana pelo teor de sacarose. **STAB**, Piracicaba, v.10, n.2, p.10-20, nov./dez. 1991.
- SILVEIRA, Ana C. A Dedini investe R\$ 12,5 milhões. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 29 set. 1996. Caderno B, p.16.
- SPAROVEK, G. Informações geográficas para a identificação de áreas com potencialidade para colheita de cana crua. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇUCAR DE PIRACICABA, 2., 1997. **Anais...** Piracicaba: Comissão Organizadora, 1997. p.58-60.
- STURION, A. C. Produtos e subprodutos do bagaço em países membros do GEPLACEA. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.3, p.47-51, jan./fev. 1986.
- STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo, utilização**. Piracicaba: **Fundação Cargil**, 1987. v.2, p.761-804.
- SUGAR AND SWEETENER: Situation and Outlook Report. Washington: USDA, Nov. 1994.
- SZMRECSÁNYI, Tamas. **Efeitos e desafios das novas tecnologias na agroindústria canavieira**. Campinas: UNICAMP/IG/DPCT, 1993. 35p. (Textos para Discussão, n.13).
- \_\_\_\_\_. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Hucitec/UNICAMP, 1979. 540p.
- SZMRECSÁNYI, Tamas; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a II Guerra Mundial. **Revista de Estudos Avançados**, São Paulo, v.11, p.59-79, jan./abr. 1991.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). Proálcool - Programa Nacional do Álcool: relatório de auditoria operacional. Brasília, 1990. 116p. Mimeo.
- TOLEDO, Paulo E. N.; YOSHII, Regina J.; OTANI, Malimíria N. 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, v.4, n.45, ed. esp., p.29, set. 1997.
- VEIGA FILHO, Alceu de A.; SANTOS, Zuleima 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.
- \_\_\_\_\_; GATTI, Elcio U.; MELLO, Nilda T. C. de. O programa nacional do álcool e seus impactos na agricultura paulista. **Estudos Econômicos**, São Paulo, n. esp., p.61-82, set. 1981.
- VEIGA FILHO, Alceu de A. et al. **Cadeia agroindustrial do açúcar, álcool e subprodutos**. São Paulo: SAA, 1996. 19p. Mimeo.
- WONG, Anthony. Apagar o fogo dos canaviais. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 29 ago. 1997.

YOSHII, Regina J.; CARVALHO, Flávio C. de; VEIGA FILHO, Alceu de A. Situação atual e perspectivas do 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.

### **FATORES EXPLICATIVOS DA MECANIZAÇÃO DO CORTE NA LAVOURA CANAVIEIRA PAULISTA**

**SINOPSE:** A análise feita sugere - face à intensa desregulamentação econômica ora enfrentada pelo subsetor 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.

O caso paulista revela que certos fatores do lado da demanda - principalmente a evolução dos salários em relação aos preços - não foram até agora francamente estimulantes. 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 à 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, até a restrição dos solos aptos, além de ser 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.

**Palavras-chave:** mecanização, cana-de-açúcar, tecnologia.

### **EXPLANATORY FACTORS FOR THE CUTTING MECHANIZATION OF SÃO PAULO 'S SUGARCANE CROP**

**ABSTRACT:** The analysis suggests, vis-a-vis the strong economic deregulation the Brazilian sugarcane industry has been facing associated with great changes in the international markets, the need for adjustments that will conform this sector to a new and more competitive reality. In this new situation, the generation and diffusion of technological innovations become prime vectors. The desired increase in competitiveness relies heavily on the technical progress in agriculture, sugarcane being a raw material heavily weighing in the costs 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 in the reduction of these total costs.

The case of São Paulo state reveals that some demand-side factors - mainly the evolution of wages relative to prices - have not been exceedingly stimulating up to now. On the other hand, supply-side evidence about the factors influencing the technological development trend show many incremental and systemic advances. These amplify not only the adaptability of the machines and equipment available for São Paulo's farming conditions, but also the machines harvesters 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. As for the diffusion process, some great difficulties can be perceived on account of the complexity of the factors involved. Among them are the need for adopting a new agricultural planning system and adjusting

*it to the mechanical harvesting; the restriction of the soil's aptitude, determined by the strategies of agricultural machines manufacturers, the structural changes both in the labour processes and in the industry's organization, in addition to the incremental improvements that have been optimizing the use of machines and the crops physical returns.*

**Key-words:** *mechanization, sugarcane, technology.*

---

Recebido em 31/08/98. Liberado para publicação em 08/10/98.