

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

A DINÂMICA TECNOLÓGICA DA AGRICULTURA:
PERSPECTIVAS DA BIOTECNOLOGIA

Sergio Luiz Monteiro Salles Filho

Orientador: Prof. Mario Luiz Possas

Este exemplar corresponde ao original da tese defendida por Sergio Luiz Monteiro Salles Filho em 05.03.93 e orientada pelo Prof. Dr. Mario Luiz Possas.

Tese apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas como requisito para obtenção do título de Doutor em Economia na área de Política Econômica.

Campinas, março de 1993

Sa34d

19027/BC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

A

Julieta, Maiara, Laura e Rodrigo.

Pessoas que me fizeram aprender tanto que
nem saberia dizer quanto.

A eles, dedico esta tese.

AGRADECIMENTOS

Dentre as várias pessoas - colegas, amigas e amigos - que me ajudaram a elaborar, discutir e redigir este trabalho, gostaria de fazer menção especial àquelas que, por vários motivos, dispensaram preciosa atenção aos meus "insolúveis" problemas. Com toda certeza, essas pessoas têm participação nos créditos dessa tese, seja pela contribuição ao trabalho em si, seja pelo que isso representa para minha vida pessoal e profissional. Assim, externo meus modestos agradecimentos:

- ao Prof. Mario Possas, de quem, mais do que uma orientação para a tese, recebi ensinamentos fundamentais que me fizeram crescer academicamente e me permitiram encontrar terreno fértil para elaborar muitos dos temas a que hoje me dedico;
- ao Prof. José Maria da Silveira, amigo daqueles difíceis de encontrar e companheiro de trabalho há muitos anos, ele é o responsável direto por meu interesse nos temas que discuto nesta tese. É com satisfação que registro sua participação em boa parte das idéias que aqui procuro expressar e defender;
- ao Prof. Rui Albuquerque, outro amigo e parceiro de trabalho que nunca deixou de me "socorrer" sempre que precisei, e não apenas durante a realização desta tese, mas desde que o conheci, há cerca de 10 anos. Sua presença otimista, mesmo em tempos nada fáceis, trouxe-me energia necessária para prosseguir - e o que é melhor - com confiança;
- ao Prof. Sergio Queiroz, também amigo do peito e companheiro de ofício, com quem tive o privilégio de poder contar em muitos momentos cruciais de minha vida acadêmica e pessoal, e com quem travei discussões da maior importância para a solução de dúvidas conceituais e estruturais que surgiram no decorrer desta tese;
- a todos os colegas do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da UNICAMP, pelo apoio e confiança, e particularmente aos Professores Amílcar Herrera, Tamás Szmrecsányi, Renato Dagnino, André Furtado e Léa Velho, que no ano de 1992 não mediram esforços para que eu pudesse me dedicar integralmente a este trabalho;
- à Dona Elísia, que junto com a Mariete batalhou para me proporcionar a indispensável tranqüilidade em casa;

- a Maria Beatriz Bonacelli, amiga e colaboradora, que participou diretamente de vários trabalhos de pesquisa que serviram de base a esta tese, e que hoje, por estar estudando em outro país, faz falta por esses lados;
- a Rosângela Araújo, secretária do DPCT, que sempre atendeu às minhas solicitações "para ontem", e que "torceu" todo o tempo para que eu alcançasse meus objetivos;
- aos demais funcionários do Instituto de Geociências, especialmente a Maria Cristina Veglia e a Neide dos Santos Furlan, de quem sempre recebi estímulo e pensamentos positivos.
- a Márcia Leitão e Alberto Curti, da Secretaria de Pós-Graduação do Instituto de Economia, atenciosos em todos os momentos: antes, durante e após a realização do curso.

"Polo: ... Pode ser que os terraços deste jardim só estejam suspensos sobre o lago das nossas mentes...

Kublai: ... E por mais longe que as nossas atribuladas funções de comandante e mercador nos levem, ambos tutelamos dentro de nós esta sombra silenciosa, esta conversação pausada, esta tarde sempre idêntica.

Polo: A menos que não se dê a hipótese oposta: que aqueles que se afanam nos acampamentos e nos portos só existem porque nós dois pensamos neles, fechados neste tapume de bambus, sempre imóveis.

Kublai: Que não existem o esforço, os gritos, as pragas, o fedor, mas apenas esta azaléia.

Polo: Que os carregadores, os pedreiros, os lixeiros, as cozinheiras que limpam as entranhas dos frangos, as lavadeiras inclinadas sobre a pedra, as mães de família que mexem o arroz aleitando os recém-nascidos, só existem porque pensamos neles.

Kublai: Para falar a verdade, jamais penso neles.

Polo: Então não existem.

Kublai: Não me parece ser esta uma conjectura que nos convenha. Sem eles, jamais poderíamos continuar balançando encasulados em nossas redes.

Polo: Devemos rejeitar a hipótese, então. Portanto, a hipótese verdadeira é a outra: são eles que existem, não nós.

Kublai: Acabamos de demonstrar que, se nós existíssemos não existiríamos.

Polo: Ei-nos aqui, de fato."

Italo Calvino, "As Cidades Invisíveis".

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
-----------------------	---

PARTE I - A DINÂMICA TECNOLÓGICA DA AGRICULTURA

INTRODUÇÃO	3
------------------	---

CAPÍTULO I - BREVE HISTÓRICO DA FORMAÇÃO DO PADRÃO TECNOLÓGICO MODERNO E AS PRINCIPAIS VERTENTES TEÓRICAS PARA SUA INTERPRETAÇÃO.....	5
---	---

Seção I.1 - Uma breve revisão da formação do padrão tecnológico moderno com vistas a uma interpretação dinâmica	5
---	---

I.1.1 O primeiro momento: formação das bases técnico-científicas do padrão tecnológico vigente	6
--	---

I.1.2 O segundo momento: aceleração e consolidação do padrão moderno	18
--	----

I.1.3 Um resumo das principais características do padrão tecnológico moderno	31
--	----

Seção I.2 - A inovação tecnológica na literatura econômica agrícola: perspectivas vigentes e conceitos básicos	37
--	----

I.2.1 O capital frente às especificidades da agricultura.....	38
---	----

I.2.2 Fatores (recursos) tradicionais e fatores (recursos) modernos	45
---	----

I.2.3 A direção da inovação pelos sinais de mercado.....	52
--	----

I.2.4 Relações agricultura/indústria	58
--	----

I.2.5 Elementos conceituais e indicações para um enfoque alternativo	64
--	----

CAPÍTULO II - UM ENFOQUE DINÂMICO PARA A GERAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA	71
---	----

II.1 Conceitos básicos sobre o processo de geração e de difusão de inovações	71
--	----

II.1.1 Demanda e oferta de tecnologia.....	72
--	----

II.1.2 Trajetórias e paradigmas tecnológicos, "guide posts" e paradigmas técnico-econômicos	78
---	----

A) Os conceitos de trajetórias e paradigmas tecnológicos.....	81
---	----

B) Paradigmas técnico-econômicos.....	84
---------------------------------------	----

II.1.3 Demanda e oferta na difusão de tecnologia	87
--	----

A) Difusão pela ótica da demanda	88
B) A difusão como um processo interativo e dinâmico	90
II.1.4 A concepção e o papel do ambiente institucional	94
Seção II.2 - Paradigmas e trajetórias tecnológicas na agricultura: uma proposta de interpretação	97
II.2.1 As fontes de inovação na agricultura	97
II.2.2 Os tipos de inovação na agricultura	110
II.2.3 Novas áreas-problema e perspectivas de mudanças nos paradigmas tecnológicos.....	116
PARTE II - BIOTECNOLOGIA: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS	
INTRODUÇÃO	127
CAPÍTULO III - BIOTECNOLOGIA EM NÍVEL INTERNACIONAL E SUA INSERÇÃO COMO NOVA TECNOLOGIA	128
Seção III.1 - Os termos de um debate recente	128
Seção III.2 - Evolução e situação presente da biotecnologia em nível internacional ...	136
III.2.1 Alguns indicadores da evolução recente	136
III.2.2 Novas firmas, velhos setores	140
III.2.3 Os setores tradicionais e as novas tecnologias	145
III.2.4 A cooperação como arranjo necessário em uma fase de transição	150
III.2.5 A base de apoio do setor público à pesquisa e ao investimento	153
Seção III.3 - Conclusões acerca da evolução recente	159
III.3.1 Um paradigma em gestação?	160
III.3.2 Condicionantes centrais do processo evolutivo	164
CAPÍTULO IV - TENDÊNCIAS DA BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA: EVOLUÇÃO RECENTE E PERSPECTIVAS PARA PAÍSES MENOS DESENVOLVIDOS	168
Seção IV.1 - Características e tendências recentes da biotecnologia na agricultura	169
IV.1.1 Defasagens setoriais da biotecnologia: uma explicação em termos de ambientes concorrenciais	169
IV.1.2 Características técnicas e potencial tecnológico da biotecnologia na agricultura.....	178

IV.1.3 Os rumos da biotecnologia agrícola: limites técnicos da manipulação de caracteres genéticos quantitativos.....	185
Seção IV.2 - Um breve perfil da situação e das perspectivas da biotecnologia agrícola na América Latina e no Brasil.....	191
IV.2.1 Particularidades da biotecnologia na América Latina e no Brasil.....	192
IV.2.2 Perspectivas de desenvolvimento das agrobiotecnologias para os países latino-americanos	206
 CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	 212
BIBLIOGRAFIA	227

INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho se origina de duas motivações, alimentadas em simultâneo ao longo dos últimos oito anos, quando se iniciou um conjunto de estudos sobre os impactos das novas tecnologias - mormente da biotecnologia sobre a produção de alimentos - junto ao Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da UNICAMP e que, desde cedo, foi conduzido em estreita colaboração com colegas do Instituto de Economia desta mesma Universidade.

Correspondendo à maior dedicação em estudos e pesquisas de campo, a primeira motivação foi a de discutir criticamente as perspectivas técnicas e econômicas da moderna biotecnologia, numa tentativa de "pôr os pés no chão" em meio a uma empolgante onda de promessas de transformações na base produtiva de alguns dos principais ramos da indústria contemporânea; a segunda motivação foi a de repensar, teoricamente, os mecanismos envolvidos no processo de geração e difusão de tecnologias para a agricultura. A ponte entre os dois temas foi construída ao longo destes oito anos. Ela não era, para nós, tão evidente quanto se apresenta hoje no corpo deste trabalho. Mas sua concepção é simples: as estreitas relações que o potencial tecnológico da moderna biotecnologia têm com a produção agrícola devem ser estudadas com instrumentos teóricos que permitam explicar o processo de inovação tecnológica na agricultura. Elaborou-se assim um trabalho com um triplo desafio: discutir a dinâmica de inovação na agricultura; analisar o desenvolvimento recente da moderna biotecnologia; e refletir sobre as potencialidades desta na agricultura a partir do entendimento daquela dinâmica.

No primeiro desafio, os elementos norteadores são os de encontrar um arcabouço teórico que possibilite entender a inovação na agricultura como um processo dinâmico, baseado em fontes internas e externas de geração e difusão e em tipos complexos e interativos de tecnologias. A busca de um referencial histórico, não determinista e evolutivo, é o tema da primeira parte deste trabalho, além de servir, em alguma medida, como ferramenta para analisar o próprio processo de desenvolvimento da biotecnologia.

A biotecnologia é o tema da segunda parte do trabalho. Sobre ela procuramos apresentar dados e análises que sirvam para discutir, com "os pés no chão", suas efetivas potencialidades e seus atuais impactos, tanto no conteúdo mais geral das diversas áreas de aplicação, como na agricultura em particular. Desenvolvemos também algumas questões relativas às especificidades da biotecnologia nos países menos desenvolvidos, mormente nos países latinoamericanos, com certo destaque ao Brasil, sem contudo realizar incursões mais pormenorizadas na proposição de políticas de desenvolvimento nestes países. As conclusões a que chegamos nesta parte são trabalhadas para identificar os principais caminhos que vêm sendo trilhados pela moderna biotecnologia, conformando, neste nível de análise, elementos que julgamos essenciais para a reflexão de políticas.

Nas conclusões finais procuramos analisar as perspectivas de mudanças no padrão tecnológico na agricultura e o papel que a biotecnologia pode assumir e está assumindo neste processo. A idéia básica é a de explicitar e analisar um duplo movimento, interrelacionado, entre condicionantes que impulsionam por mudanças no padrão tecnológico da agricultura (tais como os relacionados à não degradação do ambiente e ao esgotamento de trajetórias tecnológicas) e condicionantes que partem do desenvolvimento de tecnologias que se viabilizam no novo conhecimento científico e tecnológico da moderna biotecnologia.

O trabalho mostra a existência de um período de transformações do padrão tecnológico da agricultura, no qual a diretriz fundamental do crescimento da produção por área, que foi o fulcro da estruturação do esforço tecnológico no padrão ainda em vigor, cede lugar a outros objetivos tão ou mais importantes, como a produção conservacionista, sem ação deletéria ao ambiente; a racionalização do uso de insumos, como pesticidas, fertilizantes, energia e água; e a incorporação de características qualitativas às variedades, o que resulta em inovações de produto na agricultura. É nesta direção que, argumentamos, os impactos da moderna biotecnologia deverão se fazer sentir nos próximos 10 anos.

PARTE I

A DINÂMICA TECNOLÓGICA DA AGRICULTURA

INTRODUÇÃO

A tarefa à qual nos propomos nesta parte do trabalho tem dois objetivos: primeiro discutir o tema da inovação tecnológica na agricultura e os desafios teóricos que ele coloca; segundo procurar nesta discussão os elementos necessários para o estudo do impacto das novas tecnologias, mormente da biotecnologia. Explorar essa temática, para nós, é uma tentativa de recolocar, esperamos que em novos termos, um debate mal resolvido da literatura econômica direta e indiretamente dedicada ao assunto.

Há uma porção de dogmas que sobrevivem ao tempo e às idéias, que, entre outros efeitos, têm criado e ampliado diferenças conceituais para distinguir a economia rural das ciências econômicas em geral. Não se trata, no pequeno espaço deste trabalho, de revisar os conceitos específicos que foram criados para explicar os fenômenos econômicos da agricultura, com o fim de redimi-los ao âmbito mais geral das ciências econômicas. Procuraremos, antes, questionar os fundamentos dos poucos conceitos específicos que estão referidos à inovação tecnológica na agricultura, levando a análise para um plano mais geral, do papel das inovações tecnológicas nas estruturas produtivas (agrícolas e não agrícolas, não importa) e nos ambientes concorrenciais que se formam nos mercados agrícolas, entre estes e os fornecedores de tecnologia e entre os próprios fornecedores de tecnologia.

Acreditamos que um referencial baseado na idéia mais geral das condições dinâmicas da economia capitalista, que tenha na concepção schumpeteriana de concorrência seu moto principal, forneça os elementos fundamentais para o estudo da inovação tecnológica na agricultura. Não se deve esperar deste intento uma proposta teórica acabada, mas tão somente a postulação de critérios básicos que, acreditamos, podem ter utilidade para aqueles que se dedicam ao tema da inovação tecnológica na agricultura e, por que não dizer, da inovação em seus

determinantes gerais, já que "especificidades", como iremos argumentar, não são privilégio da agricultura, mas de todo e qualquer objeto de análise.

Para empreender tal tarefa estruturamos esta parte em dois capítulos, a saber: o primeiro faz uma revisão histórica da formação do padrão tecnológico da agricultura, que se caracteriza pela busca da intensificação da produção por homem e por área cultivada, através do uso intensivo de insumos industriais (normalmente classificados como químicos, físicos e biológicos), ao qual chamamos de padrão moderno ou de padrão vigente; em seguida descrevemos, de forma crítica e resumida, alguns enfoques da literatura econômica que procuram direta ou indiretamente explicar a formação deste padrão e a lógica inovativa que ele comporta. O segundo capítulo descreve os princípios que norteiam uma interpretação dinâmica da formação do padrão tecnológico e dos mecanismos inovativos que o constituem, em sequência estes conceitos são aplicados para a discussão de fontes e tipos de inovação na agricultura, bem como para balizar o estudo que será feito na próxima parte, sobre os impactos da biotecnologia na agricultura.

CAPÍTULO I - BREVE HISTÓRICO DA FORMAÇÃO DO PADRÃO TECNOLÓGICO MODERNO E AS PRINCIPAIS VERTENTES TEÓRICAS PARA SUA INTERPRETAÇÃO

Enfocar a conformação do padrão moderno de produzir na agricultura e discutir algumas perspectivas analíticas existente: na literatura, é uma tarefa que embora possa estar em boa parte cumprida, reveste-se de particular importância para este trabalho, como base para as discussões sobre geração e difusão de tecnologia agrícola e sobre a conformação de paradigmas tecnológicos na agricultura.

Seção I.1 - Uma breve revisão da formação do padrão tecnológico moderno com vistas a uma interpretação dinâmica

A preocupação desta seção é a de descrever, de forma sucinta, a evolução do padrão tecnológico que hoje predomina na agricultura, mostrando que para ele concorreram trajetórias distintas, ligadas não apenas a diferentes áreas do conhecimento, como também a diferentes indústrias, cujas origens e desdobramentos convergiram, em maior ou menor grau, para a constituição, não intencional, de um todo com contornos bem identificáveis. Assim, esta breve reconstituição histórica tem apenas a pretensão de mostrar que as partes que compõem este todo têm histórias e determinações próprias, que não podem ser identificadas tão somente pela análise do todo, como é feito na maior parte da literatura.

Em linhas gerais, há consenso sobre como o modo de produção agrícola evoluiu e de como o progresso técnico tem estreita relação com esta evolução: de um modo autônomo e auto-centrado (numa propriedade ou numa comunidade rurais, no sentido de *como* e de *para quem* produzir), até a generalização de um modo interdependente e voltado para o mercado, a introdução de inovações é vista como um elemento imprescindível, já que seria o único caminho para superar as restrições naturais próprias da agricultura, especialmente aquelas relativas à disponibilidade e à fertilidade dos solos e ao ritmo pré-determinado dos seres vivos. A terra, assim como o ciclo biológico das espécies cultivadas, são comumente vistos como especificidades que impõem limites "óbvios" ao desenvolvimento da agricultura.

I.1.1 O primeiro momento: formação das bases técnico-científicas do padrão tecnológico vigente

O lento e irreversível processo de mudanças que a agricultura sofreu a partir da Revolução Industrial, quando as primeiras máquinas agrícolas vinham propor o desuso de ferramentas tradicionais, tornando-as rudimentares frente à complexidade de, por exemplo, uma ceifa-colheitadeira, foi sensivelmente acelerado no século XX. O uso de máquinas agrícolas, representadas, em primeiro lugar, pelas semeadeiras e colheitadeiras, iniciou uma verdadeira revolução tecnológica na agricultura, porque não apenas elas retinham a capacidade de muitos homens trabalhando juntos e ao mesmo tempo, como também possibilitavam a incorporação acelerada de fronteiras agrícolas, tal como se deu nos E.U.A, e o cultivo de terras até então consideradas inapropriadas, seja pela topografia, seja por suas condições de umidade e de friabilidade. O século XIX foi palco destas mudanças, e do início do uso de conhecimentos de base científica para a produção de inovações capazes de interferir, direta e indiretamente, nas "restrições naturais" da produção agrícola à qual fizemos referência.

No século XVIII, as primeiras inovações que se deram no desenrolar da Revolução Agrícola inglesa (cuja principal característica foi a apropriação e o cercamento das terras de produção comum), estavam fundamentalmente relacionadas às práticas agrônômicas, como a aração profunda, a rotação de culturas e o abandono progressivo da técnica dos três afolhamentos, pela supressão dos períodos de pousio.¹

As mudanças na forma de produzir na agricultura, ocorridas no terço final do século XVIII e inicial do século XIX, foram referidas por KAUTSKY (1986) e BOSERUP (1987), entre outros autores, como mudanças que intensificavam a exploração da terra. Passou-se, com o aumento do número de proprietários, com o auxílio de novas técnicas, e com o emprego mais organizado e mais intensivo de mão-de-obra, a produzir-se mais em solos já em cultivo e a incorporar, em

¹ Para uma discussão sobre as transformações pelas quais passava a agricultura inglesa no século XVIII, no que se convencionou chamar de Revolução Agrícola, ver KAUTSKY, 1986, capítulo III. Para um enfoque que relaciona isto às mudanças tecnológicas trazidas com a Revolução Industrial, ver LANDES, 1980, páginas 69 a 77; e MANTOUX, 1988, particularmente o terceiro capítulo.

estágios produtivos mais avançados do que até então se fazia, solos ainda não cultivados. KAUTSKY (1986) mostra que entre o final do século XVIII e o início do XIX houve não apenas um aumento significativo da produção agrícola, mas também uma grande diversificação de produtos. Para o autor, teria sido a continentalização da Revolução Agrícola inglesa, com sua característica de estar dirigida para o mercado, o detonador do que ele, em 1899, chamou de "agricultura moderna" (KAUTSKY, 1986:38).

BOSERUP (1987) foi quem enxergou com mais entusiasmo a tese do poder que teve a intensificação do trabalho sobre a terra em transformar a agricultura. Para a autora (que combatia com veemência todas as visões Malthusianas), o aspecto fundamental dos progressos verificados na produção de alimentos e de outros produtos agrícolas, estava justamente no aumento da frequência do uso do solo, imposto pela "variável independente" do crescimento populacional (BOSERUP, 1987:7-9) e realizado com o fim dos períodos de pousio observados no sistema dos três afolhamentos.²

Não se quer com isto dizer que as invenções, depois transformadas em inovações tecnológicas, não tenham sido importantes, mas sim que esta primeira grande mudança da forma de produzir na agricultura, estava, sobretudo, alicerçada em mudanças organizacionais profundas, que remetiam ao próprio modo de produção, como por exemplo, o cercamento e apropriação privada das terras, o fim da imposição dos três afolhamentos e o incremento da especialização e da divisão do trabalho na agricultura, com o conseqüente aumento da agricultura comercial. Como mostra LENIN (1980), o que importa é que muda a forma de exploração da terra, que passa crescentemente a ter caráter capitalista.³

² Deve-se registrar que BOSERUP (1987) não estava preocupada em explicar a modernização agrícola entre os séculos XVIII e XIX, mas tão somente explicar que o desenvolvimento da agricultura e das comunidades agrícolas, deu-se de forma contínua, e que foi a intensificação do uso da terra, pela redução dos pousios, o fator-chave dos primeiros passos do desenvolvimento agrícola. Voltaremos, na segunda seção do segundo capítulo, a discutir estes aspectos desde o ponto de vista da geração de tecnologia.

³ Mais uma vez cabe lembrar que tampouco LENIN (1980) estava discutindo estritamente o ponto em questão, mas sua citação justifica-se para explicitar a forma mais apropriada para o que estamos querendo dizer.

Do ponto de vista das mudanças tecnológicas per se, MANTOUX (1988) indica que o marco fundamental das inovações no período teria sido a publicação de um livro de práticas agrícolas, elaborado por Jethro Tull, um britânico que se dedicou à reflexão empírica do modo de se produzir na agricultura e que estabeleceu várias e fundamentais inovações que alteraram os métodos tradicionais de produção. Nas palavras de MANTOUX (1988:146), aquele agricultor/inventor "representava, se não o espírito científico propriamente dito, pelo menos algo que a isso se assemelhava: o empirismo esclarecido que freqüentemente leva às descobertas". KOHLMAYER & HERUN (1961) lembram, a propósito, que apesar das incursões aos cálculos matemáticos, foram métodos empíricos, de tentativa e erro, que determinaram os princípios fundamentais da construção, por exemplo, de arados que precisavam ser aplicados a diversos tipos de terrenos.

Por outro lado, e já no século XIX, os princípios estabelecidos por Justus Von Liebig, relativos à identificação de elementos inorgânicos fundamentais ao crescimento dos vegetais e à indicação de que a indisponibilidade de apenas um destes elementos comprometia todo o desenvolvimento da planta, apesar da presença de outros igualmente fundamentais, oferecia uma base científica para o posterior uso de fertilizantes, cuja composição deveria ser devidamente balanceada para não restringir a atividade fisiológica das plantas. Há mesmo autores que consideram este o marco fundamental da agricultura moderna, face à transformação que provocou no modo de pensar a agricultura.⁴

HAYAMI & RUTTAN (1988), citando um artigo de Abbott Payson Usher, publicado no *Quarterly Journal of Economics* de maio de 1923, descrevem os fundamentos das proposições de Liebig: a) o nitrogênio utilizado pelas plantas era proveniente do ar; b) os elementos eram absorvidos pelas plantas na forma inorgânica; c) a análise das cinzas das plantas poderia quantificar os minerais essenciais; e d) o crescimento da planta seria determinado pelo elemento em menor quantidade no solo (HAYAMI & RUTTAN, 1988:80). Estas proposições colocavam novos rumos ao manejo dos solos e ao uso de fertilizantes, dado que

⁴ A este respeito ver JOHNSTON & KILB (1977:200)

diagnosticavam a causa do esgotamento e propunham uma solução: aplicar os minerais essenciais nas quantidades necessárias ao crescimento das plantas.⁵

Assim, no decorrer do século XIX, química do solo, genética, botânica, fisiologia vegetal e ocasionalmente princípios físicos, mormente da hidráulica e da mecânica, começavam a operar transformações no empirismo que predominava nas técnicas agrícolas de produção.

Ao mesmo tempo, vale lembrar o papel crucial dos Jardins Botânicos ingleses neste processo, primeiro porque foram os loci de desenvolvimento da sistemática vegetal moderna e dos primeiros passos na reprodução e melhoramento de várias espécies; segundo, e talvez mais importante do ponto de vista de seus impactos técnico e econômicos, porque eles se constituíram nos centros de integração e difusão destas espécies, acelerando enormemente sua disseminação para muitas regiões do planeta. Segundo BROCKWAY (1979), os Jardins Botânicos, que foram em sua maioria criados no século XVII, adquiriram sentido econômico já durante o século XVIII, quando começava um intercâmbio permanente de espécies entre metrópoles e colônias⁶. No espírito das viagens exploratórias pelas colônias, coletavam-se plantas de potencial interesse econômico, com as quais realizava-se um trabalho de melhoramento no Kew Gardens para posterior difusão, não apenas para a própria colônia de origem, mas também para testes em outras colônias, cujos Jardins Botânicos eram controlados pela metrópole e tinham seu pessoal por ela treinado, num processo de transferência de conhecimento e de tecnologia⁷. BROCKWAY (1979:85), cita uma série de plantas cultivadas que tiveram origem neste procedimento, como o chá na Jamaica; a ipêca, o carvalho e o mogno na Índia; a seringueira na Malásia e várias espécies de palmáceas em quase todas as colônias tropicais.

⁵ Na verdade, a idéia de Liebig sobre a origem do nitrogênio atmosférico era incompleta, porque só algum tempo depois, em 1886, é que se comprovou que a fixação biológica do nitrogênio era feita por microorganismos fixados em nódulos nas raízes e não diretamente pela planta.(HABER, 1958a:66-7)

⁶ A autora sustenta que, por volta do final do século XVIII, já havia por toda a Europa cerca de 1600 Jardins Botânicos.

⁷ Por volta de 1900 já existiam no mundo cerca de 800 estações experimentais. Segundo BUSH & SACHS (1981:134), entre 1896 e 1900 existiam 51 estações experimentais nos E.U.A., 94 no Império Britânico, 84 no Império Francês, 75 na Alemanha, 72 na Rússia e 55 no Japão. Nesta época, praticamente todas as colônias inglesas e francesas contavam com pelo menos uma estação experimental.

Nos E.U.A os Jardins Botânicos também tiveram papel na introdução e no melhoramento de culturas, tarefa para a qual contribuíram muito os próprios produtores, que foram responsáveis pela adaptação de diversas espécies exóticas. Estas tarefas seriam posteriormente repartidas com as Estações Experimentais e os Land Grant Colleges nos últimos trinta anos do século XIX, sem que entretanto o papel dos agricultores fosse relegado a um plano inferior, pelo menos num primeiro momento. Mesmo institucionalizado, o processo do melhoramento vegetal baseava-se quase que exclusivamente na seleção visual, vindo apenas após a redescoberta das Leis de Mendel a se estruturar sobre bases científicas que passaram a orientar o melhoramento no sentido da maior eficiência e rapidez⁸ (KLOPPENBURG Jr., 1988:51-2:68). Tal evento, ocorrido no começo do século, colocou uma perspectiva completamente diferente para o trabalho de melhoramento, na medida em que se poderia trabalhar com expectativas de combinações hereditárias até então inexistentes. Em outras palavras, poder-se-ia dirigir os cruzamentos esperando alcançar resultados através de cálculos probabilísticos. Assim, entre 1900 e 1905 os rumos do melhoramento genético foram profundamente alterados.

Durante a primeira metade do século XIX, a distribuição de sementes era gratuita e estava a cargo da divisão de agricultura do Patent Office. "O comércio especializado de sementes era embrionário e restringia-se à comercialização de pequenos lotes de sementes hortícolas e de flores vindas da Europa (...) Muitos fazendeiros produziam suas próprias sementes e o comércio que existiu foi dominado pelos próprios fazendeiros" (KLOPPENBURG Jr., 1988:61). Entretanto, os comerciantes de sementes da época (embora sem condições de ingressar no mercado de grandes culturas, pois além do problema da auto-reprodutibilidade dos grãos, enfrentavam a participação ativa do governo, o intercâmbio entre produtores agrícolas e a produção própria destes produtores) começaram a prosperar nos mercados em que se encontravam, aproveitando-se do crescimento urbano que demandava sementes para jardins e para a produção

⁸ Este país já possuía, desde 1819, uma coleção de germoplasma, que embora ainda sem a devida exploração comercial, constituiu-se na base genética sobre a qual se assentou a introdução, adaptação e a difusão no país de variedades exóticas no século XIX. Havia à época uma política explícita para introdução e adaptação do maior número possível de espécies economicamente importantes. Estima-se que entre 1860 e 1900 foram introduzidos com relativo sucesso cerca de 30 espécies de interesse econômico. (KLOPPENBURG, 1988:60)

de verduras frescas. Em 1883, cerca de 34 companhias de sementes fundam a American Seed Trade Association, cujo principal objetivo era o de unir forças para combater o programa de distribuição de sementes mantido pelo Governo Federal, que, não obstante, só iria acabar em 1924 (KLOPPENBURG Jr., 1988:61-5;71).

Em termos mais concretos, do ponto de vista dos impactos técnicos e econômicos, os primeiros passos do que hoje se conhece por agricultura moderna foram mesmo dados pela introdução de maquinaria desde o final do século XVIII e em todo o século XIX, particularmente na sua segunda metade, quando começa a ocorrer uma verdadeira avalanche de invenções e de patentes, cujos números de pedidos na década de 1850 foram superiores aos de qualquer outro setor. Não obstante o desenvolvimento de máquinas no final do século XVIII, então consideradas bastante complexas, foi no início dos anos 1830, com o desenvolvimento da ceifa-colheitadeira McCormick, que se estabeleceu um marco na modernização da agricultura americana e, posteriormente, européia, dado que tal máquina incorporava recursos que lhe conferiam multifunção, superando aquelas até então inventadas (KOHLMAYER & HERUN, 1961).

Essas máquinas necessitavam força motriz mais eficiente que suas predecessoras, pois estas, embora apresentassem extraordinária complexidade, ou eram tracionadas por animais, ou, quando estacionárias, impulsãoadas por correias atadas a um motor movido a vapor. RASMUSSEN (1982) aponta que o crescimento da agricultura no norte dos E.U.A em meados do século XVIII, com base em propriedades de grande tamanho, tornou imperioso o uso de outra força motriz que não a animal, abrindo um espaço de mercado para o emprego de máquinas móveis a vapor. Nas palavras do autor, o trigo começou a ser cultivado em áreas tão grandes que "certos sulcos de arado tinham seis milhas de comprimento" (RASMUSSEN, 1982:82). Assim, disseminou-se o uso de máquinas movidas a vapor, que por sua vez sofreriam um grande impacto na virada do século com a introdução dos motores de combustão interna e da energia elétrica⁹. Os limites de uso de tratores e demais equipamentos agrícolas começavam a ser largamente ampliados, dando espaço ao surgimento, já no

⁹ A transição do trator a vapor ao movido a gasolina foi lenta, durando cerca de 30 anos, entre 1892 (primeiro exemplar a ser produzido) e 1920, quando começa, verdadeiramente, a ocorrer predominância deste sobre aquele (RASMUSSEN, 1982:83).

início do século XX do que KHOLMEYER & HERUN (1961:375) chamaram de "all-purpose tractor".¹⁰

A introdução da mecanização, além dos evidentes efeitos sobre o uso de mão-de-obra na agricultura, possibilitou uma standardização da produção até então inédita: linhas de plantio e espaçamentos regulares e geométricos, semeadura, tratos culturais e colheitas mais precisos, rápidos e também regulares. Esta padronização e homogeneização abriram as portas para o emprego em larga escala de fertilizantes inorgânicos e para a homogeneização dos cultivares. Para fertilizantes porque permitia uma aplicação mais rápida, homogênea e menos trabalhosa; para os cultivares porque, por um lado, as máquinas propiciavam organização espacial e com isto uma melhor visualização do perfil das lavouras e de suas características morfológicas; por outro lado, elas exigiam uniformidade das lavouras para o bom desempenho das funções de cultivo e de colheita.

BYÉ et alii (1989) apontam para este efeito de standardização, que teria provocado uma ruptura no paradigma tecnológico vigente até a Revolução Industrial do século XVIII, cujos efeitos (que não foram imediatos) vieram, no devido tempo, impor não apenas transformações no universo de técnicas aplicadas à agricultura, mas também novas formas de complementaridade que necessariamente rompiam com aquelas verificadas no passado. Com a mecanização e a tratorização passava-se a prescindir dos animais de tração e, com isto, dispunha-se dos campos anteriormente destinados à produção de alimento para estes animais e, ao mesmo tempo, reduzia-se a produção do adubo orgânico por eles fornecido. A disseminação das máquinas desmontava, pouco a pouco, a complementaridade "equipamentos - animais - esterco", impondo, ao mesmo tempo, uma outra, desta vez entre a máquina e o fertilizante químico (BYÉ et alii, 1989:71).¹¹

A este respeito, Kautsky, no final do século XIX, assinalava: "O esterco das cocheiras por si só não é suficiente para manter em equilíbrio a agricultura

¹⁰ Para uma discussão sobre a adequabilidade da introdução das máquinas agrícolas nos E.U.A, em termos de custo e escala, ver MOHAMMADI (1981).

¹¹ A importância desta observação é histórica, factual. Não queremos com esta citação advogar qualquer tese de geração de tecnologia pela via do science - technology push. A discussão dos mecanismos de geração será devidamente conduzida no próximo capítulo.

moderna que produz para o mercado, ou seja, para um mercado que não devolve parte preponderante das substâncias nutritivas recebidas. Com isto o solo se torna cada vez mais pobre em componentes minerais requeridos pelas plantas cultivadas. De fato, os métodos aperfeiçoados de plantar, a cultura de plantas forrageiras (de raízes mais profundas), a lavra mais profunda da terra etc., aumentam a produtividade das terras agrícolas. Isso, no entanto se verifica exclusivamente à custa de uma exploração mais rápida, do esgotamento do solo." (KAUTSKY, 1986:50)

O autor, que já presenciava à época a importância dos princípios básicos da química dos solos e da fisiologia vegetal para a fertilidade das terras e, conseqüentemente, para a própria agricultura, enxergava que o uso de máquinas que propiciavam cultivos mais intensivos e mais profundos nos solos aceleravam as condições de esgotamento destes solos, impondo a prática da reposição dos nutrientes extraídos, sob pena de quedas radicais de rendimento. Indo ainda mais longe, o autor, escudando-se nas teses de Liebig, reclamava que os nutrientes que iam para as cidades e para as fábricas que consumiam os produtos agrícolas deveriam ser por estas repostos, via esgotos e resíduos devidamente tratados.¹²

A identificação científica dos mecanismos que regem os fenômenos químicos, biológicos e mecânicos que estão por trás da produção vegetal foram, assim, bastante desenvolvidos na segunda metade do século XIX¹³. Evoluiu a microbiologia, permitindo a descoberta de agentes causais fitopatogênicos, como alguns fungos; desenvolveu-se a fisiologia vegetal pela observação do comportamento das plantas ao nível celular; descobriu-se que muitas leguminosas tinham a capacidade de se nutrir parcialmente a partir do nitrogênio atmosférico, graças à simbiose com certos microorganismos que se fixam às raízes; em consequência deste último ponto, foram estabelecidas bases criteriosas para a adubação verde (técnica que usa o cultivo e posterior incorporação de

¹² Liebig, citado por KAUTSKY (1986:51), alertava, na metade do século XVIII, para o incompreensível descaso com que era tratado o problema, por um lado, do esgotamento dos solos, e, por outro, do desperdício dos resíduos nas grandes cidades. Para uma discussão simples e contundente do problema (e ainda bastante atual), sugere-se a leitura da citação em referência.

¹³ Para um relato da institucionalização das ciências agrárias, ver VELHO (1985:41-53), onde a autora argumenta que as ciências agrárias surgem como ciência aplicada e que só seria institucionalizada após seu estabelecimento nas universidades, fato que começa na segunda metade do século XIX. (VELHO, 1985:46)

leguminosas para recuperar a fertilidade de certas áreas); entre outras descobertas. Da mesma forma, os nascentes conhecimentos da química inorgânica chegavam ao campo representados por alguns fertilizantes, como o salitre do Chile (nitrato de sódio, que, como indicam GREENAWAY et alii (1958:521), respondeu por cerca de 70% do consumo de adubo nitrogenado durante toda a segunda metade do século XIX), o super fosfato de cálcio, cuja patente é de 1842, e o sulfato de amônia; e pelos primeiros pesticidas, como enxofre, cobre, "calda bordalesa", nicotina, piretrinas, acetato de chumbo, mercuriais, entre outros.^{14 15}

A seguinte citação de Kautsky é ilustrativa das mudanças que se processavam àquela época: "A agricultura, outrora a mais conservadora de todas as atividades profissionais, e que durante centenas de anos não acusara nenhum progresso em absoluto, tornou-se, em poucos decênios, a mais revolucionária de todas. Na mesma medida em que a revolução se processava, essa profissão que rotineiramente passava, por herança, de pai para filho, evoluía e se transformava, agora, em uma ciência, ou, melhor dizendo, se transformava em um conjunto de técnicas cujo objeto e conclusões teóricas abrangem um campo em rápida expansão."

Apesar de um certo deslumbramento do autor, estava claro que profundas mudanças nas bases do conhecimento estavam em curso e que tais mudanças colocavam em perspectiva um futuro bastante diferente para a produção agrícola. As pequenas luzes que começavam a iluminar os caminhos para uma forma mais técnica de se produzir ajudaram a transformar radicalmente a agricultura do século XX. Num sentido mais próximo ao tema que se pretende discutir neste trabalho, as inovações tecnológicas para a agricultura começavam a ser geradas, crescentemente, por setores que podiam ou não ter relação direta com a agricultura (como os produtores de açúcar de um lado e de máquinas e fertilizantes de outro) e que iriam, com o tempo, estreitar estas relações e tornar-se parte indissociável do progresso técnico no campo.

¹⁴ Note-se que embora muitos destes produtos tenham caído em desuso, alguns, como o enxofre para o combate de fungos, continuam sendo utilizados até os dias de hoje (ACHILLADELIS et alii, 1986).

¹⁵ Segundo HABER (1958b), a produção de sulfato de cobre, fungicida essencial à produção vinícola, teria sido um dos pilares da indústria química francesa.

Outro sintoma destas mudanças estava na constituição de sistemas educacionais de pesquisa com claras funções de aproximar os novos conhecimentos das práticas agrícolas tradicionais. O exemplo mais conhecido é o da constituição dos Land Grant Colleges, nos E.U.A. Tendo iniciado a criação destas instituições de ensino, pesquisa e extensão na década de 1860, mais especificamente em 1862, com o Morril Act, seguido, em 1867, pelo Hatch Act, que destinava fundos governamentais aos Land Grant Colleges (a mesma época da constituição do Homestead Act, que outorgava 160 acres de terras públicas por produtor para colonização no Meio-Oeste americano), estas instituições foram rapidamente multiplicadas, alcançando, até o final do século, 65 escolas espalhadas por todos os estados americanos, tendo os estados do Meio-Oeste contado com a implantação de mais de uma destas instituições (HIGHTOWER, 1978).

Na raiz do crescimento do papel da agricultura estava, sem dúvida, o desenvolvimento das grandes cidades e das indústrias, com o concomitante crescimento da massa de salários e as transformações dos padrões de consumo. Ademais, o desenvolvimento dos meios de comunicação e transporte facilitavam enormemente os fluxos internacionais de mercadorias, o que, como aponta LANDES (1980:242), foi fator de estímulo à modernização e à especialização da produção agrícola¹⁶. A combinação entre os fatores relacionados às mudanças de perfil da demanda teria incentivado enormemente os incrementos de produtividade e dirigido as especializações que mais tarde se consolidariam no mercado internacional, como a indústria de laticínios na Dinamarca, na França e na Suíça.

A este respeito, KAUTSKY (1986), assinala que a concorrência ultramarina, com conseqüente queda de preços de produtos agrícolas, tornava evidente o baixo valor específico destes produtos. Para se contraporem a isto, os agricultores tinham de alcançar não apenas ganhos de produtividade, mas também buscar agregar maior valor aos produtos do campo, o que deveria ser feito pelo processamento industrial. O produto agrícola industrialmente transformado ofereceria maior valor e menores custos de transporte, dando uma

¹⁶ Registre-se que o incremento do livre comércio deu-se a partir do final do protecionismo imposto pelas "Leis dos Cereais" (Corn Laws), em 1846. Para uma discussão dos efeitos protecionistas e dos problemas sobre o comércio internacional de grãos no século XIX, ver VEIGA, (1991:28-31).

flexibilidade muito maior ao homem do campo que implantasse, só ou em cooperação, uma indústria rural.¹⁷

A primeira noção de industrialização da agricultura é então explicitada pelo autor, em referência à legislação de uma cooperativa de laticínios na Dinamarca: "O camponês deixa, dessa maneira, de ser o senhor absoluto de seu estabelecimento agrícola, pois este passa a existir em função das necessidades específicas do estabelecimento industrial que passa a ditar-lhe as regras. O camponês transforma-se, em parte, em operário da fábrica. Frequentemente o camponês passa também a depender tecnicamente do estabelecimento industrial, na medida em que a indústria oferece a ração para os animais e o adubo a ser utilizado na plantação. A essa dependência técnica, associa-se ainda uma dependência essencialmente econômica (...) De fato, adaptando-se o camponês às necessidades da cooperativa, esta também se converte no consumidor exclusivo das mercadorias que produz. Em tais condições o estabelecimento agrícola não poderá mais subsistir sem o concurso da indústria. Esta se torna a espinha dorsal do estabelecimento agrícola, sendo que o colapso da primeira forçosamente significa a falência deste último" (KAUTSKY, 1986:236).

A participação da agroindústria processadora manifestava-se já à época sob formas que iriam se desenvolver no século XX. Em 1872 foi fundada a primeira fábrica de margarina (a "manteiga artificial") e cerca de 25 anos depois havia em torno de 60 delas na Alemanha. Crescem as indústrias de vinho, laticínios, cerveja e outras, e com elas uma demanda cada vez mais qualificada sobre a produção agrícola que, entre outros efeitos, já provocava certos níveis de interdependência do progresso técnico entre agroindústria e agricultura. Do ponto de vista dos progressos na tecnologia de alimentos, observava-se o desenvolvimento de técnicas de conservação por calor no início do século XIX, que esteve na origem da indústria de conservas. A indústria do frio também nasce neste século, e em 1876 foi feito o primeiro transporte transoceânico de carne conservada em navio frigorífico da França para a Argentina (MALASSIS, 1973:259-63).

É assim inevitável relacionar as mudanças na forma de produzir da agricultura, nos séculos XVIII e XIX, à influência das indústrias no período Pós-

¹⁷ A visão de industrialização da agricultura de Kautsky será melhor referida mais adiante, nesta seção.

Revolução Industrial. Não se quer dizer como isto que todas as transformações vividas pela agricultura se expliquem integralmente desta forma. Mas com certeza as mudanças que já se delineavam na Revolução Agrícola inglesa foram enormemente impactadas pelo surgimento da grande indústria e pelo crescimento das grandes cidades. Como indica MANTOUX (1988:143): "Era preciso que as fazendas, por sua vez, se transformassem em fábricas, onde os gêneros alimentícios fossem produzidos em grande quantidade, segundo métodos aperfeiçoados. O progresso da agricultura, ou melhor, sua adaptação às novas necessidades da sociedade industrial teria resultado de uma necessidade orgânica, de uma correlação indispensável de forças solidárias".

Destarte, uma primeira conclusão que cabe tirar diz respeito ao início de um processo de exteriorização da agricultura, no sentido de sua crescente abertura para manter relações econômicas, técnicas e sociais com o restante da economia. Não são apenas relações mais freqüentes, mas sobretudo inéditas, na medida em que se estabelecem novas formas e novos pontos de contacto da economia agrícola. Em outras palavras, não se incrementam somente as atividades industriais e comerciais nas propriedades agrícolas, como apontou KAUTSKY (1986), pela via da verticalização da produção agrícola em direção à industrialização dos seus produtos (a indústria rural), mas, e principalmente, incrementa-se a busca dos novos métodos de produção junto aos segmentos industriais nascentes e junto às instituições que cuidavam, sistematicamente, da ampliação do saber empírico e teórico das ciências agrárias.¹⁸

É para ficar claro que na virada do século a agricultura dos países desenvolvidos já utilizava, se bem que de forma ainda desbalanceada em termos de importância para a produção, o que se convencionou chamar de insumos químicos, mecânicos e biológicos. Ademais, vinha crescentemente se integrando à indústria processadora de alimentos e matérias-primas. Estava, portanto, em

¹⁸ Não há aqui nenhuma intenção de enxergar a "reunificação" da agricultura com a indústria, como vaticinou Kautsky, nem tampouco adotar uma noção de industrialização, dado que para nós não se colocam, em primeiro plano, as questões relativas à subordinação do setor agrícola a formas específicas de capitais, seja industrial, financeiro ou comercial, mas apenas interessa destacar as idéias mais pertinentes à análise do processo de geração e difusão de tecnologia à agricultura. Para uma discussão da subordinação ver GUIMARÃES (1979), especialmente capítulo III. Para uma crítica radical à idéia de industrialização da agricultura ver ABRAMOVAY (1992, cap.8), onde o autor nega qualquer conceito de industrialização da agricultura, pois para ele, "por definição, o trabalho agrícola não é industrial" (p.237).

conformação, o paradigma tecnológico da agricultura moderna, calcado no uso de tratores e implementos, fertilizantes químicos, sementes melhoradas e, ainda pouco definido, mas já introduzido, o controle químico de pragas e doenças.

I.1.2 O segundo momento: aceleração e consolidação do padrão moderno

Antes de mais nada, vale lembrar que não temos o intento de estabelecer uma periodização histórica precisa do desenvolvimento tecnológico da agricultura, mas tão somente marcar alguns pontos de inflexão importantes para o presente trabalho. Neste sentido, e como veremos a seguir, este "segundo momento" não representa um rompimento com o anterior, mas antes uma etapa exponencial de crescimento e de diversificação das trajetórias acima mencionadas, num caráter muito mais de evolução que de ruptura. Ademais, não é exatamente na virada do século que o padrão moderno fica evidente, já que sua consolidação se verificará ao longo de toda primeira metade do século XX, juntamente com a expansão da indústria química, do uso do petróleo e de seus derivados, do emprego de equipamentos elétricos e do estabelecimento dos métodos de melhoramento. Consideramos assim que o padrão moderno consolida-se no imediato Pós IIª Guerra, quando o último e importante segmento industrial, o dos pesticidas, passa a representar parte indissociável de tal padrão tecnológico. Consolida-se, neste momento, uma característica fundamental à qual faremos seguidas referências: a complementaridade entre as diversas tecnologias desenvolvidas para a agricultura.

Assim sendo, em termos relativos ao padrão tecnológico da agricultura, o início do século XX dá continuidade às tendências verificadas na segunda metade do século anterior e principalmente no seu final: a expansão da indústria de máquinas e implementos agrícolas, que passava a contar crescentemente com novos materiais, como o aço, e com novas fontes de energia, o petróleo e a energia elétrica; a expansão do uso de fertilizantes químicos; o início da produção em larga escala de sementes melhoradas; o aprofundamento da importância das instituições de pesquisa, ensino e extensão; e, como resultado, o incremento das relações intersetoriais.

SCHULTZ (1965a) exhibe dados sobre a economia rural norte-americana que dão boas indicações sobre as afirmações acima¹⁹. Entre 1910 e 1950, enquanto o valor da produção agrícola cresceu 79%, o valor dos insumos não agrícolas (quer dizer, vindos de fora da agricultura) elevou-se em mais de 400%. Os gastos com operações de veículos a motor na agricultura cresceram quase 300 vezes, os com sementes 10 vezes e os com adubos e corretivos cerca de 500%; já os gastos com mão-de-obra assalariada cresceram 380% (SCHULTZ, 1965a: 126-7). De 1914 a 1929, o número de ceifa-colheitadeiras combinadas produzidas nos E.U.A passou de 270 para cerca de 37.000. Já o número de tratores saltou de 30.000 em 1916 para 853.000 em 1928 (R.I.I.A, 1932:40).

Por outro lado, deve-se registrar que este movimento foi bem menos intenso na Europa, cujos países só entrariam num ritmo semelhante de modernização no Pós-Guerra. GUIMARÃES (1979:109-10) mostra, com dados da Comunidade Européia de 1956, que o consumo de fertilizantes e de tratores até o final dos anos 30 ainda era modesto, alcançando maior expressão a partir dos anos 50. Para ilustrar, no Pré-Guerra, enquanto o número de tratores não passava de 198.000 e o consumo de fertilizantes não chegava a 4 milhões de toneladas, no quadriênio 1952-55 este consumo alcançou 1,8 milhão de tratores e 6,7 milhões de toneladas de NPK.

Qualitativamente, as principais alterações em relação ao século anterior foram, pelo lado das máquinas agrícolas, a generalização do motor a explosão, movido por combustíveis derivados de petróleo ou por gasogênio, e da energia elétrica, que viria alterar significativamente o uso de máquinas estacionárias. Pelo lado dos produtos químicos, a indústria de fertilizantes viria a se consolidar e a de pesticidas iniciaria, após a II^a Grande Guerra, uma escalada exponencial,

¹⁹ A obra em referência foi inicialmente publicada em 1953 e é, do ponto de vista acadêmico e do interesse pela pesquisa econômica e histórica da agricultura, a melhor obra do autor, apesar de não tão famosa quanto seu trabalho de 1965 "Transformando a agricultura tradicional". Este último, cujas teses também serão discutidas neste trabalho, antes de almejar uma discussão minuciosa dos problemas de desenvolvimento da agricultura, foi muito mais um trabalho com fins práticos, para embasar "teoricamente" as ações internacionais de difusão pelo Terceiro Mundo da chamada "agricultura moderna". O objetivo desta nota é o de lembrar que apesar de ter-se ligado estreitamente às campanhas norte-americanas a partir dos anos 60, conferindo caráter científico às ações políticas que se verificaram no período, Schultz trouxe contribuições importantes sobre as formas de desenvolvimento agrícola e, principalmente, sobre os mecanismos de geração de tecnologia para a agricultura, aspectos que nos interessam neste trabalho.

propiciada pelos avanços na geração e uso de moléculas orgâno-sintéticas, cujos principais exemplos são os do DDT e do BHC.

Na indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, RASMUSSEN (1982:83) aponta que o motor a gasolina começou a substituir o movido a vapor em grandes máquinas, como as ceifa-colheitadeiras debulhadeiras (chamadas "combinadas"), a partir de 1912, desenvolvendo-se tecnologicamente até chegar em 1935 à produção de combinadas operadas por apenas um homem, o que, segundo o autor, significou um marco na agricultura americana, dado sua extraordinária capacidade de trabalho e sua versatilidade nas operações em movimento.²⁰

A partir de 1913 começam-se a produzir tratores em série e em 1917 surge o primeiro trator de linha de grande sucesso, o Fordson, cuja concepção foi a base da indústria nos 20 anos seguintes e cuja principal característica, o preço acessível, permitiu uma grande difusão do trator pela agricultura americana. No Pós-Guerra surge uma nova concepção de trator, o Ferguson, com inovações introduzidas nos mecanismos de engate e controle dos implementos, que, como aponta FONSECA (1990:66-7), passa a servir de referência ou guia para a maior parte do desenvolvimento tecnológico imediatamente posterior.

Entretanto, a generalização do uso das novas máquinas movidas a gasolina e a energia elétrica só começaria, de fato, após a adoção dos programas agrícolas inscritos no New Deal do pós-1930, vindo a se consolidar com o crescimento da demanda e dos preços dos produtos agrícolas na II^a Grande Guerra. Esta evolução desencadeou o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de uma série de máquinas visando a mecanização de tudo que fosse possível na agricultura, incluindo a produção animal. Colheitadeiras para produtos outrora tidos como impossíveis de mecanizar foram desenvolvidas e transformaram por inteiro esta que é a etapa mais intensiva em mão-de-obra da agricultura. Na produção animal, como a de aves, ovos e leite, passou-se à adoção de equipamentos que ampliaram a capacidade de produção de uma mesma propriedade. Pouco mais tarde, ampliou-se a adoção de equipamentos complexos de irrigação, como o pivô central, que foi desenvolvido em 1949 e largamente adotado nos principais estados agrícolas americanos.

²⁰ As combinadas a vapor necessitavam de no mínimo três homens para operar, podendo chegar a cinco homens em determinadas operações.

Culturas como tomate, algodão e beterraba foram radicalmente mecanizadas entre os anos 50 e 60. A cultura da beterraba, em 1958, foi praticamente inteira colhida mecanicamente, contra 7% em 1944; no algodão observou-se que, em 1969, 96% eram colhidos e descaroçados por máquinas, contra 10% em 1949; no tomate, o percentual cresceu de 1,5% em 1963 para 96% em 1968 (RASMUSSEN, 1982:84). Boa parte destas inovações, e mais a colheitadeira de nozes, o recoletor de milho para acoplar à ceifadeira, a colheitadeira de frutas cujas plantas apresentem folhas caducas, e as colheitadeiras de figo, cebola, uvas e alface, foram desenvolvidas entre o imediato Pós-Guerra e meados dos anos 60 pela Universidade da Califórnia, que depois vendeu os direitos de produção às empresas do ramo (Le VEEN & de J. NVRY, 1985:87-8).²¹

No tocante ao desenvolvimento da indústria química ligada à agricultura, foi realmente no século XX que se verificaram os maiores avanços, seja na indústria de fertilizantes, pela consolidação de métodos químicos eficientes de fixação química do nitrogênio, mormente na produção de amônia; seja na indústria de pesticidas, quando se inicia uma nova fase inovativa baseada os organo-sintéticos, a partir de 1930.

A indústria de fertilizantes cresceu muito, tendo o consumo passado de 2.2 milhões de toneladas em 1900 para quase 18 milhões em 1950. Nos E.U.A e no Japão o consumo cresceu rapidamente no início do século e após a II^a Grande Guerra. O Quadro 1 apresenta dados sobre este crescimento.

²¹ LeVEEN & deJANVRY (1985), assim como RASMUSSEN (1982), HAYAMI & RUTTAN (1988) e inúmeros outros autores, creditam todo este processo inovativo aos crescentes problemas com disponibilidade de mão-de-obra nos E.U.A, notadamente na Califórnia, com o fim do "Programa Bracero", que facilitava a entrada de mão-de-obra mexicana para trabalhar na agricultura.

Quadro 1 - Consumo de fertilizantes nos E.U.A e no Japão (1880-1980)

Ano	Consumo de NPK (mil toneladas métricas)	
	E.U.A	Japão
1880	93	63
1890	181	61
1900	356	86
1910	730	224
1920	836	378
1930	1.122	576
1940	1.542	705
1950	3.800	764
1960	6.726	1.579
1970	14.600	2.193
1980	20.799	2.322

Fonte: HAYAMI & RUTTAN (1988:564,566)

Do ponto de vista inovativo, a indústria passou a contar com métodos de produção de sulfato e nitrato de amônia (a BASF foi a pioneira) bem mais eficientes que os até então desenvolvidos, alcançando metade, dois terços e quatro quintos da produção de nitrogênio quimicamente sintetizado em 1930, 38 e 50, respectivamente²². Este produto substituiu gradativamente o salitre do Chile extraído de jazidas minerais, chegando, em meados dos anos 60, a um consumo que representava apenas 2% do consumo mundial de adubos nitrogenados (GREENAWAY et alii, 1958:522-27). Por outro lado, os avanços na produção de fosfatos e de potássicos foram muito pequenos em relação ao que já se fazia no século XVIII. Os mais significativos referem-se à produção do

²² Registre-se, a propósito do caráter evolutivo da conformação do padrão tecnológico moderno da agricultura, a que vimos fazendo referência, que os princípios do método de produção da amônia adotado pela BASF foram estabelecidos no ano de 1823, quando então não havia condições de produção eficiente em escala comercial devido a problemas técnicos de temperatura e pressão, que provocavam a reversão da síntese química. Ver GREENAWAY et alii (1958:524-26).

super fosfato triplo (que já vinha sendo produzido desde 1872) e à combinação de fertilizantes fosfáticos com nitrogenados.

ACHILLADELIS et alii (1986) periodizam a evolução dos pesticidas químicos em décadas a partir de 1930 (o primeiro período, de 1800 a 1930 já foi anteriormente comentado). De 1930 a 39 houve uma série de inovações em fungicidas, pela introdução dos dithiocarbamatos. Neste período, dos vinte novos produtos, dezesseis eram fungicidas, e o mais importante em relação a todo o período anterior foi o início da predominância dos produtos de síntese orgânica sobre os inorgânicos. O desenvolvimento dos dithiocarbamatos foi feito pela Du Pont e pela Rohm and Hass e seu sucesso foi tão grande que até os anos 80 esta foi a família mais bem sucedida de fungicidas. É também nos anos 30 que a maioria das empresas de pesticidas passam a se orientar à P&D, formando-se, ao nível do setor público, uma estrutura organizacional de teste, análise de interações biológicas e ambientais e de difusão dos produtos.

Deve-se registrar, para o interesse deste trabalho, que a maior parte dos pesticidas que começavam a entrar no mercado era derivada de corantes e solventes orgânicos sintetizados entre o final do século XIX e o início do XX, como os próprios dithiocarbamatos, que antes eram utilizados como aditivos na produção de borracha e que foram testados com sucesso como fungicidas; o ciclopentadieno, que daria origem a vários organo-clorados, como o Aldrin, o Heptacloro e o Dieldrin; ou ainda o DDT, que foi sintetizado em 1874, embora só vindo a ser utilizado como pesticida nos anos 1940. Como apontam ACHILLADELIS et alii (1986:181), "com exceção dos dithiocarbamatos e dos sais de cobre e mercúrio, para os quais reconheceu-se atividade fungicida para uma família de produtos, o resto das pesquisas envolvia testes de produtos químicos que poderiam ou não revelar atividade pesticida."

O período de 40 a 49 foi o principal na trajetória da indústria de pesticidas e, em particular, de inseticidas. Foi em 1940 que o DDT foi introduzido, inspirando o desenvolvimento de vários organoclorados e, logo em seguida, desenvolveram-se os organofosforados pela Bayer, sendo o principal produto o Parathion, introduzido em 1944, que também deu origem a novos inseticidas organofosforados. No campo dos herbicidas, distinguiu-se atividade fitotóxica durante pesquisas com substâncias reguladoras do crescimento das plantas, como os ácidos fenoxi-acéticos, de onde surgiu, em 1944, desenvolvido pela ICI, o até hoje utilizado 2,4D. A produção de pesticidas alcançava assim estatura

tecnológica e econômica a ponto de ser considerada uma indústria, ainda que nascente.²³

Durante os anos 50 foram introduzidos 140 novos produtos, prevalecendo os pesticidas, com os herbicidas já ocupando o segundo posto e os fungicidas em último. Nos anos 60 a indústria atinge maturidade, chegando a colocar cerca de 256 novos produtos, desta vez mais herbicidas que inseticidas, tendência que prosseguiu nos anos 70, tornando assim os herbicidas os principais produtos da indústria, como ainda o são hoje. Em 1960 as vendas de pesticidas no mundo alcançaram US\$ 780 milhões, em 1970 US\$ 2,5 bilhões e em 1980 US\$ 8,2 bilhões.

Na produção de sementes o movimento foi também progressivo, primeiro com a instituição de legislações para fiscalização e controle do nascente negócio da produção privada de sementes em grandes escalas. Até 1909, 26 estados americanos contavam com regras para o controle da origem, da pureza e do poder de germinação das sementes. O trabalho de melhoramento visava agora não mais a introdução de novas espécies com características interessantes, mas sim a introdução das características interessantes nas espécies domesticadas, ou seja, a introdução de genes. Até meados dos anos 30, a indústria de sementes continuou pequena, ocupando poucos nichos de mercado, perdendo participação relativa na oferta de variedades para o setor público e até mesmo observando queda absoluta no volume de vendas no período, que em 1933 era a metade do alcançado em 1925. Em 1934, 78% das principais variedades de trigo eram de origem pública (KLOPPENBURG JR., 1988:82)

O desenvolvimento de híbridos de linhagens puras de milho em 1926 e sua introdução comercial em 1935 foi certamente o principal evento ligado à pesquisa e à produção comercial de sementes na primeira metade do presente século. Foi esta inovação que permitiu a implantação e o crescimento das

²³ ACHILLADELIS et alii (1986:182-3) lembram que o DDT, o Parathion e o 2,4D foram para as classes dos inseticidas e herbicidas os produtos que orientaram a P&D que se seguiu na indústria, da mesma forma que os dithiocarbamatos orientaram a pesquisa em fungicidas. Como será discutido no segundo capítulo, é pertinente aplicar-se a esta situação o conceito de guidepost utilizado por SAHAL (1981a:18-20), no qual uma inovação básica serve de guia para toda uma família de inovações subsequentes.

grandes empresas do ramo, como Funk Seeds, Pioneer e Dekalb²⁴. Em dez anos, de 1935 a 44, as sementes de milho híbrido alcançaram expressivas vendas da ordem de US\$ 70 milhões. Em 1949 um melhoramento excepcional foi introduzido na produção do milho híbrido, as linhagens macho-estéril, que eliminavam, através de uma solução genética de incorporação da macho esterilidade citoplasmática, a etapa do despendoamento da "planta fêmea" (retirar o pendão onde se encontra o órgão reprodutor masculino, para que o pólen venha de outra linhagem), tornando assim mais preciso o cruzamento entre as linhagens parentais, e dispensando-se o enorme contingente de mão-de-obra necessário àquela operação. Esta inovação chegou em forma comercial em 1958, tendo sido generalizada já em 1967.²⁵

Embora o milho seja a cultura onde a hibridização (e a heterose, que é o vigor do híbrido) tenha tido maior impacto tecnológico e produtivo, desencadeou-se um procedimento de busca do mesmo fenômeno para outras culturas, porém até hoje com resultados incomparavelmente menos expressivos. O Quadro 2 abaixo apresenta culturas onde há híbridos comercialmente disponíveis, sendo interessante notar a existência de poucos híbridos em culturas de grande significado econômico.

À exceção do milho, do sorgo e da beterraba, os híbridos lograram sucesso principalmente em hortaliças, que são culturas de menor expressão econômica. Os problemas são aí creditados às dificuldades técnicas e de conhecimento em promover os cruzamentos, evitar abortamentos por incompatibilidades genéticas e ainda obter resultados significativos em termos de produtividade. Pode-se dizer que o desenvolvimento da indústria de sementes teria sido outro, caso o "fenômeno" do milho híbrido pudesse ser reproduzido a outras grandes culturas. As tentativas são inúmeras e somente agora, nos anos 90, com novos aportes da

²⁴ Existe, sem dúvida, uma estreita vinculação entre o crescimento do setor privado na área de sementes e o surgimento do híbrido, o que se explica, fundamentalmente, pelo mecanismo natural de apropriabilidade conferido pelo híbrido, já que não pode ser reproduzido pelo agricultor na safra seguinte. Entretanto, há autores que põem em dúvida as vantagens econômicas oferecidas pelos híbridos vis à vis o uso de variedades. Sobre este assunto, ver BERLAN (1983) e KLOPPENBURG Jr. (1988), especialmente capítulo 5.

²⁵ Segundo KLOPPENBURG Jr. (1988:113), tal generalização ocasionou a perda de 125000 postos de trabalho e não resultou em redução do preço das sementes, apesar de supostamente ter havido redução nos custos de produção.

biotecnologia, é que tal objetivo pode ser ampliado. Sobre este assunto voltaremos a falar nos próximos capítulos deste trabalho.

Quadro 2 - Culturas com híbridos comercialmente disponíveis

Cultura	Data de desenvolvimento	Sistema de hibridização	% de terras cultivadas (E.U.A, 1980)
Milho	1926	CMS* e emasculação manual	99
Beterraba açucareira	1945	CMS	95
Sorgo	1956	CMS	95
Espinafre	1956	Planta dióica**	80
Girassol	?	CMS	80
Brócolis	?	auto-incompatível	62
Cebola	1944	CMS	60
Abóbora	?	esterilização química	58
Pepino	1961	?	41
Repolho	?	auto-incompatível	27
Cenoura	1969	CMS	5
Couve-flor	?	auto-incompatível	4
Pimenta	?	emasculação manual	?
Tomate	1950	emasculação manual	?
Cevada	1970	macho esterilidade	negligenciável
Trigo	1974	CMS e química	negligenciável

* Macho esterilidade citoplasmática

** Planta com órgãos masculino e feminino em indivíduos diferentes

Fonte: KLOPPENBURG Jr. (1988:125)

Com respeito ao papel da agroindústria processadora, deve-se registrar que sua crescente interação com a agricultura, iniciada já em fins do século XIX, moldou, em boa parte, o perfil do padrão moderno de produção agrícola. Seguindo a tendência registrada por KAUTSKY (1986), que argumentava pela "saída" da agroindustrialização para superar a crise agrária, a participação de indústrias processadoras de produtos agrícolas alcançou grande expressão, não exatamente como uma "saída" aos problemas da agricultura, mas fundamentalmente como a expressão da crescente produção em massa de

alimentos, da standardização da produção alimentar mutuamente determinada pelos níveis quantitativos e qualitativos de consumo das sociedades industriais e/ou urbanas. Como aponta MALASSIS (1973:109), "O alimento industrializado é o reflexo da sociedade industrializada".

Do ponto de vista tecnológico, o crescimento da produção em massa implica na mecanização e na passagem de processos descontínuos para contínuos, constituindo o que MALASSIS (1973:257) chamou de "complexos polivalentes integrados". Tais transformações vão se dar especialmente no Pós-Guerra, e requerem investimentos pesados num setor cada vez mais concentrado e de elevada participação na economia como um todo. "A tecnologia agroindustrial tem por objetivo transformar, estabilizar, adaptar nutricionalmente e diversificar os produtos. Esta tecnologia permite às agroindústrias preencher sua dupla função sobre a cadeia agro-alimentar: concentrar, estabilizar e homogeneizar os produtos agrícolas e responder às exigências da distribuição em massa." (MALASSIS, 1973:257)

A diversificação passa a ser a palavra de ordem na indústria, segundo os processos de produção (conservas, congelados, desidratados, liofilizados, irradiados); segundo as matérias-primas empregadas (amiláceos, proteínas vegetal e animal, fibras); segundo o grau de elaboração (natural, em conserva, pronto, pré-cozido); segundo o período de conservação; segundo o público visado (baby foods, dietéticos, animais caseiros); entre outros meios para segmentar e ampliar o mercado dos alimentos industrializados. (MALASSIS 1973:265-6)

A indústria agro-alimentar passa, já na primeira metade do século, por um forte movimento de concentração industrial (que aliás vai ter um segundo momento nos anos 80, como veremos adiante). GUIMARÃES (1979:116), utilizando dados do Departamento de Agricultura dos E.U.A, revela que, entre 1909 a 1947 os moinhos americanos diminuíram de 12.000 para 1.200; o número de empresas do segmento tabageiro declinou de 15.000 para 1.000, com as 4 maiores detendo entre 80 e 90% do mercado americano. Em 1949, o grau de concentração econômica das 4 mais já era de 56% em laticínios, 46% em carnes, 26% em panificação e 23% em conservas. Concomitantemente, a força das integrações aumenta: por volta do início dos anos 70, estavam consolidadas diversas formas de organizações contratuais entre produtores agrícolas e agroindústrias. Nos segmentos açucareiro, de refrigeração de produtos vegetais,

sementes, fumo, algodão, certas frutas e na produção de frangos de corte, cerca de 90 a 100% dos produtores de matéria-prima agrícola estavam ligados às processadoras. (GUIMARÃES, 1979:121)

Tudo isto traz sobre a agricultura influências diretas e indiretas, dado que: a) inova os canais de comercialização, em razão de demandas específicas e às vezes cativas sobre uma produção que antes era diretamente comercializada junto ao consumidor; b) interfere no padrão inovativo da agricultura, uma vez que passam a ser exigidos distintos e específicos níveis de padronização dos produtos agrícolas para atender às necessidades técnicas das firmas processadoras; e c) altera o padrão organizacional da produção (o que também pode ser considerado como inovação), na medida em que estabelece métodos e determina as ações que devem ser executadas nos devidos tempos. Desde logo deve ficar claro que tais transformações não são homogêneas nem tampouco generalizadas, dependendo do grau de integração existente entre firma agrícola e firma processadora, ponto ao qual voltaremos quando da discussão do papel das agroindústrias na geração e difusão de tecnologia à agricultura.

Gostaríamos ainda, nesta breve revisão histórica sobre a conformação do padrão tecnológico moderno da agricultura, abordar a evolução recente de dois aspectos: a ampliação das formas institucionais de pesquisa agrônômica e sua difusão aos países menos desenvolvidos (PMDs).

Quanto ao primeiro tema, colocaremos apenas alguns apontamentos, já que não pretendemos descrever a formação dos diversos sistemas nacionais de pesquisa.²⁶

RUTTAN (1983), analisando vários sistemas nacionais de pesquisa, indica que estas evoluíram em estágios ao longo dos dois últimos séculos. O primeiro estágio baseava-se em atividades inovativas de produtores rurais e inventores que atuavam isoladamente. Sua característica distintiva era, portanto, o caráter altamente personalizado das atividades²⁷. O segundo estágio era caracterizado pela organização das estações experimentais, conduzidas por trabalhadores

²⁶ Para uma revisão detalhada da formação de diversos sistemas nacionais de pesquisa agrícola, ver RUTTAN (1983), especialmente o capítulo 4.

²⁷ RUTTAN (1983) não desconhece o papel dos Jardins Botânicos, mas não dá a eles o peso que, por exemplo, lhes dá BROCKWAY (1979) na conformação da pesquisa agrônômica institucionalizada.

especializados em pesquisa. O elemento diferenciador desta fase era o da pesquisa em laboratórios ligados a instituições e empresas, ou em estações experimentais. Nesta segunda fase emergiram diferentes tipos de pesquisa: biológica (principalmente pública, ou por vezes via consórcios de pesquisa); química (produzida nos laboratórios das empresas); e mecânica (que continuou baseada na inventividade de alguns produtores rurais, mas que já realizava pesquisa nas empresas).

o terceiro estágio seria caracterizado pela evolução dos sistemas nacionais integrados de pesquisa agrícola. "A característica deste terceiro estágio é o estabelecimento de uma capacidade de planejamento da pesquisa agrícola, competente para indicar prioridades à alocação de recursos profissionais e financeiros" (RUTTAN, 1983:109). Este estágio pode evoluir a um outro, surgindo organizações privadas e "quase-públicas", que evoluem e desenvolvem capacidade interna própria de planejamento e alocação de recursos. Desde os anos 50 vêm prevalecendo o terceiro e o quarto estágios, mais aquele do que este, que apenas recentemente vem assumindo uma maior dimensão, como veremos mais adiante.

O mesmo autor extrai de sua extensa análise 4 modelos de organização da pesquisa que prevaleciam no início dos anos 1980: a) o "modelo integrado", que congrega pesquisa, extensão e educação/ensino, do qual o maior representante são os E.U.A com os Land Grant Colleges; b) o do "instituto de pesquisa autônomo" ou semi-autônomo, sustentado por fundos públicos ou privados, no qual destaca-se a Grã Bretanha, como pioneira; c) o modelo do "ministério de agricultura", importante para a pesquisa em produtos de consumo doméstico em pequenos países, ou na conformação da integração nacional dos níveis estadual e federal de pesquisa em países de grande porte; e d) o modelo de formação de "conselhos nacionais de pesquisa agrícola", que representa uma forma organizacional mais recente (a partir dos anos 60), desenvolvida para dar maior coordenação a situações onde co-existiam mais de uma das formas anteriores. (RUTTAN, 1983:107)

Em alguns dos PMDs ocorreram processos de institucionalização acelerada da pesquisa agrônômica durante o período que vai do final dos anos 50 ao começo dos 70, pelo movimento histórico que ficou conhecido como Revolução Verde, pelo qual se difundiu, pelos países do Terceiro Mundo, especialmente na Ásia e na América Latina, o padrão moderno de produção agrícola,

especialmente baseado no uso de sementes melhoradas de alto rendimento e de fertilizantes. Na lógica que regeu o ideário da Revolução Verde, era, para tanto, imprescindível que fossem criados e/ou fortalecidos os centros de pesquisa naqueles países, haja vista a necessidade de se desenvolver localmente as variedades melhoradas que, combinadas a altas doses de fertilizantes, propiciariam largos incrementos de produtividade, resolvendo assim o problema da disponibilidade de alimentos nos países pobres.²⁸

Especialmente para o caso latino-americano, os trabalhos coordenados por Martin Piñeiro e Eduardo Trigo, no Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, mostram como evoluíram os modelos nacionais de geração de pesquisa agrônômica. TRIGO & PIÑEIRO (1985) apontam para 2 fases no desenvolvimento institucional, a primeira da segunda metade do século XIX até o início dos anos 50, caracterizada pelo pequeno nível de investigação e de recursos aportados. As formas institucionais são difusas, seguindo uma lógica de desenvolvimento do conhecimento por função econômica explícita, voltada a poucos produtos, refletindo interesses de economias exportadoras de produtos agropecuários e não possíveis estratégias de estruturação institucional de loci científicos e tecnológicos. Em outras palavras, tinha caráter predominantemente conjuntural e muitas vezes ad hoc.

O segundo estágio é exatamente onde ocorrem mudanças estruturais profundas, advindas em grande parte de um movimento internacional capitaneado pelos E.U.A. no bojo do processo de internacionalização do capital ocorrido a partir dos anos 50, como assinala TRIGO (1989). Assim, criam-se, em vários países latino-americanos, os Sistemas Nacionais de Pesquisa para a Agricultura, como o INTA argentino em 1957; o INIAP do Equador em 59; o complexo CONIA-FONIAP da Venezuela, entre 1959 e 61; o INIA do México em 60; o ICA colombiano em 63; e o INIA do Chile em 64. O Brasil não se

²⁸ Como não é intenção deste trabalho descrever e discutir a Revolução Verde, remetemos os interessados no tema à vasta literatura existente, dentre à qual citamos PALMER (1972); GRIFFIN (1982); MOONEY (1980), que oferecem uma visão crítica; e BROWN (1970) e HAYAMI & RUTTAN (1988) para uma visão favorável. Em nossa opinião, os trabalhos de Palmer e Griffin são os que apresentam perspectivas mais interessantes e próximas da realidade.

enquadra neste processo, só indo centralizar sua pesquisa em 1973, com a criação da EMBRAPA..²⁹

É portanto lícito considerar que nos anos 50 nos países desenvolvidos e durante os 60 e 70 nos países menos desenvolvidos, consolida-se o padrão moderno de produzir na agricultura, como ainda hoje o conhecemos, baseado no uso intensivo de insumos vindos de fora da agricultura, em bases científicas multidisciplinares e institucionalmente organizadas, com uma forte complementaridade entre os insumos e as técnicas e elevada especificidade relacionada às condições naturais de solo e clima e às condições sócio-econômicas, especialmente aquelas que respeitam aos níveis de renda, instrução e acesso às informações³⁰. No próximo item faremos um resumo das principais características deste padrão tecnológico.

1.1.3 Um resumo das principais características do padrão tecnológico moderno

A primeira e talvez mais importante característica refere-se às heterogeneidades e complementaridades existentes entre os diversos insumos e técnicas. Por definição, a tecnologia agropecuária é multidisciplinar, já que envolve o manejo de condições físicas, como certas propriedades do solo e as oscilações climáticas de umidade e temperatura e insolação; químicas, como as condições de disponibilidade de elementos essenciais em determinadas formas moleculares; e biológicas, estas de extrema complexidade, já que dizem respeito

²⁹ Embora não haja uma explicação cabal para o fato de o Brasil não ter seguido o modelo centralizador desde o primeiro momento, juntamente com quase todos os seus vizinhos latino-americanos, supõe-se que a existência prévia de instituições de pesquisa de tradição, como o Instituto Agrônomo de Campinas, o Instituto Biológico e o Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Sul, além de várias estações experimentais então integradas ao antigo Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária - DNPEA, representavam uma força de pesquisa que já poderia atender ao objetivo de difusão internacional do padrão agrícola moderno. Seria portanto difícil e talvez até desnecessário, à época, promover uma profunda reorganização institucional para alcançar uma estrutura similar à implantada em outros países.

³⁰ As heterogeneidades sócio-econômicas são elementos cruciais do processo de difusão do padrão tecnológico moderno. Apesar de não termos dado ênfase a elas até este ponto, mesmo porque o objetivo deste item não compreende tal abordagem, começaremos, a seguir a analisá-lo com a devida atenção, especialmente quando tratarmos dos processos de geração e difusão neste e em outros capítulos deste trabalho.

não apenas ao funcionamento dos organismos individualmente (plantas, animais e microorganismos), mas também aos efeitos de suas interações e das interações com o meio.

Assim, não basta, por exemplo, saber quanto falta de nitrogênio, fósforo e potássio no solo a cultivar, é também preciso conhecer outras de suas condições, como a presença de elementos químicos que seqüestram e imobilizam os elementos de interesse agrícola, ou as condições físicas dos minerais que compõem o solo (argilas, sílica, matéria orgânica, etc.), fatores estes que implicarão o uso de corretivos e a melhor indicação das técnicas de manejo do solo. Por outro lado, é necessário conhecer a fisiologia e o padrão nutricional de cada cultura e variedade, para aplicar os fertilizantes em épocas, formulações e quantidades apropriadas.

A complexidade das relações solo-clima-planta-animal, é de tal ordem que o uso (e muitas vezes o desenvolvimento) de uma técnica ou um insumo leva em conta o uso (ou o desenvolvimento) de pelo menos outro que lhe seja diretamente relacionado; e é o que acontece, por exemplo:

- entre colheitadeiras e variedades de menor porte com arquitetura conveniente ao trabalho da máquina e também entre aquelas e variedades mais resistentes a danos físicos provocados pelo manuseio e pela ação da máquina ao colher (caso do tomate de casca mais resistente desenvolvido para a colheita mecânica na Califórnia);

- entre variedades de alto rendimento agrícola e uso intensivo de formulações de fertilizantes e de grandes quantidades de água (casos das variedades de trigo e arroz da Revolução Verde) e entre aquelas e a necessidade de arações mais profundas, devidas ao maior tamanho médio das raízes;

- entre formas de apresentação de fertilizantes e pesticidas e as máquinas destinadas à sua aplicação no campo;

- entre práticas agrícolas de cultivo, como espaçamento, rotação e o desenvolvimento de variedades de menor porte e de menor ciclo produtivo;

- entre o uso de pesticidas vinculado ao aumento do uso das variedades de alto rendimento, que no mais das vezes apresentam relação inversa entre ganhos de produtividade e queda de resistência ao ataque de pragas e doenças;

- e, mais recentemente, entre o uso de herbicidas e o desenvolvimento de variedades resistentes a elevadas dosagens daqueles produtos.

Também pelo lado do processamento de produtos agrícolas existem complementaridades, como aquelas relativas:

- à produção de sucos e pastas e o desenvolvimento de variedades de frutas e frutos com maior teor de sólidos solúveis;

- à produção de açúcar e álcool e a geração de variedades com maior teor de sacarose;

- ao desenvolvimento de variedades de espécies oleaginosas (soja, amendoim, girassol) com maior teor de óleos ou de proteína e as produções de óleo e de farelo;

- a geração de frutas com morfologia definida para adaptação às máquinas de descascamento na produção de conservas; entre outros exemplos.

Condições sócio-econômicas à parte - dado que são diferenciadoras por princípio das do processo de adoção de tecnologias -, pode-se perceber a dificuldade intrínseca que representa o uso coordenado e balanceado das técnicas e insumos agrícolas, não apenas pelas heterogeneidades edafo-climáticas a que o processo produtivo está submetido, mas sobretudo à própria complementaridade das funções, muitas vezes limitantes da produção, que caracterizam este padrão moderno da agricultura. Entretanto, mesmo conhecendo-se a fundo muitas destas interrelações, sabe-se que o nível do conhecimento científico hoje existente sobre as bases é baixo e que, quanto mais se avança no conhecimento das relações clima-solo-planta-animal, mais complexo se torna o padrão tecnológico moderno, à medida que mais relações vão sendo identificadas e estabelecidas.³¹

A **segunda** característica refere-se à crescente aproximação da agricultura à economia como um todo, deixando de ter sentido a divisão entre grandes setores: primário, secundário e terciário. Trata-se de um padrão que promove a

³¹ Um dos principais efeitos da observação parcial daquelas relações, além de possíveis quedas no aproveitamento global do uso de técnicas e insumos, é o de provocar desbalanços ambientais extremamente danosos, como o esgotamento e a perda de solos, a contaminação de alimentos, águas e ar, a eliminação de inimigos naturais e o aumento da resistência de pragas e doenças a produtos fitossanitários, o que causa desequilíbrios favoráveis à maior incidência destes agentes.

integração com segmentos industriais a montante e a jusante, e com a comercialização interna e a exportação. Encontra-se aí uma elevada diversidade de formas organizacionais envolvidas na geração e difusão de técnicas e insumos. Assim, não basta referir-se às indústrias a montante e a jusante (embora sejam termos úteis e tenham sentido prático ao nível agregado), já que diferenças profundas definem características técnicas e econômicas muito próprias entre fertilizantes, pesticidas, tratores, implementos e sementes, da mesma forma que entre açúcar e álcool, massas e biscoitos, sucos, conservas, laticínios, óleos e farelos, papel e celulose, etc. O fato de ser multissetorial implica, necessariamente, condições heterogêneas de mercado, com a presença de distintos tipos de concorrência.

É portanto um padrão baseado em técnicas e insumos complementares, que têm origens internas e externas à produção agrícola propriamente dita, envolvendo o concurso ou a concorrência de várias indústrias, de instituições públicas de pesquisa e de segmentos ligados à prestação de serviços, com seus diferentes mercados, áreas de conhecimento e padrões inovativos distintos, além de métodos particulares de produção e de organização da produção. Fica claro então que este é um padrão tecnológico extremamente complexo, formado por partes de origens absolutamente diferentes, mas que, ao longo do percurso, são forçadas a interagir em maior ou menor grau, através de relações produtor/produtor e usuário/produtor de tecnologia.

Uma terceira característica geral diz respeito à busca da produtividade. O padrão moderno é baseado nos incrementos de produtividade, seja da terra, seja do trabalho. O uso de máquinas, sementes melhoradas, fertilizantes e pesticidas tem, neste padrão, que levar a acréscimos de produtividade, das quantidades produzidas por unidade de área ou de trabalho. Esta é uma perspectiva muito forte, que está presente em toda a literatura sobre desenvolvimento agrícola e chega mesmo a confundir-se com a própria noção de padrão tecnológico moderno. Trata-se portanto de um paradigma tecnológico voltado à busca de maior produtividade, o que significa inovações voltadas aos processos produtivos, como pouca atividade inovativa dirigida à diversificação de produtos agropecuários.

Finalmente, parece oportuno chamar a atenção para a forma de constituição do padrão tecnológico, uma forma histórica e cumulativa, que foi se estruturando durante mais de um século. A noção bastante difundida de um padrão

tecnológico baseado em inovações químicas, biológicas e mecânicas não pode ser entendida de forma a-histórica, como algo concebido ex ante, ou mesmo como uma composição mais ou menos óbvia de desdobramentos do conhecimento científico sobre o processo produtivo agrícola.

O entorno deste padrão, que hoje é apresentado de forma clara e até "natural", pelo fato de parecerem tão óbvias necessidades de uso de fertilizantes e pesticidas químicos, de sementes melhoradas, de tratores, etc., não deve ser avaliado como o resultado inexorável do desenvolvimento das forças produtivas no campo, ou da evolução da combinação de preços relativos dos fatores de produção. Ele é um processo de desenvolvimento tecnológico cujas origens, desdobramentos, caminhos, estímulos e obstáculos só podem ser entendidos à luz dos momentos históricos em que se deram.

O padrão tecnológico moderno é o resultado de uma combinação, no tempo, de diferentes trajetórias tecnológicas, que apresentaram elementos convergentes fortes, mas que não estavam previamente identificadas, nem tampouco evoluíram à mesma época, com o mesmo ritmo e a mesma direção. Destarte, a idéia de padrão tem aqui uma conotação de um conjunto mais ou menos coerente, mas não intencional, constituído por partes cuja concepção não estava baseada na projeção deste todo, como hoje o conhecemos.

Algumas implicações decorrem destas características:

a) a interpretação do processo de geração de tecnologia na agricultura não deve se ater aos enfoques que explicam a tecnologia como o resultado óbvio da superação das barreiras naturais que a agricultura impõe ao desenvolvimento do capitalismo no campo (particularmente as dificuldades no domínio dos processos biológicos e edafo-climáticos). Tal forma de encarar a questão só é aceitável em um nível de análise muito geral, porque não vai além de traduzir princípios da dinâmica capitalista de produção, como a necessidade de explorar a divisão do trabalho e de aumentar a velocidade de rotação do capital. Assim, dizer que a tecnologia serve para ampliar o controle do processo produtivo na agricultura, reduzindo os tempos de não-trabalho e aumentando a velocidade de rotação do capital (MANN & DICKINSON, 1978; GRAZIANO DA SILVA, 1988), não implica dizer que o padrão tecnológico atual e as tecnologias e conteúdos de

conhecimento nele presentes sejam o resultado natural desta direção, ou por elas explicados.³²;

b) tampouco é possível interpretar o padrão tecnológico agrícola da perspectiva das mudanças dos preços relativos dos fatores de produção, decorrentes de sua escassez relativa (HAYAMI & RUTTAN, 1988). Tanto quanto na perspectiva anterior, as inovações surgem para resolver o problema geral da valorização do capital, só que agora motivado pela composição dos preços relativos dos fatores, ou seja, a inovação é induzida em resposta a uma necessidade de economizar fatores escassos: fertilizantes substituem terra, máquinas substituem mão-de-obra. Nada mais óbvio que incorporá-los, quando terra ou mão-de-obra tornarem-se escassos e, portanto, caros.

Embora de matrizes teóricas completamente distintas, esses dois enfoques evocam mecanismos indutores que implicam enxergar o processo inovativo de forma essencialmente reativa³³.

c) O estudo da dinâmica inovativa na agricultura, no sentido da qualificação de sua direção, forma e grau, deve observar os elementos de constituição das várias trajetórias tecnológicas envolvidas, que não podem ser encontrados exclusivamente nas razões da demanda pelo mercado ou da oferta pelos agentes geradores de tecnologia. No próximo capítulo procuraremos apresentar elementos teóricos que, ao nosso juízo, enriquecem bastante a análise da inovação na agricultura e permitem indicar de forma mais refinada as perspectivas de mudança do padrão tecnológico que hoje começam a ser esboçadas. Por enquanto, faremos uma descrição crítica e sucinta das perspectivas teóricas que buscam explicar a formação deste padrão e os mecanismo da inovação que estariam aí explícita ou implicitamente colocados.

³² Voltaremos a este ponto no início da próxima seção.

³³ É importante assinalar que esta semelhança entre os dois enfoques não passa de um ponto de contato localizado na maneira com que os autores vêem o processo inovativo na agricultura. Tanto as análises de Mann & Dickinson, quanto as de Hayami & Ruttan, sobre o progresso técnico e o desenvolvimento da agricultura, respectivamente, são muito mais abrangentes e tocam inúmeros outros pontos dos quais serão aqui discutidos apenas aqueles que interessam mais de perto ao presente trabalho. Tais questões poderão ser melhor discutidas na próxima seção.

Seção I.2 - A inovação tecnológica na literatura econômica agrícola: perspectivas vigentes e conceitos básicos

Retomemos algumas das características do padrão tecnológico anteriormente descrito. Dissemos que a tecnologia agropecuária moderna é, por definição, multidisciplinar, devido à complexidade de fontes de conhecimento que necessariamente para ela devem concorrer, pois para intervir produtivamente no processo de crescimento e reprodução de uma planta ou de um animal no campo são necessários, entre outros, conhecimentos de fisiologia, nutrição e genética, além do conhecimento sobre os fenômenos físicos, químicos e biológicos ligados ao ambiente e das possíveis interações destes com as plantas e os animais. Dissemos também que o desenvolvimento tecnológico que ocorreu foi formado por partes de origens diferentes, que interagiram em maior ou menor grau ao longo de mais de um século. Vamos agora qualificar melhor os condicionantes tecnológicos e econômicos que podem ajudar a identificar a forma com que se dá a geração de tecnologia dentro do padrão vigente. Para tanto, iniciaremos por uma breve revisão da literatura, destacando os aspectos mais relevantes ao presente trabalho, prosseguindo na direção de uma proposta alternativa de interpretação.

O tratamento normalmente dispensado ao tema do progresso técnico na agricultura é quase sempre relacionado à sua funcionalidade e seus impactos na economia rural, aparecendo como análises colaterais a outros temas centrais. A esmagadora maioria dos autores das mais diversas correntes teóricas, quando abordam o progresso técnico, o fazem do ponto de vista dos problemas da adoção e da difusão. Isto porque os trabalhos estão preocupados, de um lado, com o papel da mudança técnica na superação da pobreza rural e, de outro lado, com o impactos da tecnologia sobre a mão-de-obra e a concentração da renda e da terra no campo. Assim, poucos são os enfoques teóricos e metodológicos que se voltam, especificamente, para o estudo dos mecanismos de geração de tecnologia agrícola.

Na verdade, a vasta literatura de desenvolvimento agrícola, quando trata dos mecanismos de geração de tecnologia, o faz ou pela análise das necessidades da agricultura gerando estímulos para o desenvolvimento de tecnologias ou, mais raramente, mostra o papel que têm os setores ligados a montante e a jusante com a agricultura. Há apenas uma teoria especificamente voltada ao tema, que se

propõe explicar os mecanismos de geração de tecnologia agrícola: a teoria da inovação induzida, que é uma aplicação dos mecanismos de indução dos preços relativos proposto por Hicks em 1932 na obra "The Theory of Wages". Tal enfoque, bastante desenvolvido na obra de Hayami & Ruttan "Agricultural Development; an international perspective", de 1971, será tratado, mais adiante, ainda nesta seção. Pelo momento tentaremos mostrar, da forma mais concisa possível, as visões predominantes sobre os processos inovativos na agricultura. Esta revisão não pretende ser exaustiva. Ela trata das principais vertentes que estudaram o padrão inovativo vigente, agrupando-as, tanto quanto possível, por temas característicos e não pela descrição seqüencial dos autores e suas idéias.³⁴

1.2.1 O capital frente às especificidades da agricultura

Uma primeira abordagem que merece destaque é a dos obstáculos à valorização do capital na agricultura em função das especificidades da produção agrícola em relação à produção industrial. Aqui o processo inovativo na agricultura é invariavelmente analisado em função de um ou mais destes fatores: a) contar com um fator ou um meio de produção não reprodutível, que é a terra; b) contar com elementos aleatórios que intervêm no processo produtivo, como são os fatores climáticos; c) apresentar rigidez na parcialização da produção determinada pelo ciclo necessariamente seqüencial dos seres vivos; e conseqüentemente d) apresentar rigidez no período de produção determinada pelo ciclo biológico da planta ou do animal.

Esta perspectiva tem origem na preocupação em explicar a manutenção da produção familiar no campo, mesmo em economias já predominantemente capitalistas. Autores como MANN & DICKINSON (1978) foram buscar em passagens de "O Capital" de Marx argumentos para mostrar que, em razão das especificidades da produção agrícola, o capital teria aí condições desfavoráveis de valorização. Em linhas gerais, os autores dizem que nos processos produtivos onde há descolamento entre tempo de produção e tempo de trabalho, haveria intervalos "improdutivos" no processo que não estariam acrescentando valor à

³⁴ Preferimos chamar aqui de temas característicos em vez de correntes de pensamento, porque os temas são pontos particularmente importantes para o presente trabalho e nem sempre estão referidos a uma determinada corrente de pensamento, podendo, eventualmente, agrupar mais de uma corrente.

mercadoria (porque na teoria do valor de Marx apenas o trabalho vivo incorporaria valor). "Em consequência, a produção capitalista esforça-se para reduzir não somente o tempo de trabalho necessário para a produção de uma mercadoria, mas também o 'excesso' de tempo de produção sobre o tempo de trabalho" (MANN & DICKINSON, 1978:10).

Depreende-se desta citação que a argumentação dos autores está baseada em dois supostos sobre o processo de produção na agricultura: o primeiro é de que os tempos de produção são sempre longos e bastante maiores que os tempos de trabalho (comparativamente a outros setores); o segundo é que o tempo de produção e sua relação com o tempo de trabalho necessário são inflexíveis, devido às especificidades dos processos biológicos.

Do primeiro suposto eles concluem pela menor lucratividade da agricultura, dada a menor incorporação de valor ao processo produtivo; do segundo também concluem pela menor lucratividade, mas pelo fato de que os "longos" de produção, ao implicarem menor velocidade de rotação do capital, provocam menor apropriação de mais-valia por período de tempo e, conseqüentemente, menores taxas de lucro.

Outra suposta especificidade da agricultura, relacionada à esfera da circulação, é também invocada pelos autores para completar a argumentação da menor atratividade do capital na produção agrícola. Trata-se dos "problemas" da perecibilidade do produto agrícola e da concentração da oferta em determinados momentos do ano (safras), os quais implicariam a necessidade de gastos extraordinários para a conservação e estocagem. Ao tecerem tais argumentos, os autores destacam dois aspectos: de um lado, o alto risco que a perecibilidade representa para o capital, pois mesmo que a introdução de inovações reduza estes riscos, "produtos altamente perecíveis ainda representam uma aventura para o capital em larga escala"; do outro lado, os custos para estocagem representariam um ônus desestimulante para o produtor.

O corolário para a questão do progresso técnico na agricultura seria a funcionalidade da pesquisa para "resolver" estes "problemas do capital": "Praticamente toda a pesquisa agrícola desenvolve esforços para reduzir a preponderância do tempo de produção sobre o tempo de trabalho" (MANN & DICKINSON, 1978:11).

Antes de prosseguirmos, valem alguns comentários críticos sobre a abordagem proposta por estes autores. A essência da argumentação acima apresentada, da menor atratividade que as condições de produção da agricultura exercem sobre o capital, tem, por objetivo final, explicar o porquê da persistência da pequena produção agrícola baseada na mão-de-obra familiar. Trata-se, portanto, de uma formulação teórica geral sobre o funcionamento da economia capitalista na agricultura, que pretende, a partir de certos postulados apontados por Marx, especialmente no Livro II, mostrar que especificidades dos tempos de produção, de trabalho e de circulação, tornam a agricultura um locus especial de (sub) valorização dos capitais, uma situação específica para a economia capitalista como um todo, e não apenas um setor que, como outro qualquer, apresenta suas particularidades.

Mas do ponto de vista teórico, os autores deixam de observar algumas questões que nos parecem cruciais. A primeira e mais importante diz respeito à não consideração de que uma taxa de lucro tendencialmente uniforme resultará da redistribuição da mais-valia total gerada entre os distintos ramos de produção que a apropriam na forma de lucro, transformando, ao mesmo tempo, os valores em preços de produção, que asseguram, por hipótese, a referida taxa de lucro média, tornada tendencialmente uniforme na economia pela ação da concorrência³⁵. Na verdade, eles parecem partir do princípio de que a produção capitalista na agricultura não se insere no processo geral de concorrência dos capitais, o qual leva à definição de uma taxa média de lucro para a economia e, em consequência, desproporções entre os valores e os preços de produção devidas exatamente a diferenças de natureza técnica entre as composições orgânicas do capital dos vários ramos de produção, sejam por diferentes proporções entre capital fixo e circulante, sejam por diferentes períodos de rotação do capital fixo ou do circulante. Se se considera o oposto, ou seja, que a agricultura faz parte daquele processo, fica por provar que ela produza taxas de lucro menores do que a média e que tal diferencial permanente entre taxas de lucro de diferentes atividades capitalistas seja compatível com o próprio conceito

³⁵ Ver Livro III, capítulos 8 a 10 de "O Capital".

da economia capitalista na visão de Marx. Tal conclusão comprometeria a argumentação dos autores na própria esfera da análise marxista.³⁶

Adicionalmente poderíamos apontar ainda outros elementos relevantes para a discussão do texto em referência: a) o fato de existirem períodos de produção nos quais não esteja ocorrendo trabalho não significa que estes períodos sejam improdutivos, porque eles são socialmente necessários dentro das condições médias de produção e segundo a tecnologia existente para aquele tipo de processo produtivo; e b) a rigidez do tempo de produção, assim como de outras características do processo produtivo, não são permanentes, isto é, não se comportam como parâmetros, mas sim como variáveis que dependem, em cada momento, do estado do conhecimento e do tipo de tecnologia em uso, podendo portanto ser modificados pelo progresso técnico, da mesma forma como ocorre em qualquer ramo de produção.³⁷

Feitas as observações acima, valeria ainda prosseguir um pouco mais nas ilações que decorrem da concepção de Mann & Dickinson, particularmente no que respeita ao progresso técnico. GRAZIANO DA SILVA (1988), partindo da mesma noção de especificidades da agricultura, faz uma interpretação mais extensa das relações que aí podem ser feitas. Primeiramente, o autor assinala a existência de três categorias de especificidades: dos processos biológicos; dos

³⁶ MARX (1987:173-4) discutindo esta questão escreve: "em diferentes ramos industriais reinam taxas de lucros desiguais que correspondem à diversa composição orgânica do capital e, dentro dos limites referidos, aos diferentes tempos de rotação (...). A validade do exposto depende da base em que se fundamentou até agora nosso estudo: a de que as mercadorias são vendidas pelo valor. Por outro lado, não há a menor dúvida de que, na realidade, excluídas diferenças não essenciais, fortuitas e que se compensam, não existe diversidade nas taxas médias de lucro relativas aos diferentes ramos industriais, nem poderia existir, sem pôr abaixo todo o sistema de produção capitalista. Parece portanto que a teoria do valor é neste ponto incompatível com o movimento real, com os fenômenos positivos da produção e que por isso se deve renunciar a compreendê-los".

³⁷ Nem mesmo a existência de processos biológicos pode ser invocada para justificar condições inflexíveis. As especificidades aí envolvidas têm sido alvo do progresso técnico desde há muito, conforme assinalamos na primeira seção deste capítulo. O fato de existir maior rigidez do que em processos que não envolvem organismos vivos não pode ser atestado como um parâmetro: primeiro, porque ela (a rigidez) não pode ser definida como um princípio dos organismos vivos, caso contrário não haveria evolução das espécies; segundo, porque não sendo um princípio em si mesmo, só pode ser uma noção comparativa, de relação técnica. Destarte, trata-se de uma questão de diferentes dimensões de variáveis técnicas, as quais, logicamente, alteram-se no tempo.

condicionantes naturais da produção; e do papel da terra enquanto meio de produção.

Sobre a primeira, o autor identifica, de forma muito parecida à dos autores acima, duas consequências básicas: a) a continuidade do processo biológico impede sua parcialização, o que imporá nítidas "dificuldades à divisão do trabalho no interior do ciclo produtivo"; b) uma "dissociação entre o período de produção e o tempo de trabalho", devido ao ciclo biológico no qual o período de produção é maior que o de trabalho, provocando largos períodos de "não-trabalho", reduzindo a velocidade de rotação e a lucratividade do capital empregado na produção.

Com respeito aos condicionantes naturais, as consequências seriam as seguintes: dependência dos fatores climáticos (precipitação, insolação, temperatura), o que dificultaria o controle do processo de produção e impediria a generalização das técnicas de produção sem a observação das devidas adaptações a cada situação específica de produção.

Finalmente, a terra, sendo um meio de produção fundamental na agricultura e virtualmente não reprodutível³⁸, representaria um problema ao capitalista que ali queira investir, dado que ele teria de pagar uma renda ao proprietário daquele meio de produção (isto desde que os dois não fossem a mesma pessoa e não existissem mais terras sem dono e passíveis de produção)³⁹. Entretanto, esta particularidade, como pode ser percebido, não está no mesmo nível das duas anteriores. A situação em que a renda da terra constitui um obstáculo à valorização dos capitais, como observa o próprio autor, não é a regra. Mesmo que assim fosse, a propriedade da terra, na prática, configura-se como a propriedade de qualquer outro meio de produção e é parte integrante do processo concorrencial na produção agrícola capitalista. É sim uma barreira à entrada, mas não implica em desvantagens relativas para a valorização dos capitais que estão aplicados na produção agrícola.⁴⁰

³⁸ Poderia-se pensar na produção artificial de terra, pela agrigação de seus componentes básicos que interessam à produção agrícola.

³⁹ Para uma didática revisão do papel da renda na terra na economia capitalista, sugerimos a leitura de LENZ (1986)

⁴⁰ Acreditamos também que a idéia de especificidades da agricultura deve ser tomada com muito cuidado, porque há um elevado grau de heterogeneidade de situações onde estas

Em razão destes obstáculos, GRAZIANO DA SILVA (1988:33) propõe "uma classificação para as inovações que expressem o conteúdo concreto do progresso tecnológico na agricultura, do ponto de vista do processo capitalista de produção". Tal classificação seria composta daquelas inovações que permitiriam, senão remover, ao menos reduzir a importância daquelas barreiras:

a) inovações mecânicas, que interferem na intensidade e no ritmo da jornada de trabalho;

b) físico-químicas, que atuam nas propriedades do solo, elevando a produtividade do trabalho e reduzindo perdas do processo produtivo;

c) inovações biológicas, que alteram a velocidade de rotação do capital, reduzindo o período de produção;

d) inovações agronômicas, que elevam a produtividade global do trabalho, por meio da recombinação e da melhor organização dos recursos disponíveis.

A mecanização aumentaria o ritmo e a intensidade do trabalho, aumentando o tempo de não-trabalho, mas também a extração de mais valia relativa; os pesticidas reduzem o tempo de trabalho e aumentam a produtividade pela redução de perdas causadas por pragas e doenças e pela presença de ervas daninhas; a fertilização aumenta a produtividade do trabalho, na medida em que aumenta o volume de produção num mesmo espaço de tempo; as inovações biológicas agem, pela criação de novas variedades e raças, alterando os ciclos biológicos, reduzindo assim o processo produtivo e ampliando as possibilidades de cultivo em diferentes situações climáticas e em diferentes épocas do ano. Ademais, potencializam enormemente as outras inovações por efeitos sinérgicos; as inovações agronômicas permitem introduzir mudanças na organização do processo produtivo, que levem ao incremento da produtividade, como maior adensamento de plantas por hectare, rotação de culturas e práticas culturais mais racionais em relação às condições de clima e solo, etc.

Nesta forma de ver, seriam as inovações biológicas e agronômicas as responsáveis por levar o capital a superar as barreiras naturais que ele encontra para se valorizar na agricultura. Mas o autor não explica por que então se

especificidades não têm uma representação econômica prática. Basta constatar que, no nível concorrencial da produção agrícola, as especificidades deixam de existir ao tornarem-se parte das condições concorrenciais existentes para os capitais ali empregados.

adotam inovações mecânicas e físico-químicas que, segundo este ponto de vista, não serviriam para superar os problemas da existência de tempos de não-trabalho e da baixa velocidade de rotação do capital. Ao contrário, como o próprio autor observa, o uso de máquinas, na medida em que intensifica o trabalho nas atividades de plantio, cultivo e colheita, aumenta ainda mais os períodos da produção onde não entra trabalho humano, sem reduzir o tempo de produção. Deveriam se justificar, pela orientação da análise, enquanto técnicas que aumentam a extração de mais-valia relativa.

Duas observações preliminares merecem ser feitas:

a) as tecnologias mecânicas, físico-químicas, biológicas e agrônômicas teriam, nesta perspectiva, um caráter estritamente funcional e reativo. Elas são como são porque assim o capital determinou. Há uma evolução geral do capital que implica, necessariamente, na busca de soluções químicas (fertilizantes, pesticidas), mecânicas (máquinas e implementos) e biológicas (variedades melhoradas). É portanto necessário que estas tecnologias tenham evoluído da forma como evoluíram, uma vez que superam as barreiras naturais da agricultura à valorização do capital. As tecnologias são assim originadas pelas necessidades do capital;

b) apesar de serem classificadas segundo um ponto de vista disciplinar, relativo às áreas de conhecimento envolvidas na produção agrícola; e apesar ainda de estarem referidas às indústrias e às instituições de pesquisa pública, no que tange ao desenvolvimento e à produção das tecnologias, parece não haver espaço analítico, neste enfoque, para que se considerem os condicionantes específicos do progresso científico (disciplinar), tecnológico (de pesquisa e desenvolvimento) e as determinações institucionais e econômicas dos produtores de tecnologia aí envolvidos. A explicação da existência deste conjunto de tecnologias agrícolas estaria suficientemente baseada nas determinações gerais impostas pelo capital.

Obviamente não se está questionando aqui a importância de alcançar maiores níveis de controle sobre a produção agrícola, reduzindo as incertezas relativas ao clima e flexibilizando a rigidez do ciclo biológico do produto agrícola. Nem tampouco a idéia de que é possível que parte das tecnologias caminhe nesta direção. Questiona-se, sim, as relações de causa e efeito que este enfoque quer imputar ao desenvolvimento tecnológico na agricultura - por

exemplo, o processo de melhoramento das espécies é tão antigo quanto a própria prática agrícola, muito antes da agricultura capitalista ter se tornado o modo predominante de produção. Ademais, e por tocar neste tema, vale registrar que o melhoramento das espécies vegetais e animais não foi privilégio das economias de mercado enquanto as economias centralmente planejadas existiram, dividindo o planeta ao meio.⁴¹

1.2.2 Fatores (recursos) tradicionais e fatores (recursos) modernos

A segunda abordagem que vamos aqui descrever tem por preocupação central entender o processo inovativo a partir da constatação da ineficiência econômica dos fatores de produção típicos da agricultura. Na verdade identificam-se aqui várias correntes de pensamento, enquadradas na perspectiva de superação do subdesenvolvimento. Todas têm em mente o desenvolvimento econômico de economias atrasadas, só que algumas delas estão dirigidas ao tratamento em particular da pobreza rural e outras ao papel da agricultura para o desenvolvimento da economia como um todo, de sua importância para o crescimento econômico.

A formulação proposta por SCHULTZ (1965b) tornou-se o mote das políticas de desenvolvimento da agricultura por intermédio da modernização tecnológica. Todo o movimento de expansão do padrão moderno da agricultura, conhecido como Revolução Verde, tinha a concepção de que a pobreza e o atraso rural teriam condições de superação caso fossem incorporados fatores mais produtivos, substituindo os fatores tradicionais.

Para aquele autor, a riqueza natural dos solos e a intensidade do trabalho não seriam sinônimos de possibilidades ou obstáculos de crescimento da produção. O ponto de estrangulamento estaria no acesso a novos conhecimentos e a saber usá-los. Haveria uma base econômica lógica "em razão da qual a agricultura tradicional, por empregar apenas fatores tradicionais de produção, seria incapaz de crescer, exceto a custos elevados" (SCHULTZ, 1965b:17). Esta lógica não estaria relacionada, por outro lado, à existência de restrições naturais

⁴¹ Parte destas observações resultaram de discussões com o Prof. José Maria da Silveira. Entretanto, possíveis inconsistências na sua elaboração devem ser atribuídas apenas ao autor desta tese.

da produção agrícola vis à vis a indústria e, portanto, a idéia de menor dinamismo intrínseco da agricultura frente à indústria estaria ligada a um "legado de doutrinas"⁴² (ver pp.21 a 26). As dotações naturais então não seriam relevantes; mais importantes seriam a disponibilidade de "capital material" (insumos e máquinas) e o nível educacional do pessoal agrícola. Em outras palavras, o autor supunha que a agricultura poderia ser uma atividade rentável como outra qualquer, bastando para isto que fossem feitos investimentos em instituições de pesquisa e extensão, produção dos insumos modernos, e em educação no meio rural.

O fundamento econômico relaciona-se a dois aspectos: a eficiência alocativa seria limitada a partir de um certo nível; e haveria baixas taxas de retorno ao investimento marginal nos fatores tradicionais. Assim, não havendo retorno não haveria poupança e estímulo a novos investimentos⁴³. Para o autor a agricultura tradicional seria qualificada pelos seguintes aspectos: a) o estado dos conhecimentos permaneceria constante; b) o estado das preferências e dos motivos para manter e adquirir as fontes de renda permanece constante; c) ambos estes estados permanecem constantes durante tempo suficiente para que aquelas preferências e motivos marginais cheguem a um equilíbrio com a produtividade marginal daquelas fontes de renda. Assim, nenhum aumento substancial na produção agrícola será obtido pela redistribuição dos fatores à disposição dos agricultores. "Segue-se portanto que a combinação de espécies plantadas, o número de vezes e a profundidade em que é feito o cultivo, a época do plantio, da irrigação e da colheita, a combinação de ferramentas manuais, valetas para levar água aos campos, animais de tração e equipamentos simples, tudo isto é feito com vistas aos custos e retornos marginais" (SCHULTZ, 1965b:49).

A chave do crescimento estaria no fornecimento de novos fatores lucrativos a baixos preços, baseados em novos conhecimentos incorporados em insumos e em pessoal qualificado. Daí a importância em investir na produção de insumos, na pesquisa pública e na educação rural. A mudança técnica deve ser

⁴² Sobre este ponto ver SCHULTZ (1965a:21-26), onde o autor faz referência crítica a questões como a menor elasticidade renda dos produtos agrícolas e a funcionalidade da agricultura para o desenvolvimento da indústria.

⁴³ Apesar da simplicidade da visão de Schultz, é interessante notar a forma peremptória como ele nega a noção de obstáculos naturais à rentabilidade do capital no campo.

reconhecida aí como fator de produção, que proporciona aumentos cada vez maiores de renda. "Além disso, uma vez que esses novos fatores são meios de produção produzidos, as atividades de descobri-los, desenvolvê-los e produzi-los constituem partes essenciais de um conceito global de produção" (SCHULTZ, 1965b:143). Como haveria dificuldades na apropriabilidade dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos insumos, não teria sentido que estas atividades fossem feitas por firmas privadas, pois seus custos marginais não seriam equilibrados pelos retornos marginais. Assim, este papel caberia à pesquisa pública.⁴⁴

Numa direção semelhante, mas bastante mais refinada, MELLOR (1966) enxerga na mudança técnica o mecanismo necessário para superar a baixa capacidade da agricultura tradicional em elevar a produção e a produtividade. Ao contrário de Schultz, Mellor não faz a disjuntiva entre agricultura tradicional e agricultura moderna, mas propõe a modernização em fases.

Na primeira fase, chamada de agricultura tradicional, os aumentos de produção dependem basicamente do aumento simétrico do uso de fatores tradicionais, admitindo-se que algumas inovações de uma agricultura dinâmica possam ser introduzidas, conferindo pequenos incrementos de produtividade.

Na segunda fase, denominada de agricultura tecnologicamente dinâmica de low capital technology (LCP), haveria a adoção limitada por produtor e por região de um pequeno número de melhoramentos tecnológicos, que trariam elevados retornos, mesmo com imperfeições nos sistemas de posse e uso da terra, no crédito e nas condições de mercado. "A fase 2 é um processo dinâmico que provê uma contínua taxa de incremento. Não é apenas um processo de introdução de um certo set de inovações de benefícios imediatos e constantes. É uma fase na qual o próprio processo se encarrega de gerar um fluxo de inovações (...) isto tanto pode ocorrer com o uso de tecnologias diretamente incrementadoras, como com o remanejamento dos fatores tradicionais possibilitado pelas novas tecnologias" (MELLOR, 1966:225). Os limites em relação à primeira fase estariam caracterizados por um fluxo permanente de inovações, facilitado pela implantação de um quadro institucional de apoio já bastante complexo.

⁴⁴ Isto é uma descrição simplificada da concepção do argumento da não exclusividade. para maiores detalhes ver o capítulo 10 de SCHULTZ (1965a)

A terceira fase foi por ele chamada de high capital technology (HCP), ou agricultura tecnologicamente dinâmica. Distinguir-se-ia da anterior pelo fato de que naquela a dimensão do uso de capital seria ainda restrita, frugal e modesta. Assim, a principal característica desta fase seria a substituição de mão-de-obra por capital, na forma de maquinaria. Seria uma fase tecnologicamente dinâmica na qual instituições são mais desenvolvidas, criando um fluxo de inovações poupadoras de mão-de-obra, entre as quais, além das máquinas, também se encontrariam as inovações biológicas para o aumento do rendimento do trabalho.

Na segunda fase a idéia de complementaridade está centralmente posicionada, dado que haveria um convívio entre recursos abundantes e escassos. Recursos abundantes são definidos como os que estão disponíveis em tais quantidades que apresentem baixas produtividades marginais. Já os recursos escassos são classificados em cinco categorias:

a) instituições para promover incentivos ao tomador de decisões (o produtor), que seriam de natureza diversa: culturais, psicológicas e econômicas;⁴⁵

b) programas de pesquisa para a geração de novas técnicas e novos sistemas de produção, pois "o alto grau de variabilidade física, econômica e cultural na agricultura demanda uma grande quantidade de recursos à pesquisa adaptativa descentralizada (MELLOR, 1966:232);

c) instalações para a produção de novos e melhorados inputs físicos, desde plantas industriais para produção de fertilizantes, inseticidas e herbicidas, até meios para produção e distribuição de sementes melhoradas;

d) instituições de serviços à produção agrícola, para assistência técnica e difusão;

e) educação voltada ao auxílio global na tomada de decisões, dado que "uma agricultura progressiva caracteriza-se pelo constante aparecimento de novas alternativas onde aceitar algumas é tão importante quanto rejeitar outras". (pp.233)

Mellor ainda descreve as principais características dos recursos escassos: i) os agricultores não podem provê-los por si mesmos; ii) em geral não há

⁴⁵ O sistema de posse e uso da terra seria um deles.

competição por recursos escassos necessários ao desenvolvimento industrial; iii) complementaridades entre recursos requer coordenação da oferta e competente instrução aos produtores agrícolas; iv) a produtividade pode variar consideravelmente de lugar para lugar, com a variação das condições físicas, culturais e econômicas; v) a natureza complexa e complementar dos recursos escassos, quando aplicados conjuntamente aos recursos abundantes, torna difícil a mensuração de sua produtividade social marginal e dos custos e benefícios; vi) os recursos escassos não são intercambiáveis.

Antes de prosseguirmos caberiam alguns comentários. O primeiro deles é que prevalece a idéia de que a mudança técnica explica-se fundamentalmente pela impossibilidade de incrementos de produção derivados de uma persistente alocação de fatores tradicionais. Entretanto, diferentemente de Schultz, Mellor trabalha com a idéia de recursos e não de fatores. Isto significa que, apesar de ambos estarem preocupados com o potencial econômico dinâmico da agricultura, que seria acionado pelo progresso técnico, Mellor não está raciocinando em termos de uma função de produção da agricultura tradicional. Sua perspectiva é de um continuum, onde os recursos podem assumir várias combinações e assim diferentes performances econômicas⁴⁶. Tal noção fica bem evidente na seguinte passagem: "Pesquisa sistemática é a base sobre a qual a moderna agricultura é construída. Através da pesquisa, a produtividade dos recursos existentes é incrementada e, ainda mais importante, torna-se possível utilizar quantidades crescentes de recursos novos e tradicionais a elevados níveis de produtividade e lucratividade. É este elemento dinâmico de constante avanço de posições que provê o aspecto central do desenvolvimento agrícola (...)" (MELLOR, 1966:268).

⁴⁶ A idéia de um continuum foi particularmente bem tratada por BOSERUP (1987). A autora considerava que a dicotomia entre agricultura tradicional e moderna era totalmente falsa, a própria negação de um sentido evolutivo das comunidades rurais (ver introdução e capítulos 1 e 2 da obra em referência). Boserup propôs que a evolução e a modernização da agricultura fossem estudadas em termos de frequência de cultivo dos solos, cujo motor fundamental (para o aumento da frequência) seria o crescimento populacional. A autora parte do suposto anti-malthusiano de que o crescimento populacional seria a variável independente que atuaria para promover mudanças na agricultura e na produção de alimentos; neste contexto, a fertilidade dos solos, por exemplo, seria uma variável dependente, que se alteraria pela tecnologia desenvolvida pela pressão demográfica (pp.9-10).

A segunda observação, que decorre da perspectiva acima apontada, refere-se à introdução de noções de evolução, de cumulatividade e de complementaridades no processo inovativo agrícola⁴⁷. Examinemos por que:

a) não haveria especificidades por se considerar que o avanço tecnológico na agricultura pode resultar em taxas de crescimento e de lucratividade tão elevadas quanto em qualquer outro setor. Ademais, não ocorrem situações de exclusão entre crescimento industrial e crescimento da agricultura; ou seja, por não haver concorrência por recursos entre um e outro setor, não faria sentido imaginar a agricultura como provedora de bens salário baratos à indústria, mas sim faria sentido considerá-la como uma atividade como outras no interior da economia e devidamente articulada ao seu entorno industrial produtivo, às estruturas de P&D, de comercialização, etc.;

b) apesar de pensado em termos de fases, o desenvolvimento da agricultura é visto de forma contínua e segundo o nível de intensificação tecnológica. Os limites seriam definidos pelo nível de uso de tecnologia (low capital e high capital technology);

c) não haveria incompatibilidades de princípio entre recursos tradicionais (abundantes) e recursos modernos (escassos), mas um certo nível de concorrência, com efeitos excludentes, e sobretudo complementares e cumulativos, num processo de complexificação segundo incorporações sucessivas de novos inputs, denotando um mecanismo de concorrência entre técnicas, evolutivo, complementar e cumulativo, até porque os recursos escassos não seriam intercambiáveis⁴⁸. Sobre este aspecto, SWADA (1974) salienta que os insumos modernos não podem trabalhar sós, mas complementarmente aos insumos tradicionais, situação que permitiria inclusive admitir a possibilidade de uma "formação dinâmica dos estágios tecnológicos" (p.255), onde primeiro seriam incorporadas tecnologias hídras (relativas à irrigação e drenagem), depois tecnologias biológicas, químicas, mecânicas e por fim organizacionais. O esquema abaixo, embora seja um estereótipo, serve para retratar duas coisas: por

⁴⁷ A noção de complementaridades na tecnologia agrícola é, na verdade, uma idéia que, do ponto de vista técnico, pode ser formulada a priori, conforme demonstrado na primeira seção deste capítulo. Entretanto, suas determinações e implicações do ponto de vista econômico têm significados menos evidentes e serão objeto de discussão no decorrer do trabalho.

⁴⁸ Estas características estão bem elaboradas em BYÉ et alii (1989:70-1)

um lado, que é possível pensar a inovação do padrão moderno de produzir sem pensar em termos de "pacotes" tecnológicos; por outro lado, tal forma de visualizar o progresso técnico revela um viés determinista das tecnologias, raciocinado ex-post, ou seja, a inovação sendo desenhada a partir de um conjunto possível, previamente conhecido.

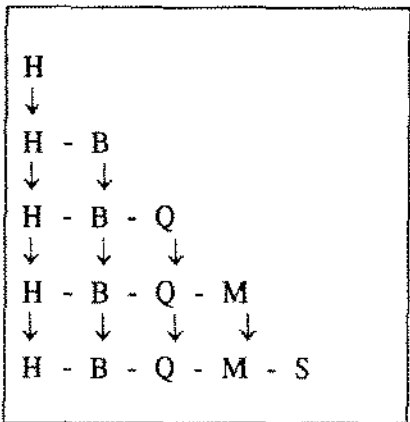


Figura 1 Formação de estágios tecnológicos

Obs.: H - inovações hídricas; B - biológicas; Q - químicas; M - mecânicas; S - organizacionais
 Fonte: SWADA (1974:255)

Uma última observação nesta perspectiva: os produtores de tecnologia estão localizados entre firmas produtoras de fertilizantes, pesticidas, máquinas e sementes e a pesquisa pública (que desenvolveria atividades de pesquisa que requeressem escala, como seria a P&D em genética de plantas e animais). Neste ponto há muitas coincidências entre a visão de Mellor e a de Schultz, pois ambos apenas citam quais seriam as fontes de geração de tecnologia, sem contudo discuti-las no que tange aos mecanismos indutores e/ou reativos da inovação tecnológica na agricultura.

Em resumo, trata-se de uma visão essencialmente funcional do progresso técnico na agricultura, voltada à promoção do desenvolvimento. A oferta de tecnologia deveria ser estimulada para colocar, a baixos custos, fertilizantes, pesticidas, máquinas agrícolas, sementes e assistência técnica à disposição do produtor. A perspectiva de Mellor constitui um avanço inegável sobre a concepção heterogênea e ao mesmo tempo articulada do processo inovativo, mas como nem ele, nem tampouco Schultz estavam preocupados em explorar os

condicionantes da evolução daquele padrão tecnológico recém concebido, várias questões relativas à direção do progresso técnico não foram discutidas.

I.2.3 A direção da inovação pelos sinais de mercado

É neste ponto que se enquadra a terceira abordagem que pretendemos aqui descrever: a visão da substituição de fatores. Trata-se, em certa medida, de um complemento às idéias de Schultz, pois busca exatamente encontrar explicações na teoria econômica para os determinantes da mudança técnica. Neste enfoque as tecnologias químicas, biológicas e mecânicas seriam desenvolvidas e incorporadas à produção como reação às alterações nos preços relativos dos fatores.

Diferente da visão colocada por Mellor, há uma noção de substituição entre fatores, no sentido de que, além da baixa rentabilidade dos fatores tradicionais, estes apresentariam também uma tendência ao esgotamento, tornando-se escassos e caros. Isto, é certo, baseia-se principalmente numa perspectiva de países desenvolvidos, onde os fatores tradicionais terra e mão-de-obra tornar-se-iam crescentemente escassos e, portanto, deveriam ser substituídos por novos fatores (novas tecnologias) mais baratos e mais produtivos.

Assim HAYAMI & RUTTAN (1988) observam que, para explicar as formas específicas que assumem as inovações na agricultura, seria necessário um enfoque que permitisse identificar os mecanismos econômicos que aí interferem. Tal enfoque estaria localizado na teoria da inovação induzida, que explicaria a direção da mudança técnica segundo a capacidade de uma tecnologia em substituir fatores escassos e caros por fatores mais abundantes e baratos e a partir de uma fronteira de possibilidades tecnológicas.

BINSWANGER (1978a) foi quem melhor avançou nesta idéia, incorporando ao modelo de indução por preços relativos uma função de custos de pesquisa e de retornos esperados destes investimentos, superando formalmente, entre os autores neoclássicos, a concepção de que as tecnologias situavam-se totalmente exógenas ao investimento e que portanto não representavam custos a serem considerados na avaliação sobre a tecnologia a ser adotada como resposta aos preços relativos dos fatores. Binswanger faz isto

baseado no modelo de Evenson & Kislev de análise da produtividade da pesquisa agrônômica de melhoramento genético vegetal⁴⁹.

A propósito de tal incorporação, RUTTAN (1985:24) assinala que "as decisões sobre a alocação de recursos para a pesquisa são visualizadas como um meio para impulsionar diferentes atividades de pesquisa que resultem numa redução da demanda por fatores. Cada atividade de pesquisa reduz em graus diferentes a demanda por trabalho e capital; portanto, é possível ordenar estas atividades de acordo com a capacidade que cada uma tem para orientar, de diferentes maneiras, o processo de produção na direção de alternativas para a economia de fatores". Nesta concepção, a direção e a intensidade da mudança técnica estão determinados pela produtividade relativa das atividades de pesquisa, pelas mudanças nos custos das pesquisas e pelas transformações dos custos dos fatores de produção.⁵⁰

Do ponto de vista das implicações para o investimento em tecnologia e sua relação com os preços relativos dos fatores, BINSWANGER (1978a:104-5), assinala dois aspectos de maior interesse para o presente trabalho: a) dadas as produtividades das atividades de pesquisa, um aumento nos custos de um fator levará à alocação de recursos naquela atividade que apresente maior expectativa de redução de custos⁵¹; b) aumentos nos custos da atividade de pesquisa economizadora de capital, ou reduções na produtividade deste tipo de pesquisa, levariam a reduções nos investimentos aí localizados, provocando vieses na direção de pesquisas economizadoras de mão-de-obra, e vice-versa.⁵²

Sobre este ponto é preciso fazer aqui um primeiro comentário. A idéia de Binswanger de incorporar ao modelo o custo da pesquisa não estava,

⁴⁹ Sobre isto ver BINSWANGER (1978a:92-7)

⁵⁰ Entretanto, vale registrar que Binswanger sustenta que a base sobre a qual se assentam as expectativas de pay-offs é o comportamento maximizador de curto prazo, supondo então produtividade marginal decrescente dos gastos em pesquisa.

⁵¹ Note-se que não são as expectativas de aumento dos custos dos fatores que determinam o mecanismo indutor. Estas podem, sim, influenciar na magnitude dos investimentos na pesquisa economizadora de fatores. O mecanismo indutor é a expectativa de retorno em termos de economia esperada de fatores, que por sua vez é baseada no valor presente do custo total de um fator.

⁵² Estas implicações se dão em situações onde não haja restrição orçamentária para a atividade de pesquisa.

aparentemente, levando em conta que o investimento em pesquisa para a agricultura está pouco ou nada localizado na firma agrícola. Assim, quando o autor elaborou sua proposta, ele imaginava uma firma qualquer, hipotética, que ao receber os sinais do mercado, dos preços relativos, investiria na pesquisa cuja direção coincidissem com a superação do constrangimento dos fatores escassos. Tal suposição é nitidamente irrealista para a agricultura, pois, como vimos, ela é basicamente receptora de tecnologias.

A proposição só seria possível se as firmas produtoras de tecnologia investissem baseadas na permanente monitoração dos movimentos dos preços relativos dos fatores para a atividade agrícola, adiantando-se às necessidades do agricultor. Ademais, caso isto pudesse ser concebido, o modelo teria também de levar em conta os sinais dos preços relativos pertinentes para a atividade da firma produtora de tecnologia, cujos fatores são obviamente diferentes dos da produção agrícola.

Assim, nas análises empíricas, os testes baseiam-se sobretudo na observação das relações históricas de preços e custos de fatores. HAYAMI & RUTTAN (1988) inicialmente aplicaram o modelo para estudar, de forma agregada, nos E.U.A e no Japão, as relações entre preço da terra e preço dos fertilizantes e o desenvolvimento de variedades de alto rendimento; e preço de mão-de-obra em relação aos preços de máquinas agrícolas (especialmente tratores). A preocupação óbvia era relacionar a escassez de terra no Japão com o consumo de fertilizantes e a escassez de mão-de-obra nos E.U.A com o consumo de máquinas. Os resultados levaram a que os autores concluíssem que "o processo de mudança técnica e a escolha de insumos nos dois países são compatíveis com a hipótese da inovação induzida pela escassez relativa dos fatores" (HAYAMI & RUTTAN 1988:205). Não obstante tal constatação, os próprios autores admitem ser muito difícil, numa análise empírica, separar o mecanismo indutor dos preços relativos dos fatores.

Já BINSWANGER (1978b) ao analisar o caso norte-americano, também encontra resultados que segundo ele mesmo dão suporte à mudança técnica induzida em resposta aos preços relativos, observando *lags* de 16 a 8 anos entre a mudança dos preços dos fatores e a mudança técnica. Entretanto, o autor alerta para algumas inconsistências observadas, tais como a dificuldade de isolar o elemento "preço relativo" na análise, o que o impede de garantir que a resposta dos agricultores tenha sido sistematicamente influenciada pelos preços relativos

dos fatores. Detectou, ainda, ter havido na agricultura daquele país mudança técnica viesada pelo que ele chamou de vieses fundamentais, inatos, onde a introdução de maquinaria teria sido superior ao que indicaria a hipótese da inovação induzida.⁵³

Aplicações da teoria para a América Latina e para o caso brasileiro revelaram que a direção do processo de modernização não se deu no sentido da economia de fatores escassos. PIÑEIRO & TRIGO (1985) ao analisarem os resultados de extensa pesquisa sobre o processo de modernização na agricultura latinoamericana, verificaram que o processo de indução pelos preços relativos não se constituiu em um elemento explicativo dos estudos de caso realizados em sete países da Região. Da mesma forma, SANTOS (1986), aplicando o modelo de Binswanger para o período de 1950 a 1982 no Brasil, observou que foram utilizados fatores escassos e poupados fatores abundantes, dado não ter havido relação entre preços relativos de fatores e a mudança técnica. A explicação baseou-se no fato de que as políticas internas estimularam a adoção de pacotes agrícolas de modernização, sem alterar a estrutura de posse e uso da terra, preservando imensas extensões de terra em grandes propriedades improdutivas e difundindo indistintamente insumos poupadores de terra e de mão-de-obra.⁵⁴

⁵³ A explicação sobre este ponto não é completa e limita-se a fazer referência à existência de vieses exógenos nas possibilidades de inovação, como por exemplo pela adoção crescente de máquinas apesar de seus preços também se revelarem crescentes (ver, por exemplo, BINSWANGER, 1978b:228; e RUTTAN, 1985:44-5). Para uma crítica radical à idéia de vieses, ver SALTER (1969), para quem a existência de vieses não se coloca, dado que a mudança técnica não se baseia pela direção apontada pelos preços relativos, mas sim por critérios de redução global de custos. Assim, se um determinado custo aumenta, qualquer inovação que reduza os custos totais seria logicamente incorporada, independente do tipo de tecnologia. Por outro enfoque, BOSERUP (1987, cap.13) diz que a adoção de tecnologia nas comunidades agrícolas se dá no sentido de atender às necessidades de aumento da produção, não importando se haverá economia de mão-de-obra ou de terra.

⁵⁴ Tanto Piñeiro & Trigo, quanto Santos, defendem a idéia de que a direção e a forma da mudança técnica na agricultura dos países latinoamericanos e do Brasil em particular, encontram explicação nas políticas públicas adotadas durante as décadas de 1960 e 1970. PIÑEIRO & TRIGO (1985:198-205) propõem que o processo de modernização da agricultura da Região seja interpretado sob a ótica da manifestação dos interesses de grupos de pressão nos aparelhos burocráticos dos Estados Nacionais. Para maiores detalhes sobre os estudos realizados sob este enfoque, sugerimos a consulta às publicações do "Proyecto Cooperativo de Investigación sobre Tecnología Agropecuaria en América Latina", o PROTAAL, mormente aqueles publicados em PIÑEIRO & TRIGO (1983) e em TRIGO *et alii* (1985).

Para complementar esta breve descrição da teoria da inovação induzida na agricultura, é preciso mencionar um aspecto fundamental dessa concepção teórica: como se processa a transmissão entre a necessidade de uma mudança técnica economizadora de um fator escasso e seu desenvolvimento junto a quem produz tecnologia?

Como vimos, a teoria não explica a correspondência entre firmas produtoras de tecnologia localizadas fora da produção agrícola e os sinais dos preços nesta. HAYAMI & RUTTAN (1988), quando tratam deste problema, o fazem pela via da identificação entre pesquisa agrícola e pesquisa institucional pública. Cientes de que a tecnologia não é gerada pelas unidades agrícolas, os autores primeiro criam uma identidade entre tecnologia agrícola e pesquisa pública para depois definirem uma linha direta entre esta e o produtor agrícola. A conexão entre uma e outra esfera se daria através de uma "interação dialética". Pelo lado dos agricultores a interação dependeria do grau de organização e de instrução destes. Pelo lado dos administradores públicos, cientistas e gerentes de pesquisa, isto dependeria do nível de atenção dispensado aos problemas da agricultura, o qual seria influenciado por pontos de estrangulamento no setor agrícola, decorrentes das mudanças dos preços relativos. Esta interação é absolutamente vital para a verificação prática do modelo.

Em crítica à teoria da inovação induzida, SALLES FILHO & SILVEIRA (1990) mostram como os pressupostos de "obediência" aos sinais de mercado impõem dificuldades para que ela possa explicar: a) condicionantes relacionados às esferas onde se produz a oferta de tecnologia; b) os mecanismos de transmissão das necessidades inovativas baseadas nos preços relativos e a reação dos produtores de tecnologia; e c) a ocorrência de inovações radicais que não estejam ligadas aos preços relativos dos fatores de produção. Os argumentos destes autores baseiam-se nas críticas formuladas por vários autores aos modelos de demand pull, cujas características básicas partem do suposto de que o processo inovativo está diretamente relacionado às demandas sinalizadas pelo mercado.⁵⁵

⁵⁵ Ver a respeito ROSENBERG (1969); MOWERY & ROSENBERG (1982); DOSI (1984a, cap.2) e COOMBS *et alii* (1987, cap.5).

Nesta direção o trabalho de MOWERY & ROSENBERG (1982), ao analisar uma série grande de estudos empíricos realizados sob a perspectiva teórica do demand pull, mostra que tais estudos falham em comprovar suas hipóteses centrais de determinação pelos sinais dos preços relativos. Em primeiro lugar porque o conceito de demanda estaria sendo confundido com um conceito genérico de necessidades, que não necessariamente "denota uma relação sistemática entre preços e quantidades, transmitida da constelação de preferências e de rendas dos consumidores" (MOWERY & ROSENBERG, 1982:229), que é o que poderia ser de fato traduzido como um conceito de demanda. Em segundo lugar, tal enfoque não distinguiria as motivações e influências que emergem da unidade econômica das que emergem do mercado e externas à firma. Em terceiro lugar, e como já foi mencionado, seriam incapazes de explicar o surgimento de inovações radicais. Por fim, do ponto de vista prático seria impossível distinguir se uma inovação foi introduzida e difundida pelo aumento da demanda ou pela redução de seu preço.

Os autores então sugerem "que o enfoque de demand-pull simplesmente ignora a operação de um complexo e diverso conjunto de mecanismos do supply-side, que estão continuamente alterando a estrutura dos custos de produção (bem como introduzindo produtos inteiramente novos) e são, desta forma, fundamentais na explicação dos timings do processo inovativo" (idem, p.231). Ainda mais, a história recente da evolução tecnológica dos principais setores industriais neste século evidenciariam condicionantes de oferta muito mais fortes que os de demanda, em razão da presença de grandes firmas realizando P&D industrial, formando uma forte base de capacitação tecnológica e mesmo em pesquisa fundamental. A importância da demanda pelo mercado não pode ser negligenciada, mas também não pode estar centralmente posicionada; ela estaria mais relacionada a um certo nível de estímulo à P&D e não à taxa e à direção da mudança técnica.

No mesmo sentido, DOSI (1984a) aponta para três fraquezas básicas das versões de demand-pull: a) seria um enfoque passivo e mecânico do modo pelo qual se processa a mudança técnica; b) seria incapaz de definir o porquê e o quando de certas tecnologias ao invés de outras e de um certo timing ao invés de outros; e c) não considerariam transformações no conhecimento que não tivessem relações com mudanças nas condições de mercado.

Esta forma funcional de encarar a inovação, embora mais elaborada do ponto de vista dos mecanismos teóricos, não acrescenta muito para superar a noção reativa do progresso técnico, porque tanto quanto na primeira abordagem apresentada, das especificidades da agricultura à valorização do capital, aqui também a mudança técnica é vista como uma reação natural do conhecimento e da tecnologia a certas pressões econômicas. Prevalece, portanto, a idéia de trajetórias intencionalmente pré-determinadas, no mesmo tipo de raciocínio colocado pelos autores daquela abordagem: tecnologias mecânicas, químicas e biológicas para superar problemas de produtividade (ou de valorização) dos fatores de produção (ou do capital e respectivos meios de produção).

I.2.4 Relações agricultura/indústria

Os enfoques até aqui apresentados têm em comum a dificuldade (ou o desinteresse, conforme o caso) para incorporar realisticamente o papel dos produtores de tecnologia. Se por um lado está claro que os mais diversos enfoques teóricos recorrem à inovação tecnológica na agricultura, reconhecendo seu papel absolutamente vital, por outro lado a grande maioria das visões do tema não discute os encadeamentos entre os determinantes internos e externos do processo inovativo na agricultura. BYÉ et alii (1989), por causa desta característica, qualifica toda essa literatura como "agro-centrista". Em contrapartida, e ainda segundo os mesmos autores, existiria uma literatura qualificável como "indústriocentrista", cujas diferentes visões poderiam ser agrupadas em três teses:

a) de que a "gênese e a evolução das técnicas mecânicas e químicas utilizadas na agricultura dependem mais da evolução da ciência e de técnicas exteriores à esfera agro-alimentar que das descobertas efetuadas no interior desta esfera" (BYÉ et alii, 1989:67). Certas indústrias, por seu turno, teriam sabido combinar as diversas fontes de conhecimento com o saber prático da atividade agrícola;

b) de que "a transferência e a difusão de produtos e técnicas de origem industrial se processam progressivamente, mas sempre a oferta industrial dominou a demanda agrícola" (p.67). Assim, a agricultura tornar-se-ia cada vez mais dependente das indústrias que teriam reforçado e se aproveitado desta "relativa inelasticidade e deste caráter relativamente cativo da demanda";

c) de que a dominação por parte das indústrias, no que respeita à inovação, não poderia ser entendida como uma situação de subordinação da agricultura, porque aquelas teriam de considerar, em suas estratégias, elementos do ambiente econômico no qual se inserem, como por exemplo as relações de preços entre os diferentes insumos agrícolas, e a evolução de preços e rendas na agricultura.

Esta inversão de perspectiva em relação às abordagens anteriores decorre em grande parte da percepção de que a atividade agrícola não poderia mais ser considerada em separado da indústria, devido às crescentes ligações entre agricultura, agroindústria alimentar e indústrias de máquinas e insumos⁵⁶. Tais ligações levaram alguns autores a considerar o negócio agrícola como um ramo necessariamente integrado aos interesses das grandes corporações da indústria de alimentos e, assim sendo, tendo seu dinamismo tecnológico determinado por estes interesses. A observação factual de que as inovações se originavam em ramos da indústria e de que havia uma integração na direção do processamento do produto agrícola proporcionou uma compreensão mais global do processo inovativo.

O conceito de agribusiness, estabelecido em 1957 por J. H. Davis & R. A. Goldberg⁵⁷ é um marco no estudo das relações entre agricultura e indústria. A análise da matriz de relações intersetoriais dos E.U.A mostrava que a agricultura estava em franca integração com os negócios da indústria de alimentos. Deste ponto em diante surgiram várias interpretações do fenômeno, desenvolvendo o conceito de complexo agroindustrial e outros não menos importantes, como cadeia agroalimentar, sistema agroalimentar e filière⁵⁸.

⁵⁶ É necessário abrir um parêntese para registrar que esta divisão entre agro e indústria-centristas não é tão nítida quanto poderia parecer. Zvi Grilliches, num estudo de 1950 sobre a difusão do milho híbrido nos E.U.A, já mostrava que um dos determinantes do padrão de difusão encontrado era justamente o interesse das firmas produtoras de sementes em entrar primeiro nos mercados agrícolas mais dinâmicos, notadamente no Corn Belt americano. Grilliches dava indicações da importância dos setores industriais externos à agricultura, sem entretanto ter avançado nesta direção, até porque não era este seu interesse.(GRILLICHES, 1979)

⁵⁷ Sobre as origens e a importância atual do conceito ver ARAUJO et alii (1990)

⁵⁸ Esta questão, na verdade, remete ao debate sobre a industrialização na (ou da) agricultura, que tem duas origens: a industrialização pela implantação da indústria no campo, que processa o produto agrícola, e a industrialização pela introdução na agricultura de métodos de produção cada vez mais próximos aos métodos da indústria. Sobre isto ver, por exemplo, os trabalhos de

A integração (ou articulação) entre agricultura e indústria seria o fenômeno chave, caracterizado, na ótica de LE BIHAN (1969:325-6), por três principais elementos integradores:

a) o aumento regular de compras de produtos industriais por fazendeiros e a invasão tecnológica da indústria a montante por um estoque de conhecimento científico incorporado nos produtos (fertilizantes, sementes, pesticidas, rações);

b) a pressão do consumidor final, cujas preferências refletem-se, crescentemente, nas indústrias de processamento;

c) aumento da coordenação entre as diferentes estratégias da indústria a montante, dos fazendeiros e das indústrias de processamento. Conformação de poderosos centros integrados de decisão que processam meios comerciais, técnicos e financeiros de orientação à integração da economia agrícola e agroalimentar.

No coração desta integração econômica estaria a indústria processadora, secundada pelas inovações provenientes das indústrias de insumos que permitiriam, por seu turno, estabelecer um indispensável nível de regularidade na produção agrícola, tanto no que se refere à garantia de fornecimento de matéria-prima, quanto às características industriais que esta deveria apresentar. Passa-se, portanto, do exame dos "problemas" da atividade agrícola stricto sensu para o estudo da industrialização da agricultura. O movimento de industrialização, além de tomado como irreversível, seria visto como gerador de um possível círculo virtuoso à agricultura e à economia como um todo, mormente dos países menos desenvolvidos, cujas economias fortemente ligadas à atividade rural poderiam ter aí uma rota "natural" de industrialização e de melhor inserção no comércio internacional.⁵⁹

KAUTSKY (1986, cap.10); MALASSIS (1973); GUIMARÃES (1979, cap.3); VIGORITO (1984); ARROYO *et alii*, (1988, cap.1, 4 e 5).

⁵⁹ Nas palavras de GUIMARÃES (1979:91), "A conclusão mais importante a tirar, nessa fase mais recente de transição da agricultura para a etapa que se inaugura e ainda está por se definir, não é apenas de que a agricultura se industrializa, mas é a de que é a 'indústria que industrializa a agricultura'. Isso quer dizer que a industrialização passa da fase espontânea para a fase dirigida e, mais do que isso, que a direção do processo, nessa outra fase, vem da indústria ou, melhor dizendo, da grande indústria."

A lógica inovativa da agricultura assume, então, uma sequência que partia das necessidades da firma integradora em reduzir custos correntes do sistema como um todo, especialmente pelo aumento da produtividade das unidades de produção agrícola, pela redução dos custos de transporte e distribuição de matérias-primas e insumos e pelo estabelecimento de canais mais eficientes de informação entre unidades agrícolas, industriais e de comercialização. A ela interessaria também garantir níveis constantes e consistentes de qualidade, transmitindo à agricultura requisitos industriais e do consumo final, e ajustar o timing de fornecimento de matéria-prima para otimizar o uso dos equipamentos.

Seriam assim os interesses das firmas processadoras responsáveis em grande parte pelas inovações geradas a montante da agricultura. Logicamente, esta articulação não seria responsável por tudo, mas naquilo que diz respeito às atividades mais integradas, mais verticalizadas, aí sim existiria uma conexão entre firmas a jusante e a montante, onde estas transmitiriam àquelas "suas" necessidades tecnológicas para a produção agrícola. LE BIHAN (1969:337) argumenta que "as firmas integradoras mais dinâmicas, cujas principais áreas residem no processamento pós-agrícola, podem conscientizar diretamente o processo de inovação nos ramos industriais precedentes, de acordo com os requerimentos de mercado".

Três idéias básicas estão por trás deste enfoque: a primeira é que a agricultura se transforma em um ramo da indústria; a segunda é que há uma barreira de informação que retém a agricultura em uma situação econômica pouco dinâmica; a terceira, que se conecta a esta última, propõe um agente econômico apto a romper aquela barreira, justamente pela via da integração da produção agrícola à informação, às estruturas industriais de produção e de valorização do produto agrícola, e aos mecanismos dinâmicos de comercialização que aí podem ser encontrados. Para VALARCHÉ (1969:347), a firma integradora seria a forma mais eficiente de promover tal encadeamento virtuoso.

Do ponto de vista que nos interessa mais de perto neste trabalho, o da dinâmica inovativa na agricultura, um enfoque como este vem contribuir algo mais sobre os anteriores, especialmente porque amplia a forma pela qual a agricultura deve ser analisada. Este enfoque nos faz lembrar, ainda que de maneira desequilibrada, que há determinações maiores para a inovação tecnológica que aquelas restritas ao marco da atividade de produção rural, seja

pelo lado da "dependência" às indústrias produtoras de insumos e máquinas, seja pelas "imposições" colocadas pela indústria processadora. Desnecessário demonstrar que a ampliação do escopo da análise acaba ficando mais para uma declaração de observações factuais que de uma efetiva incorporação ao quadro analítico. Em outras palavras, privilegiar o papel da firma integradora significa, na prática, reduzir o campo de visão a apenas um (embora importante) dos condicionantes. Ficam de fora não apenas as atividades agrícolas não integradas (cujas motivações não são necessariamente ligadas aos interesses da firma integradora), mas também as determinações da esfera industrial a montante da agricultura.

Um avanço deste enfoque são os estudos de complexos agroindustriais, mormente os desenvolvidos por autores brasileiros. A grande variedade de trabalhos sobre o tema dos complexos agroindustriais levou a uma diferenciação do conceito que assume hoje diferentes conotações. No sentido de organizá-los e de discutir suas nuances para avaliar a contribuição que oferecem ao estudo do processo de inovação na agricultura, SALLES FILHO & SILVEIRA (1991) agrupam os diversos conceitos de complexo em duas categorias definidas por seus objetivos analíticos: aqueles voltados a quantificar a participação do complexo agroindustrial no conjunto da matriz de relações intersetoriais da economia (sem grandes preocupações com as implicações para a agricultura), e aqueles que usam a unidade analítica complexo para estudar o comportamento técnico, econômico e social da agricultura.

A idéia de se captar fluxos inovativos pela aplicação da matriz de insumo produto para identificar as relações intersetoriais parece ser um bom caminho para se qualificar e quantificar, num determinado momento, a complexidade das relações técnicas e econômicas onde se insere a agricultura. Metodologicamente, entretanto, se evidenciam diversos problemas, que limitam bastante esta intenção.

Como demonstra POSSAS (1984), tais estudos vão apresentar algumas limitações básicas: a) não incorporar às matrizes a participação de bens de capital, por serem de uso genérico; b) partir de uma base tecnológica dada, sem considerar as mudanças que permanentemente ocorrem; c) ter dificuldades de mensurar os encadeamentos à frente, pois ou se partiria do suposto de que todos os setores usuários têm o mesmo peso na demanda final, ou se necessitaria de hipóteses ad hoc para arbitrar pesos diferentes à demanda; d) ser temporalmente

estática, a menos que consiga ser continuamente realimentada com dados empíricos ou simulações (a cada novo período produtivo, por exemplo). Assim, os resultados de tal base metodológica permitem não mais que evidenciar a complexidade das cadeias produtivas, da produção primária até as atividades intermediárias e finais. Mesmo se construída uma matriz de fluxo tecnológico intersetorial, persistiria o problema desta não exprimir, assim, o elemento da mudança técnica.⁶⁰

O conceito de complexo agroindustrial, entretanto, assumiu, junto aos estudiosos da agricultura, uma amplitude maior. O termo complexo agroindustrial começou a ser utilizado para exprimir a situação de uma agricultura moderna altamente articulada não apenas às firmas processadoras de produtos agrícolas, mas inclusive às firmas produtoras e fornecedoras de insumos. Pode-se afirmar que esta direção, através da atenção dispensada às indústrias de máquinas e insumos, tentava suprir lacunas deixadas pelos autores que se preocupavam centralmente com as integrações agroalimentares.

Para MÜLLER (1989:54), tal noção de complexo "permite que se enfatize a agricultura que está adotando ou já adotou esta nova base de produção (...), permite revelar suas funções interdepartamentais, bem como os interesses econômicos e sociais que aí atuam, além de traçar os limites com a agricultura atrasada." O complexo agroindustrial (CAI) seria ao mesmo tempo um produto e um vetor do processo de modernização da agricultura; a forma concreta de valorização dos capitais no campo. Em outras palavras, neste conceito estaria a chave para compreender a dinâmica tecnológica da agricultura.⁶¹

A amplitude evocada por este conceito levou outros autores, como KAGEYAMA *et alii* (1990), a apresentarem uma tipologia das diferentes fases do CAI. Uma vez sendo este um conceito geral e tendencial (pois o fato de não ser aplicável a distintas realidades agrícolas significaria apenas que estas realidades não atingiram sua completa modernização) e uma vez tomado em conta as heterogeneidades técnicas, econômicas e sociais das distintas realidades

⁶⁰ Para uma crítica exaustiva deste enfoque de complexos ver MONTAGNER (1989) e POSSAS (1990).

⁶¹ Müller elaborou melhor sua definição de CAI, tentando incorporar a noção dos espaços concorrenciais nos diferentes mercados (POSSAS, 1985) como os *loci* analíticos que agregados poderiam compor o CAI. Ver sobre isto MÜLLER *et alii* (1989)

agrícolas, existiriam situações onde poderiam ocorrer, simultaneamente, quatro fases do CAI, a saber: CAIs completos, onde ocorrem fortes vínculos entre agricultura e indústrias a montante e a jusante; CAIs incompletos, com vínculos estreitos à frente, mas não atrás; atividades modernizadoras que dependem da indústria a montante, mas sem vínculos estreitos a essa e tampouco com a indústria processadora; e produção em bases quase artesanais. (ver KAGEYAMA *et alii*, 1990:185-203)

Para os fins pretendidos no presente trabalho, a aplicação da metodologia de complexos, para identificar as principais relações que a agricultura apresenta a montante e a jusante, assume uma função de ferramenta auxiliar, já que pode, através de um retrato da estrutura de interrelações, indicar o peso relativo dos insumos na estrutura de produção agrícola (especialmente para algumas culturas), o que é uma informação importante quando se quer estudar o processo inovativo da agricultura. Mas apesar de explicitar (melhor do que qualquer outra abordagem até agora apresentada) a necessidade de estudar a modernização da agricultura e a dinâmica da inovação tecnológica pela consideração dos papéis desempenhados pelos agentes econômicos envolvidos no processo de geração e difusão de tecnologia, *verbi gratia* as indústrias de fertilizantes, sementes e pesticidas, esta noção de complexo não traz à tona os condicionantes que determinaram a evolução das diversas trajetórias tecnológicas apresentadas pelo padrão moderno de produção na agricultura. Por outro lado, não considera toda a função desempenhada pelo setor público de pesquisa e suas articulações com a agricultura e com as indústrias a montante e a jusante.⁶²

1.2.5 Elementos conceituais e indicações para um enfoque alternativo

Um primeiro elemento que podemos identificar a partir destas visões sobre o processo inovativo, refere-se à forma de classificação das tecnologias. Não importa a matriz teórica, os autores sempre examinam, com pequenas variações

⁶² Na verdade, o longo trabalho de KAGEYAMA *et alii* (1990) é composto de análises das indústrias de pesticidas, fertilizantes, máquinas, sementes e agroindústria processadora, onde podem ser encontradas claras referências às trajetórias tecnológicas de cada uma destas indústrias, determinando a direção do progresso tecnológico na agricultura. Entretanto, esta perspectiva não é consolidada em nível analítico geral e acaba não sendo privilegiada em favor da metodologia de complexos, que é reforçada ao final do trabalho.

entre eles, as inovações segundo sua origem disciplinar: químicas, biológicas e físicas. Tal enquadramento faz sentido, à primeira vista, porque o padrão tecnológico moderno é integrado por tratores e implementos, sistemas de irrigação e drenagem, sementes melhoradas, fertilizantes e pesticidas químicos. Entretanto, a generalização desta classificação (seu emprego é quase automático, quando se deseja exprimir o que vem a ser, em termos concretos, o padrão agrícola moderno), como veremos, faz perder de vista especificidades que julgamos essenciais na análise da evolução e do futuro do padrão tecnológico da agricultura.

Em grande parte dos enfoques a idéia de inovações químicas, biológicas e físicas é usada de maneira instrumental nas explicações mais globais do desenvolvimento agrícola e, assim sendo, não permitem a observação de importantes determinações da forma, da direção e do ritmo do desenvolvimento tecnológico na agricultura. Dizer que inovações são químicas, biológicas e físicas é exatamente o mesmo que dizer que para a produção agrícola concorrem fenômenos químicos, biológicos e físicos e que seria então natural que as tecnologias fossem desenvolvidas no âmbito destas disciplinas. O problema é que, quando assim procedemos, estamos implicitamente assumindo uma heurística disciplinar para representar fenômenos que, na verdade, são bastante mais complexos: de ordem técnica, social e econômica. Daí decorreria, por exemplo, que as tecnologias existentes fossem desdobramentos naturais da evolução previsível do conhecimento científico agrupado naquelas disciplinas. Em termos analíticos, este recorte traz as seguintes consequências:

a) encobre diferenças extremamente importantes entre tecnologias de uma mesma categoria inovativa. Por exemplo, entre as inovações químicas encontram-se pesticidas e fertilizantes, duas indústrias radicalmente diferentes em suas atividades de pesquisa, desenvolvimento e produção, nas estratégias de comercialização, nas formas de concorrência, etc. Entre as inovações biológicas encontram-se condições técnicas e econômicas tão díspares quanto: a indústria de sementes de milho híbrido, as estruturas públicas e privadas de P&D e de produção de sementes de variedades (não híbridos), a produção de inoculantes para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o desenvolvimento e a produção de raças e linhagens de aves e suínos, entre outros exemplos não menos importantes;

b) possibilita interpretações deterministas do desenvolvimento tecnológico quando cria identidade entre certas atividades produtivas e as tecnologias empregadas: a atividade de controle de pragas e doenças é identificada com o método do controle químico, a atividade de controle nutricional com o método de fertilização química;

c) é uma classificação estática, porque não exprime mudanças no interior de suas categorias inovativas: inovações radicais como a engenharia genética ou como os kits de diagnóstico (que permitem diagnosticar doenças em nível do campo e do produtor) continuam a ser tratadas como "inovações biológicas". A substituição de pesticidas químicos por biológicos também em nada alteraria tal classificação;

d) por fim, e de um ponto de vista estritamente prático, trata-se de uma classificação que hoje não exprime as transformações em curso. Mesmo aceitando-se o nível genérico que ela propõe, deveria ser atualizada incluindo novas categorias, como inovações microeletrônicas e informacionais.

Não se está querendo dizer que essa seja uma classificação errada, mas sim inadequada. No próximo capítulo procuraremos apresentar uma alternativa teórica, com base na idéia de trajetórias tecnológicas, que em nosso entender supera os problemas acima apontados.

Um segundo elemento conceitual é o da concepção funcional do progresso técnico, no sentido da inovação ser reativa a um objetivo claro e previamente identificável. Assim é quando se considera que as inovações vêm resolver problemas gerais: da valorização do capital, da rentabilidade dos fatores de produção, da escassez relativa dos fatores, das necessidades da agroindústria processadora e das necessidades de estruturação de filières ou de cadeias produtivas. Não há, por exemplo, uma noção concorrencial da inovação, na qual ela seja considerada como um instrumento fundamental da concorrência, ao estilo Schumpeteriano, capaz de gerar assimetrias para proporcionar vantagens competitivas futuras, comumente identificadas com o sobrelucro.

Antes de prosseguir é preciso registrar que o que entendemos por "ambientes concorrenciais" não diz respeito a uma tipologia de estruturas de mercado, onde a agricultura é frequentemente classificada como estrutura "concorrencial". Trata-se de visualizar situações distintas entre os diferentes mercados de produtos agrícolas e as diferentes situações concorrenciais que aí

ocorrem, como por exemplo considerar distintas as formas concorrenciais nos mercados de soja, milho, frutas, frangos e hortaliças. Parece-nos absolutamente impróprio partir do suposto de que os produtos agrícolas formam uma estrutura de mercado concorrencial, e com isso deixar de apreender diferenças tão evidentes quanto as que existem entre e no interior dos mercados de soja, de milho, de leite, de frutas tropicais, de frutas temperadas, de carne bovina, de carne de frango, etc.

Foi partindo daquela suposição geral que W. Cochrane desenvolveu a explicação teórica do tread mill, que resumidamente significa que a estrutura concorrencial da agricultura impede que a redução de custos causada pela adoção de uma tecnologia seja apropriada por um tempo mínimo aceitável, dado que rapidamente a inovação se difundirá e haverá uma redução geral do preço do produto agrícola causada pela adoção da tecnologia redutora de custos. Por outro lado, o agricultor é compelido a adotar a inovação, pois caso não o faça se encontrará com uma estrutura de custos incompatível com a redução dos preços de seu produto. Assim, o tread mill expressa a idéia de andar para não ficar para trás, mas também a de andar para não sair do lugar!⁶³

Numa perspectiva semelhante, PAIVA (1975) propôs que o processo de modernização da agricultura de países menos desenvolvidos seria regulado por um "mecanismo de auto-controle", no qual justamente ocorreria um bloqueio da inovação (e, por vezes, uma regressão da modernização) pelo fato de que a adoção de uma tecnologia levaria ao crescimento da oferta e, conseqüentemente, a uma redução geral nos preços dos produtos agrícolas. Assim, se não houvesse uma demanda crescente e localizada nos setores não agrícolas, haveria um grau máximo de modernização, dado precisamente pela capacidade do setor não agrícola em absorver o produto agrícola.⁶⁴

Tanto quanto a idéia de tread mill, não há aqui uma distinção que relacione tipo de cultura, tipo de tecnologia e âmbito concorrencial envolvido. É essa

⁶³ Sobre isto ver VEIGA (1991:103-4) e ABRAMOVAY (1992:215-17).

⁶⁴ Apesar de Paiva não estar tratando de um mecanismo geral de difusão de inovações, supõe-se que numa economia desenvolvida o mecanismo de auto-controle seria superado pelo do tread mill, porque a estrutura concorrencial da agricultura assim determinaria, já que a suposição teórica é a mesma em ambos enfoques.

generalização que em nosso entender embota a capacidade explicativa da maioria destes enfoques.

Deve-se ainda acrescentar a isto que o processo de difusão de tecnologia é encarado como um fenômeno essencialmente epidêmico, no qual não se colocam obstáculos teóricos à adoção da tecnologia. A taxa de adoção depende exclusivamente de diferentes e temporárias aversões ao risco, que são linearmente dissipadas à medida que a inovação vai sendo adotada pelos agricultores menos avessos e vai demonstrando sua superioridade econômica, levando a que os outros busquem maximizar suas posições na nova situação produtiva. Esta concepção de difusão sequer leva em conta outros fatores estáticos como por exemplo níveis críticos de renda para a adoção, propostos nos modelos de difusão conhecidos como probit, e muito menos fatores dinâmicos associados à difusão, como as expectativas de novas mudanças na tecnologia, de novas oportunidades tecnológicas que façam o produtor resistir à adoção daquela tecnologia no aguardo de uma nova, possivelmente mais vantajosa.⁶⁵

Se passarmos a considerar o processo inovativo segundo os diferentes ambientes concorrenciais que existem e que evoluem na agricultura, torna-se mais fácil compreender uma série de fenômenos que normalmente são atribuídos "às especificidades da produção agrícola", notadamente aqueles que são alvo de extensos debates na literatura, como o da suposta menor rentabilidade da atividade agrícola, da subordinação da agricultura ao capital comercial ou industrial e, em boa parte, das heterogeneidades do processo de modernização, onde convivem culturas mais e menos modernas. Se a modernização tecnológica for entendida no âmbito dinâmico da concorrência, onde há um processo permanente de busca e seleção de inovações para a geração de assimetrias, que se processam nos desdobramentos de regimes ou de trajetórias tecnológicas, a noção de "especificidades" gerais da agricultura se esvai e passam a ter sentido as especificidades dos mercados de produtos agrícolas, dos mecanismos de concorrência prevalentes e das diferentes trajetórias tecnológicas - enfim, das

⁶⁵ Sobre este assunto recomendamos a leitura de ROSENBERG (1982, cap.5); METCALFE (1984); STONEMAN (1986) e PEREZ & SOETE (1988).

condições concretas de enfrentamento dos vários capitais que se valorizam na agricultura.⁶⁶

Se é possível existir um lapso de tempo entre os que primeiro adotam uma tecnologia (não importa se incorporada num insumo, numa máquina, ou num método de organização da produção) e os demais, como admitem os modelos de tread mill e do mecanismo de auto-controle, e se é levado em conta que não ocorre uma regulação para baixo dos preços por toda a agricultura de forma rápida e homogênea como resultado da adoção de um certo tipo de tecnologia, então parece lógico assumir que assimetrias também são formadas no seio concorrencial dos diferentes mercados agrícolas.⁶⁷

A idéia de um ambiente concorrencial geral na agricultura, rotulável pela "livre competição em preços", pode hoje parecer tão imprópria quanto foi para Schumpeter, em 1944, a mesma idéia aplicada ao conjunto da economia. A noção estática de estruturas de mercado (para a indústria) representava a própria negação do caráter intrinsecamente evolucionário da economia capitalista, que se expressava pelo "impulso fundamental (...) vindo de novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novos mercados e as novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista" (SCHUMPETER, 1987:82-3).

Nem a agricultura comporta apenas uma dada estrutura de mercado, nem as relações entre estrutura de mercado e processo de mudança técnica são unívocas. Como mostraram NELSON & WINTER (1982:280) e DOSI (1984a:93), a estrutura de mercado determina os padrões inovativos tanto quanto estes determinam ou alteram as estruturas de mercado, dado que na visão schumpeteriana a permanente geração de assimetrias decorrentes da busca de inovações imprime alterações mais ou menos sensíveis nas estruturas de mercado vigentes. A possibilidade de desfrutar posições temporárias monopolistas e/ou oligopolistas age como um poderoso incentivo à atividade inovativa, e esta perspectiva influencia e estimula o processo inovativo muito mais do que qualquer estrutura de mercado ex ante. Claro está que na agricultura o problema

⁶⁶ Para uma definição de uma noção dinâmica de concorrência ver POSSAS (1985, especialmente pp.174-5).

⁶⁷ Como aliás bem demonstra o trabalho de KAGEYAMA et ali (1990) quando explicita os diferentes mercados que se formam no interior dos complexos agroindustriais.

da apropriação de inovações é muito maior que em boa parte dos ramos da indústria; entretanto, do ponto de vista teórico assim como do empírico, não é difícil registrar a ocorrência de situações heterogêneas. Esta é uma das perspectivas para as quais procuraremos dirigir a análise no próximo capítulo.

CAPÍTULO II - UM ENFOQUE DINÂMICO PARA A GERAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

Neste capítulo procuraremos discutir conceitos gerais para a interpretação da dinâmica inovativa e sua aplicação, também em termos gerais, para a formação do padrão tecnológico vigente na agricultura. Complementarmente, discutiremos como este enfoque permite uma análise mais cuidadosa e realista dos possíveis impactos das novas tecnologias na agricultura, particularmente do caso da biotecnologia, que iremos tratar na próxima parte do trabalho.

II.1 Conceitos básicos sobre o processo de geração e de difusão de inovações

Antes de mais nada, gostaríamos de chamar atenção para o mecanismo geral pelo qual a agricultura se coloca com relação à inovação tecnológica, que é um fato mais ou menos consensual, mas nem sempre explicitado. Lembrando sempre que estamos nos referindo à discussão do padrão tecnológico anteriormente descrito, poderíamos introduzir três pontos básicos sobre a inovação: a) a agricultura é basicamente usuária de inovações e, portanto, as fontes inovativas estão localizadas junto a produtores e fornecedores de tecnologia que se encontram, essencialmente, fora da unidade de produção agrícola; b) inovar neste padrão tem significado, ao longo de sua constituição, inovar principalmente em processos; e c) os mecanismos de apropriabilidade das inovações pelos usuários são teoricamente muito frágeis. Assim, o processo inovativo seria primariamente um processo de adoção e de difusão de tecnologias que são na verdade desenvolvidas por firmas cujas principais atividades estão fora da atividade agrícola.¹

Estas características são perfeitamente enquadráveis na classificação de PAVITT (1984) que congrega as diferenças intersetoriais em termos de modo e

¹ Devemos relativizar a idéia de localização externa dos produtores de tecnologia porque, por um lado, há casos onde estes produtores encontram-se organicamente vinculados à produção agrícola, como por exemplo o de sementes e, por outro lado, a localização dos produtores fora da agricultura não significa ausência de interações, pois há uma série de atividades, como por exemplo campos experimentais, monitoração das tendências de mercado, etc. que aproximam a atividade industrial da agrícola. Voltaremos a este ponto mais adiante, na próxima seção deste capítulo.

de taxas da atividade inovativa em indústrias e setores. Neste trabalho encontra-se uma divisão que agrega as diferentes trajetórias inovativas em quatro principais grupos de atividades ou setores: dominados pelo fornecedor, intensivos em escala, fornecedores especializados e baseado na ciência. A agricultura, em razão das características acima mencionadas, é classificada como "dominada pelo fornecedor". (ver também DOSI *et alii*, 1990:90-8)

Seria interessante, neste ponto, formular algumas questões para orientar as discussões que se seguirão:

a) Como levar em consideração, ao mesmo tempo, os fatores que condicionam a forma, o grau e a direção da mudança técnica nos diferentes loci de interesses existentes no processo inovativo da agricultura? Como, por exemplo, os interesses da "oferta" e da "demanda" das inovações se distinguem ou se coordenam para estabelecer uma certa trajetória?² Ou ainda: o fato de ser tomadora de inovações significa que o processo inovativo é unidirecional?

b) Existiriam atividades de geração de tecnologias típicas da unidade de produção agrícola? Quais as condições que definiriam tais atividades? Que elementos poderiam determinar diferentes graus de apropriabilidade da atividade inovativa ao nível da produção agrícola?

Estas perguntas são o desdobramento dos elementos teóricos que foram anteriormente destacados e orientam uma tentativa de avançar na idéia geral de que a agricultura é tomadora de inovações. Assim, os próximos itens deverão apresentar elementos para encaminhar possíveis respostas para estas questões.

II.1.1 Demanda e oferta de tecnologia

Grande parte da literatura econômica sobre inovação (e não apenas aquela da economia agrícola) privilegia os fatores ligados à demanda no processo inovativo³. O trabalho seminal de Schmookler, publicado em 1962, que

² Os termos oferta e demanda não têm aqui o sentido de distintas forças que dirigem a inovação, como poderia ser depreendido da leitura apresentada no capítulo anterior, mas são empregados apenas para facilitar a compreensão do que estamos querendo dizer. Mais adiante discutiremos a dicotomia demand pull / technology push.

³ Para uma extensa revisão dos estudos econômicos de inovação baseados na idéia da direção determinada pela demanda, ver MOWERY & ROSENBERG (1982).

correlacionava positivamente o crescimento da produção de uma determinada classe de produtos com a taxa de invenções associadas a esta classe e medidas pelo crescimento do número de patentes, levou-o a concluir que "os indícios existentes sugerem que a sociedade pode afetar a alocação de recursos destinados à invenção mediante o mecanismo do mercado, de modo semelhante à maneira que afeta a alocação de recursos econômicos em geral. Se isto é assim, o progresso tecnológico não reflete uma causa independente da mudança sócio-econômica (...) É improvável que apareçam bens e técnicas novos que se introduzam na sociedade sem a existência de uma demanda, ainda que seja latente (...)". Existiria uma tendência crônica da tecnologia caminhar sempre atrás da demanda. (SCHMOOKLER, 1979:107)

Conforme descreve DOSI (1984a:80-1), a "versão pura" dos modelos de demand pull (que realmente não é o caso de Schmookler, como veremos a seguir) estrutura-se sobre o seguinte esquema: a) "a um dado momento existe um conjunto de bens no mercado que incorporam diferentes 'necessidades' para seus consumidores"; b) consumidores ou usuários expressam, através de seus padrões de demanda, suas preferências sobre as características dos bens que melhor preenchem suas necessidades; c) um crescimento da renda poderia aumentar a demanda por aqueles bens que melhor incorporem as características desejáveis, que preenchem as necessidades do consumidor ou usuário; d) "neste momento os produtores entram em cena realizando as necessidades reveladas pelos consumidores", revelando um grande peso da "dimensão de utilidade" do bem que incorpora a inovação; e e) começa então o processo inovativo propriamente dito.

Alguns aspectos conceituais são importantes a destacar no modelo: primeiro, existe sempre a possibilidade do conhecimento apriorístico da direção da inovação, que é determinado pelos sinais emitidos pelo mercado; segundo, com respeito aos produtores, tal enfoque implica existir um conjunto dado de opções de inovações e um conjunto conhecido de resultados, qualquer que seja a escolha feita⁴; terceiro, não se considera a ocorrência de inovações radicais; e

⁴ Muito embora, como afirma DOSI (1984a), a introdução de variáveis de risco e estocásticas possam relaxar, dentro da concepção de demand pull, a idéia de resultados conhecidos.

quarto, se existe um conjunto de possibilidades inovativas a priori, deveria ser explicado porque ninguém procurou explorá-lo, antecipando-se à demanda.⁵

Na concepção de Schmookler, a produção de um bem e a invenção a ele relacionada variam juntas e com um certo retardo da invenção em relação à produção. Mesmo os inventos básicos, que criam novas indústrias, seriam, em geral, induzidos pelas forças econômicas que operam nas indústrias estabelecidas. Seriam os fatores econômicos, de mercado, que determinariam quais invenções potencialmente aproveitáveis seriam exploradas, o que estaria condicionado a demandas existentes renovadas ou a demandas latentes. Entretanto, o autor reconhece que os descobrimentos científicos prévios são condições necessárias à invenção, mas raras vezes seriam condições suficientes.

Esta indicação de uma dupla condição de estímulo (dupla mas desigual) foi confirmada em outros trabalhos. SCHERER (1982), aplicando a hipótese do estímulo pela demanda de Schmookler, com dados mais recentes e referentes a mais setores, constatou que as correlações entre demanda, atividade inventiva e patentes não eram tão evidentes quanto as encontradas por Schmookler, mas ainda assim significativas. Neste trabalho, Scherer conclui que tanto o pull da demanda quanto as oportunidades tecnológicas "precisam ser tomadas em conta para uma adequada concepção de como a mudança técnica ocorre" (SCHERER, 1982:236-7). Numa direção parecida, KLEINKNECHT & VERSPAGEN (1990) empregam uma análise estatística mais refinada para os dados de Schmookler e para dados semelhantes sobre a indústria na Holanda, concluindo por uma redução na significância dos coeficientes encontrados por Schmookler. Os autores indicam então que seus resultados seriam mais consistentes com uma hipótese de mútua dependência entre demanda e inovação. Ou seja, tanto a demanda pode gerar inovações quanto inovações podem criar demanda.

Para FREEMAN et alii (1982) o trabalho de Schmookler não pode ser interpretado como uma concepção puramente demand led do processo inovativo, dado que a ciência básica, por exemplo, não seria assim considerada, mas teria um amplo caráter autônomo. Embora colocando ênfase muito maior no lado da

⁵ A resposta de que não haveria uma premência em termos de sinais de mercado não é satisfatória. Se aceitarmos a hipótese de que uma certa tecnologia pode conformar uma expectativa favorável de investimentos visando posições vantajosas no futuro, então não haveria um motivo objetivo para que tal expectativa não fosse realizada.

demanda, Schmookler considera o papel da descoberta científica. A Figura 2, elaborada por FREEMAN *et alii* (1982) esquematiza os caminhos inovativos na abordagem de Schmookler.

Pelas rotas 1 e 2 pequenos incrementos na demanda poderiam ser atendidos imediatamente, ou num curto espaço de tempo, pelo aumento da produção que se utilizaria da mesma capacidade produtiva ou de investimentos para ampliação da capacidade existente, mas sem a incorporação de inovações. Já impactos mais fortes a partir da demanda induziriam investimentos na atividade inventiva, que levaria ao incremento na taxa de invenção e no número de patentes. Os investimentos em invenções tanto podem ser conduzidos externamente à firma (rota 3) como internamente (rota 4). Para estas duas rotas concorreria o desenvolvimento científico, exógeno às determinações econômicas.

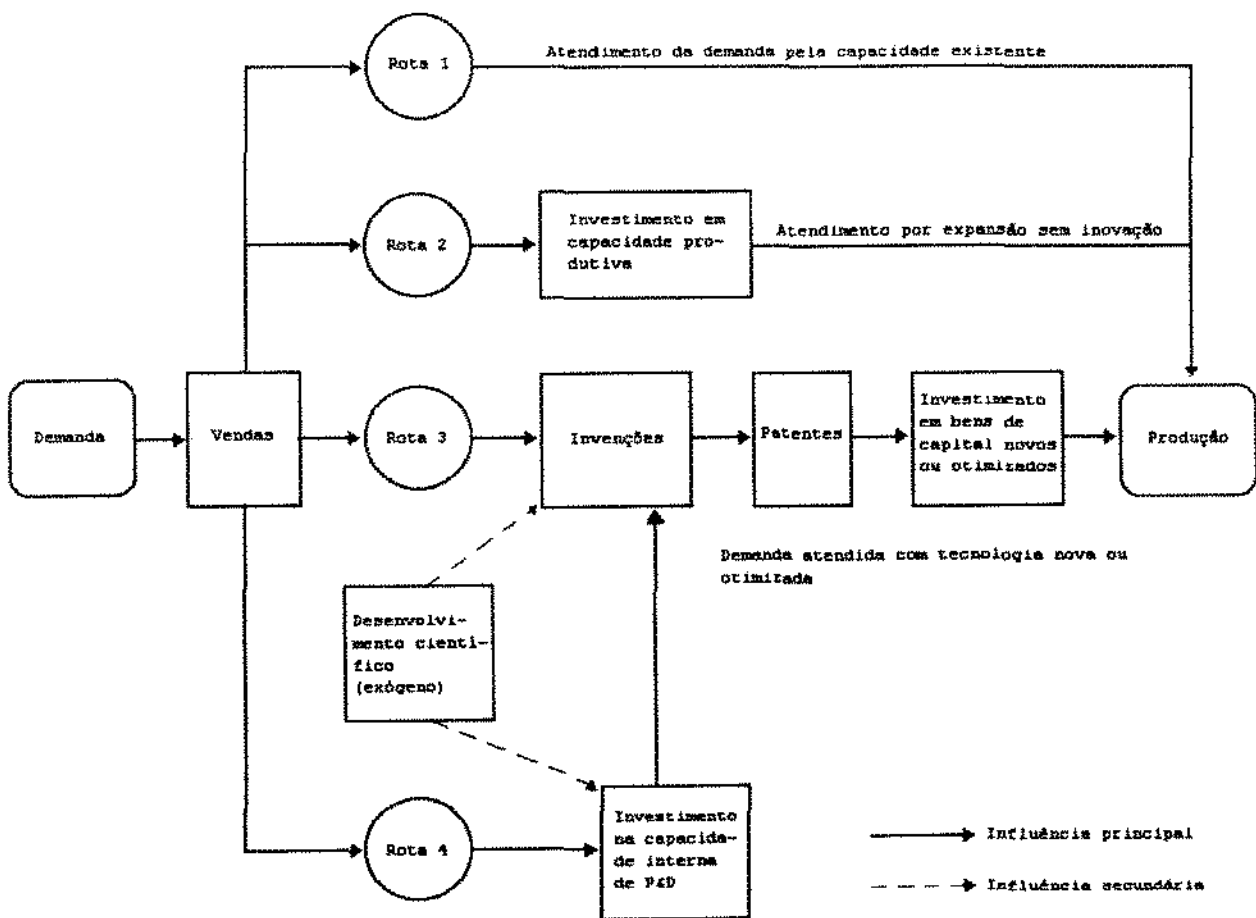


Figura 2 - Representação do modelo de inovação pela demanda de Schmookler
Fonte: FREEMAN *et alii* (1982:37)

A contraposição mais característica aos modelos de demanda seria o modelo de oferta existente na concepção schumpeteriana, apresentado na Figura 3, cujo sentido é de que a inovação empreendida pelo empresário inovador (ou pela empresa ou grupo que buscam inovações) se daria pelas expectativas de assumir posições concorrenciais vantajosas e não por uma demanda específica do mercado⁶. Nesta ótica pesa muito, de um lado, a capacidade da firma em conduzir atividades sistemáticas de P&D, em institucionalizar tais atividades; de outro lado, a evolução do conhecimento científico, que permite desdobramentos para a atividade inovativa propriamente dita. Assim, existiriam duas importantes implicações desta visão: uma firma com larga capacidade de pesquisa teria, em princípio, vantagens sobre outras sem uma base semelhante; e o ritmo da atividade inovativa dependeria dos avanços que se dão na esfera científica (KAMIEN & SCHWARTZ, 1982:33).

Apesar de apontarem para causações diferentes, não haveria grande incompatibilidade entre os dois modelos. O problema não é de uma dicotomia entre oferta e demanda; ambas, na prática, ocorrem. Assim, a primeira conclusão que se pode extrair destes modelos é a de que há determinantes internos e externos às estratégias empresarias no que toca ao processo inovativo.⁷

⁶ A visão de Schumpeter é normalmente colocada em duas fases distintas da obra do autor. A primeira, chamada Schumpeter marco I, reflete as idéias expressadas na obra *Business Cycles*, onde a figura do empresário inovador, audacioso frente aos riscos, era o agente causal do processo inovativo; já na segunda, Schumpeter marco II, a figura deste empresário é substituída pela da grande firma, empreendedora sistemática de atividades de P&D na busca de inovações que levem a vantagens competitivas. O esquema a seguir apresentado refere-se ao marco II.

⁷ A este respeito ver KLINE & ROSENBERG (1986).

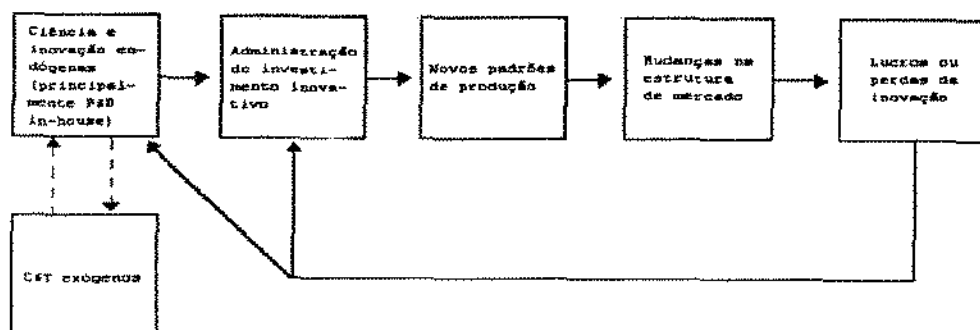


Figura 3 - Representação esquemática do modelo schumpeteriano da grande firma inovadora

Fonte: FREEMAN *et alii* (1982:40)

COOMBS *et alii* (1987:95-6) encontram nas idéias de Schumpeter e de Schmookler quatro questões (hipóteses) centrais sobre os determinantes fundamentais que dão origem às inovações, sendo as três primeiras extraídas de Schumpeter e a última de Schmookler. Em primeiro lugar, como somente a introdução de inovações radicalmente novas pode gerar novos setores industriais, então a hipótese da inovação determinada pela oferta (*technology push*) seria uma idéia natural na concepção schumpeteriana; em segundo lugar, se as condições (capacidades) técnico-econômicas de uma firma têm peso no seu processo de estabelecimento de busca e implantação de inovações, então cabe creditar às estruturas de mercado um condicionante da capacidade inovativa; terceiro, questiona-se sobre a influência do tamanho da firma nesta sua capacidade inovativa; a quarta questão sobre a origem da tecnologia remete às condições da demanda sobre a direção da inovação.⁸

⁸ Apresentamos esta "agregação" dos lados da oferta e da demanda para demonstrar que há mais elementos complementares que antagônicos às idéias de Schumpeter e Schmookler. Não pretendemos, por outro lado, discutir cada uma destas questões em particular. Para maiores detalhes ver o capítulo 5 de COOMBS *et alii* (1987).

Para DOSI (1984a:82) existe então uma complexa estrutura de retroalimentação entre o ambiente econômico e a direção da mudança técnica. "Uma teoria tentativa da mudança técnica deveria definir, da forma mais geral possível, a natureza destes mecanismos interativos. De diferentes modos, as teorias de demand pull e de technology push falham em fazê-lo".

II.1.2 Trajetórias e paradigmas tecnológicos, "guide posts" e paradigmas técnico-econômicos

Existe na literatura neo-schumpeteriana uma gama de conceitos, mais ou menos abrangentes, que vêm sendo desenvolvidos para analisar a mudança técnica, de um ponto de vista econômico, segundo uma ótica sistêmica, que traga luz às interrelações apontadas por Dosi na citação acima.

Antes, porém, de entrarmos nestes conceitos, vale enunciar alguns fatos observáveis sobre a natureza processo inovativo:

a) a atividade inovativa comporta um procedimento de busca, não de escolha sobre um conjunto dado de possibilidades, cujas características e cujos resultados no mercado seriam conhecidos ex ante. Não se pode saber de antemão se uma tecnologia a ser adotada, ou desenvolvida, encontrará, automaticamente, uma resposta positiva no mercado;

b) em sendo assim, a inovação é realizada sob condições de incerteza. Por mais que se conheçam os atributos tecnológicos e econômicos de uma inovação, suas interrelações não são totalmente dedutíveis, especialmente no que diz respeito às implicações que os atributos estritamente técnicos podem ter para a dimensão econômica da atividade (NELSON & WINTER, 1982:248). Como aponta DOSI (1988:222), "os resultados técnicos e comerciais dos esforços inovativos dificilmente podem ser conhecidos ex ante";

c) considera-se, portanto, que o processo inovativo só possa ser completado após uma instância seletiva que, grosso modo, pode ser identificada como o mercado para onde a inovação é dirigida. Assim, uma condição necessária para o sucesso de uma inovação é sua aceitação ex post pelos usuários;⁹

⁹ NELSON & WINTER (1977; 1982) alertam para o fato de que isto é uma formulação geral, e que as atividades de busca e seleção apresentam elementos muito diferentes para cada situação, como por exemplo entre inovações em produto e em processo, entre mercados onde

d) esta busca não é, entretanto, aleatória. Pode-se conferir um sentido a ela, baseado nas oportunidades derivadas do avanço científico. Ademais, são estabelecidas, em nível das firmas, rotinas para a atividade de busca. Existe um conjunto de atividades que pode ser usado para se conhecer mais sobre os atributos econômicos e tecnológicos de uma tecnologia, que conforma uma estratégia de busca, baseada em certas normas que levam a critérios de avaliação, que por seu turno indicam os caminhos preferenciais de busca (NELSON & WINTER, 1982:249);¹⁰

e) assim, as expectativas com respeito ao futuro do progresso técnico tem uma grande influência sobre, por exemplo, a taxa de adoção de uma determinada tecnologia, ou mesmo sobre a direção que deve tomar a mudança tecnológica (ROSENBERG, 1982:105-7);

f) a natureza das atividades de busca está crescentemente ligada a ambientes formais para P&D, organicamente integrados às atividades corriqueiras das firmas (DOSI, 1984a:223);

g) o nível de aprendizado influi na direção da mudança técnica; ele é, na verdade, um fator que condiciona a direção e o grau de exploração de uma tecnologia. Como mostrou ROSENBERG (1982, cap.6), a inovação decorrente do aprendizado é um fato estilizado na história do desenvolvimento tecnológico deste século; tanto o learning by doing, como o learning by using conformam, ao mesmo tempo, um requisito e um resultado do processo inovativo¹¹;

as inovações são mais ou menos prementes no processo concorrencial, etc.(ver pp. 226 e seguintes).

¹⁰ Esses critérios nada têm em comum com um cálculo maximizador de curto prazo, que leva sempre à melhor opção dentre as possibilidades dadas e segundo as relações microeconômicas existentes. São critérios racionais sim, mas não necessariamente maximizadores, porque fundados em um ambiente de incertezas, onde os parâmetros não estão dados.

¹¹ O learning by doing é uma forma de aprendizado que tem lugar nos estágios de produção, após o produto ter sido desenhado, concebido; após o estágio de pesquisa e desenvolvimento ter sido completado. "Consiste assim no desenvolvimento de crescente habilidade na produção". O learning by using, na sua forma pura, é o aprendizado que resulta do uso do produto e que é revertido numa melhoria das condições posteriores de uso, que por exemplo podem aumentar a vida útil de um equipamento e reduzir custos operacionais (é particularmente aplicado a bens de produção). Este tipo de aprendizado pode também reverter em modificações no produto. Ou seja, após uso intensivo e prolongado, melhorias são incorporadas ao equipamento como decorrência do aprendizado ocorrido durante o uso (ver ROSENBERG, 1982, Cap.6).

h) existem externalidades e interdependências tecnológicas. O processo de aprendizado, apesar de específico às firmas ou grupos, envolve "capacidades tecnológicas de aplicação coletiva" (CANUTO, 1992:20). Estas capacidades estão referidas às relações entre firmas, entre estas e o aparelho produtivo como um todo e com outros loci de competência, como instituições públicas de ensino e pesquisa e os próprios usuários, os quais, como mostra LUNDVALL (1988:352-3), influenciam na definição da direção da atividade de P&D¹²;

i) o conhecimento não é completamente transferível, no sentido de que não pode ser integralmente transcrito. Há elementos relativos à prática do conhecimento tecnológico que estão ligados às habilidades e ao conhecimento tácito específico desenvolvido numa tecnologia;

j) a direção da mudança técnica, pelo menos no que diz respeito às inovações incrementais, é normalmente definida pelo estado da arte da tecnologia já em uso. ROSENBERG (1969) chamou atenção para o fato de existirem imperativos tecnológicos que levam a que o desenvolvimento tecnológico esteja normalmente focado mais em certas direções que em outras, muitas vezes em função de gargalos tecnológicos concretos que indicam um certo caminho de busca de soluções, que estarão balizadas pelo estado do conhecimento relativo àquela tecnologia ou àquele conjunto de tecnologias. A este fenômeno Rosenberg chamou de focusing devices;

k) decorrente das noções de busca, aprendizado e de focusing devices, está a noção de cumulatividade da atividade inovativa. Para NELSON & WINTER (1982:257), o resultado do processo de busca é não apenas uma inovação de uso imediato, como um ponto de partida para empreender futuros processos de busca, devido à competência estabelecida naquele campo específico e devido à existência de inovações possíveis (e não previamente conhecidas) na vizinhança da tecnologia desenvolvida. Este caminho representa o que estes autores denominam de trajetórias naturais de uma tecnologia.¹³

¹² Na verdade, Lundvall aponta para o fato de que a transposição do conhecimento adquirido no aprendizado pelo uso para o aprimoramento da inovação só pode se dar através de um processo interativo entre produtor e usuário de tecnologia.

¹³ As "trajetórias naturais" podem estar referidas a certas tecnologias em particular ou a elementos mais gerais, como por exemplo a exploração de economias de escala e o incremento da mecanização. A "procura por oportunidades de mecanização assim como por exploração de

Em resumo, o processo inovativo é caracterizado por um ambiente de incerteza, no qual as condições e os resultados não são conhecidos de antemão; nocionalmente condicionado por fatores relativos à natureza da tecnologia; objetivamente buscado pelos agentes econômicos; e mais ou menos dependente do aprendizado e de capacidades tecnológicas individuais e coletivas.

A) Os conceitos de trajetórias e paradigmas tecnológicos

DOSI (1984a; 1984b) construiu os conceitos de paradigma e de trajetória tecnológica a partir da constatação de que a tecnologia é um conjunto teórico e prático de partes do conhecimento, que envolve "know how, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e de fracasso e, naturalmente, dispositivos e equipamentos", sendo que estas características encontram-se tanto incorporadas como não incorporadas a dispositivos físicos e a equipamentos. A tecnologia, assim identificada, implica a percepção de possíveis alternativas atuais e de possíveis desenvolvimentos futuros. Em outras palavras, conforma um conjunto limitado, mas não bem definido, de caminhos a seguir.

Percebendo existir um paralelo entre esse ângulo de visão e os atributos da ciência, DOSI (1984a:14) sugeriu uma analogia entre o conceito de paradigmas científicos elaborado por KUHN (1978), e a existência de paradigmas tecnológicos. A noção de paradigma científico é definida como a visão predominante para se formular e encaminhar soluções de determinados conjuntos de problemas. Inicialmente, seu sucesso é uma promessa de que um certo conjunto de questões científicas podem ser formuladas e resolvidas da maneira como o paradigma propõe. A realização desta promessa e os caminhos pelos quais evoluem o paradigma são chamados de "Ciência Normal".

Um paradigma tecnológico, assim, pode ser definido "como um modelo e um padrão de solução para problemas tecnológicos específicos, baseado em determinados princípios, que são derivados das ciências naturais, e em determinadas tecnologias materiais" (p.14). Da mesma forma como a Ciência Normal representa a realização de promessas contidas no paradigma científico,

economias de escala latentes podem servir como um foco (geral) da atividade inventiva" (NELSON & WINTER, 1982:260).

uma trajetória tecnológica representaria o modo e os padrões normais pelos quais o paradigma tecnológico evolui.¹⁴

O paradigma tecnológico, que Dosi também refere como um programa de pesquisas, incorporaria "fortes prescrições sobre a direção da mudança técnica" que deve ser seguida ou negligenciada, o que implica em capacidade de exclusão sobre outras alternativas inicialmente possíveis. Caminhos técnicos, forças econômicas e fatores sociais e institucionais atuariam como critérios seletivos sobre as opções possíveis. Uma vez ocorrida esta primeira seleção de um caminho, este passa a ter um movimento próprio, que não supõe ser autônomo, mas que imprime uma marca, uma preferência na elaboração e solução de problemas¹⁵. "Uma trajetória tecnológica pode ser representada pelo movimento de trade-offs multidimensionais entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevantes" (p.15-6). DOSI (p.17-8) define ainda algumas características das trajetórias tecnológicas:

- a) podem ser mais gerais ou mais circunstanciadas;
- b) apresentam, geralmente, complementaridades, implicando que o desenvolvimento maior ou menor de uma certa tecnologia pode estimular ou refrear o desenvolvimento de outras;
- c) a fronteira tecnológica é mutável, mas pode ser identificada como o maior nível alcançado num determinado caminho num determinado momento;
- d) o progresso numa trajetória é parcialmente dependente de características cumulativas, o que significa que as possibilidades de avanço de uma firma ou um país podem estar relacionadas às posições previamente ocupadas em relação à fronteira tecnológica;
- e) podem ocorrer trajetórias tão fortes do ponto de vista técnico e econômico que tornem muito difícil a transição para alternativas igualmente viáveis (novas trajetórias);

¹⁴ Para uma discussão entre paradigma científico e paradigma tecnológico ver, por exemplo, CLARK (1987) que propõe que não haja distinção entre paradigmas científico e tecnológico, uma vez que ciência e tecnologia, para o autor, não seriam atividades discretas, separáveis, mas sim partes da mesma contínua busca de conhecimentos: as relacionadas ao mercado e as relacionadas aos objetivos dos profissionais que lidam com a ciência.

¹⁵ Este path, ou esta trajetória, é comparável aos conceitos de trajetória natural elaborado por Nelson & Winter e de focusing devices, proposto por Rosenberg.

f) é duvidoso que se possa avaliar ex ante a superioridade de uma trajetória sobre outras possíveis. "Esta é uma das razões por trás da natureza intrinsecamente incerta da atividade de pesquisa";

g) tecnologias competem entre novas e velhas e entre as possíveis novas. Assim, dificuldades crescentes em seguir numa trajetória e o surgimento de novas oportunidades abertas pelo conhecimento científico podem resultar no abandono da trajetória e mesmo do paradigma prevalecente.

Seguindo a noção evolucionista da tecnologia, Dosi mostra que o processo seletivo de uma tecnologia (uma trajetória) se dá primeiro na direção geral que comporta várias mutações possíveis e depois entre as mutações. Há uma complexa interação de fatores econômicos, como a busca de novos mercados, novas oportunidades de lucro, busca de redução de custos, adesão à automação, etc., que juntamente a fatores institucionais, como seriam os interesses e as estruturas das indústrias e das agências governamentais, atuam na opção daquele conjunto de possibilidades técnicas que oferecem o conhecimento científico e as tecnologias (paradigmas) vigentes.

Na fase de surgimento dos paradigmas tecnológicos certos elementos aparecem com mais força, como os ambientes responsáveis pela produção do conhecimento e as diferentes expectativas e reações frente às novas oportunidades tecnológicas que se apresentam. Isto frequentemente remete à emergência de novas pequenas empresas que se lançam a empreender nestas oportunidades. Numa segunda fase ocorre maior integração entre produção, exploração e difusão comercial da inovação. "Quanto mais um padrão tecnológico se estabelece, mais os mecanismos de geração de inovações e de avanços tecnológicos se tornam endógenos ao mecanismo econômico normal" (DOSI, 1984b:89-90).¹⁶

¹⁶ A principal crítica à noção de trajetória e paradigma tecnológico foi feita por AMENDOLA & GAFFARD (1988). Para estes autores tais conceitos se valem de pressupostos exógenos ao processo econômico, porque o processo inovativo seria (na concepção de trajetórias e paradigmas) "apenas o desenvolvimento quantitativo de algo essencialmente dado: a emergência gradual de um conteúdo tecnológico inicial, a realização de uma performance potencial" (p.10). A preocupação destes autores é a de que todo e qualquer tipo de inovação seja sempre um resultado de decisões internas dos agentes econômicos, não importando, ao nível analítico, eventos puramente científicos ou técnicos. Para maiores detalhes ver AMENDOLA & GAFFARD (1988, cap.1) e GAFFARD (1988).

O conceito de trajetória tecnológica revela coerência com outro conceito que enfatiza a existência de caminhos preferenciais sobre os quais evoluem certas tecnologias. Trata-se do conceito de guide posts tecnológicos (marcos de referência) de SAHAL (1981a), que, resumidamente, significa que uma grande quantidade de inovações, numa determinada indústria, poderia sofrer desdobramentos a partir de alterações sobre um design básico, cuja essência seria mantida. Sahal utilizou este conceito para estudar a evolução tecnológica da indústria de tratores, onde mostra que os elementos conceituais fundamentais que compõem a trajetória desta indústria foram desenvolvidos nas duas primeiras décadas deste século.

Os guide posts são um conceito que revela a existência de orientações para a inovação no interior de uma trajetória tecnológica. Eles destacam o conteúdo evolutivo, incremental, cumulativo e, principalmente, dependente de um certo caminho anteriormente adotado. Evolutivo porque a tecnologia se desenvolve a partir de um elemento básico, uma inovação básica, que apresenta um grande potencial de desdobramento; incremental porque está referido a alterações gradativas, ajustes e melhoramentos que alteram de alguma forma o produto final; cumulativo porque é um processo de aprendizado e de retroalimentação junto com os usuários (tanto o aprender fazendo, como o aprender usando) que possibilita introduzir modificações no produto; e dependente do caminho porque a inovação original bem sucedida e potencialmente fecunda define a opção por certas rotas técnicas em detrimento de outras.¹⁷

B) Paradigmas técnico-econômicos

Um outro nível de preocupação sobre a temática da inovação desenvolveu o conceito de paradigma técnico-econômico (PTE). Surgido do debate sobre as relações entre ciclos econômicos de longo prazo e ciclos de desenvolvimento tecnológico, a idéia da existência de um PTE está vinculada à noção schumpeteriana que associa inovações com flutuações econômicas de longo prazo, mas não significa, por outro lado, uma aceitação de associações

¹⁷ Este conceito é bastante útil para a análise da trajetória da indústria de máquinas agrícolas, como mostram os trabalhos de SAHAL (1981b) e FONSECA (1990). Voltaremos a comentar estes trabalhos na próxima seção.

deterministas entre o surgimento de uma inovação maior e ciclos ascendentes de crescimento econômico.¹⁸

A noção de PTE é mais geral que a noção de paradigma tecnológico. Segundo FREEMAN & PEREZ (1986), porque se trata de um conceito relativo a formas técnico-econômicas dominantes em toda a economia e não mais num setor ou num ramo da indústria. As mudanças de PTEs identificam-se com grandes transformações, com revoluções tecnológicas que impactam a economia como um todo, alterando suas prevaletentes de produção e consumo. Nas palavras dos autores, "as mudanças envolvidas vão além de tecnologias específicas de produtos ou processos e afetam a estrutura de custos e as condições de produção e distribuição do sistema". (p.362)

FREEMAN & PEREZ (1986:360-2) traçam então uma tipologia de níveis inovativos para melhor contextualizar a dimensão de um PTE.

a) inovações incrementais: "ocorrem mais ou menos continuamente, embora em diferentes taxas nas diferentes indústrias (...) Seriam mudanças nos coeficientes da matriz de insumo-produto existente";

b) inovações radicais: estão distribuídas mais ao acaso, embora possam ocorrer com frequência nas depressões econômicas e nas estagnações tecnológicas. Ao contrário das inovações incrementais, são eventos descontínuos;

c) novos sistemas tecnológicos: diz respeito a feixes (ou constelação) de inovações que transformam um setor ou um conjunto de ramos da indústria, como por exemplo os materiais sintéticos derivados da petroquímica e os eletrodomésticos;

d) mudanças no paradigma técnico-econômico: seria a representação da idéia schumpeteriana de destruição criadora (SCHUMPETER, 1987, cap.VII), um processo de revolução tecnológica que eventualmente incorpora vários novos sistemas tecnológicos. Equivaleria, na essência, à concepção de Nelson & Winter sobre novos regimes tecnológicos surgidos da consolidação das trajetórias naturais. O PTE seria aquele conceito que representa as características principais de uma "onda longa".

¹⁸ Para uma discussão deste ponto ver FREEMAN et alii (1982, cap.3 e 4); SOETE (1985); FREEMAN & PEREZ (1986).

Segundo PEREZ (1986:32) existiria um conjunto de best practices, de senso comum, do qual as estruturas produtivas lançariam mão para realizar inovações incrementais, ou mesmo radicais, ao longo das trajetórias naturais com vistas à obtenção de melhores condições na organização produtiva. O PTE seria entendido como o mais racional e eficiente meio de tirar proveito da estrutura geral de custos. "O estabelecimento deste etilo ou paradigma está baseado na introdução de um feixe ou uma constelação de inovações interrelacionadas, técnicas e gerenciais, que levam ao atingimento de um nível geral de produtividade claramente superior ao que se considerava como normal no estilo (paradigma) anterior".

Neste feixe ou nesta constelação de inovações existiria um fator-chave com as seguintes características: a) produziria uma clara percepção de custos relativos baixos e decrescentes; b) apresentar-se-ia disponível por longos períodos para as aplicações produtivas; c) seria potencialmente invasivo¹⁹ por todo o tecido produtivo; d) apresentaria capacidade em reduzir custos de capital, de trabalho e dos produtos. O aparecimento do fator-chave precederia transformações mais gerais na economia, como nas esferas social e institucional, as quais viriam servir de complemento para que este novo fator possa realizar seu potencial de difusão.²⁰

Um novo fator-chave só se imporia (ou seja, as condições acima só seriam satisfeitas) quando o fator-chave anterior e a constelação de tecnologias a ele relacionada desse sinais claros de estar chegando ao limite de seu potencial. Se persistirem condições econômicas, sociais e institucionais ainda favoráveis ao paradigma anterior, isto funcionaria como um poderoso inibidor às mudanças. "Somente quando a produtividade ao longo da velha trajetória mostra limites persistentes ao crescimento e quando futuros lucros são seriamente ameaçados, que os riscos e custos das novas tecnologias se justificam" (FREEMAN & PEREZ, 1986:365).

¹⁹ O termo utilizado pelos autores é pervasive, para o qual não há palavra correspondente em português.

²⁰ Tendo sempre em mente que tal formulação está referida ao estudo das ondas longas (ou, em última instância, referida aos ciclos longos de Kondratiev), PEREZ (1986:33) exemplifica que os fatores-chaves no segundo Kondratiev teriam sido o carvão barato e o transporte a vapor, no terceiro o aço barato, no quarto energia barata, na forma de petróleo e de materiais intensivos em energia e que agora estaria sendo a microeletrônica, levando à subida do quinto ciclo.

A caracterização de um novo paradigma, além de se dar pela presença de novas tecnologias, envolve uma nova concepção da organização do trabalho ao nível da firma; um novo conjunto de habilidades; um novo conjunto de produtos que se utilizam do fator-chave e representam, crescentemente, parcelas importantes do PIB; novos tipos de inovações incrementais e radicais; novos padrões de localização dos investimentos em infra-estrutura para a geração de externalidades; redirecionamento das estratégias das grandes companhias na direção do fator-chave; tendência à implantação de novas e pequenas firmas em setores já existentes ou na constituição de setores inteiramente novos; entre outros elementos (FREEMAN & PEREZ, 1986:367-8).²¹

PEREZ (1986:34) fala da ocorrência, durante o surgimento e a consolidação do novo PTE, de três conjuntos de setores: a) portadores, que fazem uso intensivo do fator-chave e estão a este melhor adaptados. São os vetores do novo estilo tecnológico, com grande influência sobre o ritmo geral do crescimento econômico; motores, que são os responsáveis pela geração do fator-chave e de outros meios a ele diretamente associados; induzidos, aqueles que vêm a reboque, como consequência e como complementaridade, só florescendo e se multiplicando quando as inovações institucionais e sociais já ocorreram.²²

II.1.3 Demanda e oferta na difusão de tecnologia

Tanto no enfoque de trajetórias tecnológicas como no de paradigma técnico-econômico (e de resto em qualquer concepção de evolução ou mesmo de ciclo), as condições de mudança estão associadas às condições de esgotamento tecnológico e econômico. Estas, por seu turno, associam-se ao padrão e ao grau

²¹ Nesta perspectiva, enquanto a microeletrônica já caracteriza um fator-chave de um novo paradigma técnico-econômico, a biotecnologia ainda se encontraria na fase de um novo paradigma tecnológico.

²² Embora possa parecer uma noção mais completa que a de paradigma tecnológico, o conceito de PTE, enquanto tal, não apresenta recursos para interpretar aspectos mais particulares do processo inovativo em setores ou em ramos da indústria. Ele permite sim uma análise global de mudanças passadas e apresenta elementos bastante interessantes quando sugere as transformações que estão em curso, especialmente no estudo da revolução microeletrônica. Entretanto, se o objetivo é discutir a formação de um determinado padrão tecnológico (como o padrão agrícola) e os condicionantes do processo inovativo deste padrão, então o conceito de PTE pouco ajuda. Ele nos será particularmente útil quando formos, mais à frente, discutir as perspectivas de mudança no padrão vigente e o papel da biotecnologia nesta perspectiva.

de difusão da tecnologia (ou do produto, como no caso do ciclo do produto²³). Toda a literatura recente sobre ondas longas de crescimento econômico associado ao desenvolvimento tecnológico está interessada nos mecanismos de surgimento, crescimento, desaceleração e declínio de paradigmas técnico-econômicos ou tecnológicos.

A) Difusão pela ótica da demanda

A evolução dos trabalhos sobre difusão de tecnologia tem muito em comum com os trabalhos sobre os condicionantes do processo inovativo, mormente da geração de tecnologia. Assim como existe uma predominância da concepção do processo inovativo baseado nos elementos ligados à demanda, também no que se refere aos mecanismos de difusão prevalecem os enfoques que privilegiam os imperativos da demanda. A ligação é lógica: se são as preferências do usuário ou consumidor e suas respectivas situações de renda que induzem o processo inovativo, então encontram-se aí também os motivos para explicar diferenças nas taxas de adoção e difusão de tecnologias intra e entre setores. Da mesma forma, a literatura mais recente, de corte schumpeteriano, vem procurando destacar condicionantes ligados à oferta (ou aos ofertantes) de tecnologia.

O estudo pioneiro realizado por E. Mansfield em 1961 sobre as diferenças nas taxas de imitação trouxe à luz uma série de fatores que poderiam responder a questões como, por exemplo, os motivos pelos quais as empresas adotavam inovações em diferentes velocidades. MANSFIELD (1979) estudou as taxas de imitação relativas a doze inovações difundidas em quatro indústrias: carvão betuminoso, ferro e aço, cerveja e transporte ferroviário. As hipóteses subjacentes eram de que a probabilidade de uma empresa introduzir uma técnica nova seria função crescente da proporção de empresas que já utilizam a técnica e da rentabilidade de seu uso. Mas seria uma função decrescente do investimento requerido para sua adoção (MANSFIELD, 1979:290).

Na mesma direção, GRILICHES (1979) estudou as diferenças nas taxas de adoção da semente de milho híbrido em diferentes regiões dos E.U.A, concluindo que tais diferenças se deviam a fenômenos relacionados à demanda, explicitamente à lucratividade que se esperava da inovação tanto em termos de

²³ A este respeito ver por exemplo VERNON (1979).

suas vantagens de produtividade por hectare quanto em relação à importância do milho na rentabilidade da propriedade agrícola. Para o autor, não haveria problemas de oferta dado que à época do estudo existia plena disponibilidade de sementes de milho híbrido para atender à demanda. Entretanto, Griliches admite que os níveis de adoção (ou as taxas de imitação) podem ser modificados pela introdução de novos híbridos mais produtivos, por avanços no mercado de milho e pela expansão da superfície cultivada com milho (GRILICHES, 1979:210).

Há no estudo de Griliches, ainda que de forma implícita, apesar do autor negar elementos ligados à oferta, indicações de que esta desempenha um papel crucial. Isto fica particularmente claro quando ele explica as diferenças nas taxas de adoção entre regiões (mormente entre o Norte e o Sul) pelo fato das empresas de sementes terem expectativas de lucratividade distintas em razão de existirem mercados "bons" e "ruins" para sementes de milho híbrido. Nas palavras do autor, "o uso da semente híbrida em uma área depende, em parte, da data em que os híbridos superiores se tornam disponíveis. Esta data depende, por sua vez, das atividades dos produtores de sementes guiados por suas expectativas de lucros e das contribuições das diversas estações experimentais. Por exemplo, o Sul adotou tarde os híbridos porque o mercado de sementes era consideravelmente pior ali que em outras áreas e porque as estações experimentais do Sul produziram poucos híbridos antes de meados da década de 1940" (pp.211-2).

Tanto os modelos de Mansfield quanto de Griliches mostram que a difusão é dependente do tempo e da taxa de contato entre os adotantes, o que determina uma curva de difusão logística, em forma de "s". STONEMAN (1986), analisando os trabalhos de Mansfield e outros, argumenta que a difusão de uma inovação entre firmas relaciona a variação do número de usuários se relaciona com a variação do risco associado à inovação, à lucratividade esperada e ao número de adotantes potenciais. Sendo estes dois últimos parâmetros invariáveis no tempo, o elemento chave seria a redução do risco à medida em que se amplia o número de usuários, num processo que METCALFE (1984:103) chamou de "aprendizado pela observação da experiência alheia". Por seu turno, a difusão intra firmas seria similar: a decisão de adoção se relaciona, num certo momento no tempo, ao risco, à lucratividade e ao nível final de uso. A adoção da tecnologia aumentaria conforme a redução do risco no tempo em razão do aprendizado alcançado pelo seu próprio uso.

Algumas críticas apontadas por Stoneman a estes modelos: a) as fontes de informação são todas internas e a redução do risco só pode se dar pela extensão da adoção ou do uso da tecnologia, não havendo portanto uma fonte externa de informação capaz de alterar este panorama, nem tampouco se considera a possibilidade de busca de informação por parte do adotante; b) a tecnologia não muda durante o processo de difusão, desconsiderando-se a possibilidade de melhorias e de barateamento, o que implica analisar o processo de difusão num referencial estático; e c) com base no conhecimento da situação presente, o tratamento do risco, da incerteza e da obtenção de informação é feito sobre uma função maximizadora do mix lucratividade esperada versus risco associado, entre a velha e a nova tecnologia, o que envolve considerar o risco uma função da informação e esta como sendo limitada e dependente do tempo (pp.16-9).²⁴

B) A difusão como um processo interativo e dinâmico

Além desses problemas ligados às visões de demanda, observa-se também que há uma identificação equivocada entre mecanismos de adoção e de difusão. Como definiu METCALFE (1988:561), a "análise da adoção considera as decisões tomadas pelos agentes (...) relacionadas ao processo decisório e faz a ligação entre a natureza e o timing das decisões de adoção com as características específicas dos adotantes (...). Em contraste, a análise da difusão se refere a como a significância econômica de uma nova tecnologia muda no tempo (...). Neste sentido, a análise da difusão está estreitamente relacionada à substituição de tecnologias, à maneira pela qual uma nova tecnologia desloca uma velha tecnologia". As relações entre os padrões de adoção e de difusão não seriam portanto diretas, mas dependentes, entre outros, de fatores como as características das tecnologias, as taxas de adoção intra-firmas e os prazos decorrentes entre a decisão de adotar e a implementação desta decisão. É sobre o processo de difusão que centraremos a breve explanação a seguir.

METCALFE (1984:105) ressalta um elemento que, como regra, é ignorado nos modelos de difusão a que ele se refere como "standard". Trata-se de questionar a expectativa de lucratividade do produtor da tecnologia e não apenas

²⁴ Para uma discussão mais abrangente sobre a questão da decisão sob risco e informação limitados ver STONEMAN (1986:18-9) e METCALFE (1988).

a do usuário ou consumidor. Tal enfoque mostra uma fragilidade crucial dos modelos de demanda e é particularmente importante para os objetivos do presente trabalho, uma vez que justamente o processo inovativo da agricultura se enquadra num procedimento de difusão que toca tanto a adotantes quanto a fornecedores de tecnologia. Seria uma grave negligência ignorar determinações pelo lado da oferta num processo onde há, no mínimo, duas perspectivas da lucratividade: a do produtor e a do usuário de tecnologia, que são, como demonstra METCALFE (1984:110), diferentes, variáveis no tempo e apresentam direções opostas. GOLD (1981:256) sugere que as influências relativas do innovation-push e do needs-pull não serão exatamente harmoniosas com respeito à satisfação das necessidades de fornecedores e consumidores.

Como alerta STONEMAN (1986:21-22), se se considera um processo de difusão onde há produtor e usuário, isto significa que enquanto para o usuário a inovação será de processo, para o produtor ela será de produto, o que pressupõe uma situação de dois ambientes concorrenciais, onde possivelmente a importância do processo inovativo não será a mesma para ambos. Para o fornecedor, a inovação deve representar um processo competitivo pela diferenciação de produtos, o que implicaria considerar os condicionantes deste processo competitivo na difusão da tecnologia - como por exemplo o número de firmas fornecedoras, suas estruturas de custos, sua capacidade em suprir o mercado, a natureza das interações nos mercados, seus gastos com P&D, etc. Quando se acrescenta o lado da oferta à difusão, seus determinantes específicos passam a ter importante influência sobre o padrão de difusão, inclusive porque se deve considerar sua capacidade em gerar melhoramentos na tecnologia produzida durante o processo de difusão.

Aplicando ao estudo da difusão alguns aspectos relativos à visão de Schumpeter e de Kuznets sobre o comportamento cíclico do crescimento industrial, METCALFE (1984:105-7) aponta para a existência de elementos ligados à produção de tecnologia que possuem um papel fundamental no processo de difusão. Tais elementos seriam de três origens:

a) inovações podem se apresentar como concorrentes ou complementares às tecnologias existentes, o que pode restringir sua difusão e ainda estimular o crescimento da tecnologia em uso. Dois são os caminhos que ocasionam este fenômeno: um relativo às expectativas sobre as vantagens da nova tecnologia, tanto na forma como ela se apresenta no momento em que aparece no mercado,

quanto como se espera que ela possa ser melhorada no curto prazo, conforme mostrou ROSENBERG (1982); outro relativo aos limites de exploração da trajetória vigente, que tendem a ser estendidos numa situação de concorrência entre tecnologias, em função de conhecimentos tecnológicos, produtivos e comerciais acumulados;

b) as condições de produção da tecnologia podem sofrer alterações de custos em razão, por exemplo, de estrangulamentos na oferta de inputs básicos (como trabalho, matérias-primas e máquinas), o que, na medida em que cresce a produção de inovações, pode causar aumento nos preços destes insumos e queda na lucratividade dos produtores (tudo o mais constante); e

c) o padrão de inovações que se seguirá à inovação fundamental (as inovações secundárias, que muitas vezes são mais efetivas do ponto de vista econômico) terá um impacto importante sobre a taxa de difusão, na medida em que interferirá nas condições comparativas entre novas e velhas tecnologias.²⁵

Segue destas constatações a observação geral de que o ambiente de difusão não é estático, ele muda como consequência da própria difusão, porque haverá uma fase de competição entre novas e velhas tecnologias; porque o processo de aprendizado alterará o significado técnico e econômico da inovação enquanto esta se difunde; e porque serão também alteradas as condições da produção da tecnologia. Assim, ocorre um processo interativo e dinâmico no qual a difusão não pode ser concebida como um fenômeno unidirecional e de dimensões previamente definidas, como se fosse o mesmo que "encher uma garrafa" (GOLD, 1981). Em suma, o ritmo da difusão depende dos condicionantes da "demanda" tanto quanto depende dos condicionantes da "oferta" (SOETE, 1985).

Um corolário da discussão sobre os papéis da oferta e da demanda no processo inovativo, na difusão e na geração da tecnologia (nesta última especialmente quando se tratam de inovações incrementais ou mesmo radicais, conforme acima definido), é o de que se estrutura um espaço de relações entre produtor e usuário de tecnologia. Como vimos, esta é a situação mais

²⁵ Tanto podem ocorrer alterações na inovação fundamental pelo lado do produtor como pelo lado do usuário, via aprendizado pelo fazer e/ou pelo uso.

freqüentemente encontrada na agricultura moderna, onde se distinguem, nitidamente, as figuras do produtor e do usuário.²⁶

Entre usuário e produtor surge um mercado, cuja análise deverá ser feita não apenas a partir das relações quantitativas de preço/volume, mas principalmente tendo em conta as relações qualitativas que aí se formam. Isto implica reconhecer que há um processo de aprendizado na relação, cumulativo e evolutivo no que tange à quantidade e à qualidade da informação em circulação. Também significa reconhecer que há uma interdependência entre os agentes econômicos, embora formalmente eles possam ser independentes.

A inovação seria resultado da combinação de elementos organizativos com os de mercado. Ou seja, ao fluxo de informações de preço e volume e às transações realizadas por unidades formalmente independentes, combinam-se fluxos de informação qualitativa envolvendo a sua interdependência, que deverá dar lugar a uma forma hierárquica de relação, refletindo o fato de que uma parte domina a outra, seja pelo seu poder financeiro ou por sua superioridade em pesquisa e desenvolvimento. A relação hierarquizada, de dominação de uma parte sobre a outra, depende de uma série de circunstâncias. Para LUNDVALL (1988:352), o produtor da inovação teria forte incentivo em monitorar o que se passa nas unidades dos usuários quando:

a) o processo de inovação nas unidades dos usuários pode ser apropriado pelos produtores ou representa uma ameaça competitiva potencial; b) as inovações de produto no usuário podem implicar novas demandas para equipamentos/processos; c) o conhecimento produzido por learning by using pode ser transformado em novos produtos (o produtor, neste caso, terá inclusive contato direto com o usuário; d) os gargalos, a interdependência tecnológica e a competência do usuário permitam estimar as possibilidades de inovação; e e) a monitoração do processo de aprendizado e da competência do usuário permitam estimar as possibilidades deste vir a adotar novos produtos (p.352).

Já do lado dos usuários o incentivo a monitorar o produtor da inovação surge quando suas necessidades exigem informações detalhadas quanto às especificações dos novos produtos. Há também outras situações, como quando o

²⁶ Para uma primeira aproximação da idéia do processo inovativo na agricultura circunstanciado pelas relações usuário/produtor, ver SALLES FILHO & POFFO FERREIRA (1990).

usuário se defronta com problemas de difícil equacionamento, que podem levar ao envolvimento do produtor diretamente na análise e solução destes problemas. A forma organizacional dessa relação vai depender do tipo de produto (tecnologia), da variabilidade de suas características e de sua importância no mix de produtos do usuário. Caso o produto seja simples, a mudança de suas características ocorra muito lentamente, e ele represente parcela negligenciável da receita do usuário, a inovação provavelmente não contará com sua participação; e vice-versa.

Obviamente, entre os dois extremos podem ocorrer diversos graus de interação e diversos tipos de relações²⁷. Quando a relação típica é do produtor de inovação exercendo forte dominação sobre o usuário, as atividades inovativas devem igualmente ser desbalanceadas, no sentido de prevalecerem determinantes relativos à esfera do produtor, o que nem sempre significará um atendimento das preferências da demanda (LUNDVALL, 1988:352-3).

II.1.4 A concepção e o papel do ambiente institucional

A literatura neo-schumpeteriana, que vimos tratando nesta seção, aporta algumas interessantes observações sobre o papel dos elementos institucionais na dinâmica inovativa. Uma primeira questão é quanto à importância das instituições, não apenas no tratamento das estratégias nacionais e setoriais para o desenvolvimento econômico e tecnológico, mas para o próprio tratamento teórico da mudança técnica. Certamente não há aqui pretensão de realizar uma minuciosa revisão, e muito menos de que o tratamento à questão insitucional seja exaustivo. Espera-se apenas agregar alguns elementos que contribuam para os temas relacionados ao objeto central deste trabalho, até porque, dentro do referencial da teoria econômica, a questão institucional ainda não pôde ser tratada com o grau de rigor que merece.

Do ponto de vista teórico, a questão institucional aparece de forma mais freqüente nos trabalhos que tratam da existência de ordem e coordenação nos ambientes evolucionários, onde a mudança e os desequilíbrios são elementos

²⁷ Seja qual for o grau de relações que se estabeleça, haverá sempre elementos de incerteza e, neste sentido, a condição de mútua confiança assume uma importância muito grande.

próprios dos sistemas e onde os resultados das decisões são intrinsecamente incertos.

Se se considera que as mudanças tecnológicas ocorrem num contexto de: a) diferentes graus de apropriabilidade e de oportunidades tecnológicas; b) existência de elementos tácitos e idiossincráticos ligados à aquisição e à difusão do conhecimento; c) variabilidade nas bases de conhecimento dos processos de busca; d) incertezas sobre os resultados de uma inovação; e) irreversibilidade dos processos decisórios; f) mútua determinação entre a estrutura do mercado e a mudança tecnológica; g) permanente criação e recriação de assimetrias entre os agentes econômicos nos seus ambientes concorrenciais, fica particularmente evidente a existência de variáveis múltiplas, complexas e que atuam sob regime de incerteza (DOSI & ORSENIGO, 1988:15-6).

Mudanças tecnológicas e institucionais são fatores de desequilíbrio de um ambiente não estacionário e, ao mesmo tempo, emergem em caminhos mais ou menos padronizados. A idéia de trajetória tecnológica, como vimos, traz em seu bojo a noção de que há regularidades na evolução de uma tecnologia, propiciadas pela expressão das oportunidades tecnológicas, pelo processo de aprendizado e pela predominância de certos caminhos em relação a outros. Entretanto, permanecem fortes elementos econômicos de incerteza, ligados à formação dos processos decisórios coletivos. É exatamente em razão destas condições de incerteza, onde concorrem inúmeras variáveis que mudam constantemente, conforme evolui o processo inovativo e concorrencial, que as instituições são criadas. Na metáfora biológica, paradigmas tecnológicos provêem mutações relativamente coerentes, dadas pelas características genéticas dos organismos e por critérios de seleção do ambiente.

As instituições concorrerem para a articulação de comportamentos regulares nas trajetórias tecnológicas em dois sentidos: a) instituições que governam ou normalizam os comportamentos (que podem ser internas ou externas às firmas, grupos e setores); e b) instituições que organizam as interações e a coordenação entre os agentes que no máximo terão conhecimento aproximado dos caminhos tomados e dos resultados esperados. As instituições são assim entendidas tanto no sentido tradicional, como organizações não lucrativas - tais como os institutos de pesquisa, as universidades, as sociedades profissionais, etc. -, como também como toda forma de organização, de convenções e de comportamentos mediada pelo mercado.

Em condições de incerteza as instituições são, ao mesmo tempo, um resultado e um determinante de diferentes percepções, comportamentos e formas de articulação entre os agentes e de mecanismos de apropriabilidade, vindo a ser, numa perspectiva dinâmica, um ingrediente essencial no estabelecimento de coordenação e de ordem nos ambientes inovativos²⁸.

A "ordem na mudança" é gerada por uma combinação variada de padrões de aprendizado, mecanismos de seleção e estruturas institucionais. "A coerência dinâmica dos sistemas econômicos em condições de mudança técnica é o resultado de particulares arquiteturas ou formas de regulação que definem o funcionamento e o escopo dos mercados em relação às propriedades específicas dos paradigmas tecnológicos, às formas prevalentes de comportamento e da formação de expectativas dos agentes, à estrutura de interdependências técnicas e econômicas dos sistemas e, finalmente, à natureza e aos interesses das instituições que apresentam um papel ativo na economia" (p.32).

Uma lacuna evidente deste enfoque é não explicar a gênese e os determinantes internos das instituições. Entretanto, para o fim que pretendemos, vale ressaltar que: a) as instituições não são meramente criações *ad hoc*, que existem para resolver problemas de falta de racionalidade econômica, ou falta de informações para os agentes tomarem decisões. Elas são parte indissociável do processo evolutivo e podem tomar várias formas, cujas características e performances não podem ser conhecidas com antecedência; b) decorrente disto, é lícito dizer que as instituições também aprendem e evoluem no tempo, que, assim como as tecnologias, têm história, aprendizado, incertezas e apresentam caráter tácito-específico. As instituições teriam, nesta perspectiva, "trajetórias institucionais", mais ou menos vinculadas às trajetórias e aos paradigmas tecnológicos.

Na próxima seção, à luz dos aspectos históricos e teóricos até aqui destacados, procuraremos discutir, em termos de trajetórias e paradigmas tecnológicos, a evolução do padrão tecnológico da agricultura moderna.

²⁸ Tal não significa dizer que elas tenham papel de tornar planas as condições sobre as quais os agentes deverão tomar suas decisões. Não há, neste enfoque, qualquer noção funcional de instituições, como se fossem dispositivos ao alcance de todos para serem acionados no momento mais conveniente. Instituições evoluem como parte do processo inovativo evolucionário.

Seção II.2 - Paradigmas e trajetórias tecnológicas na agricultura: uma proposta de interpretação

Esta seção conta com três blocos de questões. Em primeiro lugar, pretendemos retomar e ampliar algumas das conclusões que foram introduzidas no final da seção em que descrevemos o padrão agrícola moderno, a saber, a questão das heterogeneidades e complementaridades das fontes de inovação na agricultura. Em segundo lugar, serão examinados os aspectos propriamente relacionados à evolução das trajetórias do padrão tecnológico da agricultura, retomando, para tanto, as críticas que foram elaboradas nas conclusões da seção onde apresentamos os diferentes enfoques teóricos sobre o processo inovativo da agricultura, especificamente aquelas que argumentam pela impropriedade da classificação das tecnologias agrícolas em químicas, físicas e biológicas. Por fim, serão discutidos os em termos de como seriam representadas, nos níveis teórico e prático, as perspectivas de transformação da base técnica das trajetórias existentes e, conseqüentemente, de mudança de paradigma e de trajetórias tecnológicas. Destas três esferas de discussão esperamos alcançar elementos suficientes para concluir esta parte do trabalho e introduzir a próxima parte, que irá tratar das perspectivas de mudanças nas trajetórias tecnológicas, a partir da emergência da moderna biotecnologia.

II.2.1 As fontes de inovação na agricultura

Vamos iniciar a discussão tomando algumas categorias organizacionais aparentemente óbvias, mas nem sempre lembradas, sobre a heterogeneidade e as complementaridades das fontes de inovação. Cinco categorias podem ser apontadas:

a) As fontes privadas de organização empresarial industrial, cujo principal negócio é a produção e venda de insumos para os mercados agrícolas, onde se incluem, para a agricultura vegetal, a indústria de pesticidas, que em parte está ligada à indústria farmacêutica e à indústria química; a indústria de fertilizantes químicos, notadamente as firmas produtoras de nitrogenados, fosfatados e potássicos; a indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, que pode ser separada entre a produtora de tratores e a produtora de implementos e de outros equipamentos agrícolas (como por exemplo de irrigação, de instalações rurais); a indústria de sementes, que se subdivide entre híbridos (notadamente de milho e

de sorgo), hortalças e variedades de grandes culturas (trigo e soja); e as empresas de serviços, que comercializam assistência técnica e sistemas de planejamento e gestão da produção. Para a agricultura animal incluem-se, além do mesmo tipo de empresas de serviços, as indústrias de produtos veterinários (da qual uma parte está vinculada à farmacêutica); de rações; de matrizes genéticas e de equipamentos para instalações rurais.²⁹

b) As fontes privadas relacionadas às agroindústrias verticalizadas, ou às integrações e semi-integrações agroindustriais, que produzem tecnologia agrícola visando consumo cativo direto (quando há total verticalização até a produção agrícola) ou indireto. Exemplos destas situações são as firmas florestais que realizam melhoramento genético vegetal próprio, ou as firmas de abate e processamento de carnes de aves e suínos, que desenvolvem métodos de organização da produção agrícola, repassando-os aos produtores integrados, e que também são responsáveis por parte da prescrição de normas técnicas que balizam os critérios de produção (como por exemplo a observação de normas de higiene e assepsia na criação de suínos e aves, e os critérios de uso de pesticidas nas culturas que serão submetidas ao processamento na indústria, como é o caso do tomate industrial).³⁰

c) As fontes privadas, mas de organização coletiva, sem fins lucrativos, como as cooperativas e associações de produtores (ou associações de cooperativas), cujo principal objetivo é o desenvolvimento e a transferência de novas variedades de sementes e de práticas agrícolas, tais como métodos de plantio, dosagens de adubação e de pesticidas, métodos de controle de pragas, de criação animal, de irrigação, de colheita e armazenagem, etc. Note-se que a transferência pode se dar pela venda da tecnologia e não apenas pelo repasse direto àqueles que financiam a implantação e expansão de tais formas organizacionais. Porém, a venda de insumos e de tecnologia em geral

²⁹ Para uma familiarização às formas de atuação destas fontes inovativas, sugerimos a leitura de KAGEYAMA *et alii* (1990), que apresenta estudos das indústrias de pesticidas, fertilizantes e máquinas agrícolas; FONSECA (1990) sobre as indústrias de máquinas e implementos; e SILVEIRA *et alii* (1990) e FURTADO *et alii* (1992) que descrevem a dinâmica da indústria de sementes.

³⁰ Para uma análise recente do trabalho de melhoramento de espécies florestais, ver FURTADO *et alii* (1992), onde há uma descrição detalhada do caso da Cia Suzano de Papel e Celulose.

normalmente se dá sem os mesmos critérios de formação de preços que os considerados pelo grupo anterior, dado que não são organizações que dependem da comercialização de seus produtos. Mesmo assim, é importante registrar que apesar de não serem empresas privadas stricto sensu, elas compõem os padrões concorrenciais de certos mercados, como o de sementes e de outros produtos que porventura venham a desenvolver e comercializar, como por exemplo inoculantes para a fixação biológica de nitrogênio, aportando, desta forma, suas características estratégicas aos ambientes concorrenciais em que atuam.³¹

d) As fontes institucionais públicas, onde se localizam universidades, instituições de pesquisa e empresas públicas. A estas estão relacionadas atividades de P&D, de transferência de tecnologia, de desenvolvimento comercial de produtos e de testes de produtos das indústrias de insumos do primeiro grupo. Duas são as principais rotinas deste grupo: a busca de novas variedades de sementes e a indicação de práticas agrícolas mais eficientes, onde se incluem formas de uso dos insumos produzidos pelo primeiro grupo (métodos de aplicação e dosagens de fertilizantes, pesticidas, medicamentos veterinários, máquinas e implementos, etc.).

e) A unidade agrícola de produção, em cuja prática são estabelecidos novos conhecimentos derivados de um processo de aprendizado que, muitas vezes, pode ser traduzido em inovações, muito embora não incorporadas em produtos. Eventualmente até mesmo o desenvolvimento de variedades melhoradas pode ser conduzido e aprimorado pelo próprio produtor, através de métodos de seleção massal das plantas e animais em cultivo e em criação em sua propriedade.

³¹ No Brasil há três casos paradigmáticos da importância desta categoria organizacional: a Organização das Cooperativas do Estado do Paraná - OCEPAR -, que mantém, com recursos dos cooperados, três centros de pesquisa próprios que desenvolvem, entre outras atividades, variedades melhoradas de trigo, soja, milho e triticale; a FUNDACEP (ex Centro de Pesquisas da FECOTRIGO), ligada a várias cooperativas do Rio Grande do Sul, que realiza atividades semelhantes à OCEPAR, mas que é mantida crescentemente por meio da venda de serviços e produtos; e a COPERSUCAR, que reúne cerca de 47 usinas de açúcar e álcool do Estado de São Paulo e que mantém uma estrutura de pesquisa agrícola e industrial para servir principalmente às usinas cooperadas, cujos resultados são particularmente importantes no desenvolvimento tecnológico do setor sucro-alcooleiro no Estado de São Paulo. Sobre estes três casos, sugerimos a leitura dos seguintes trabalhos: SILVEIRA *et alii* (1990), que relata as atividades da OCEPAR; KAGEYAMA *et alii* (1992), que apresenta as atividades da FUNDACEP; e SALLES FILHO *et alii* (1992) e RUIZ OLALDE (1992), sobre o caso da COPERSUCAR.

Certamente há habilidades e conhecimentos tácito-específicos que são desenvolvidos pelo produtor como resultado da prática agrícola, um legítimo aprendizado pelo fazer. Quanto maior este conhecimento, maior o grau de cumulatividade que ele adquire e maior o grau de capacitação tecnológica, o que lhe pode conferir, em princípio, posições vantajosas para empreender inovações.

Uma primeira constatação óbvia é de que há nítidas diferenças entre as motivações destes cinco grupos, tanto entre eles quanto, em alguns casos, dentro deles. Enquanto o primeiro grupo se organiza técnica e economicamente para a comercialização de inovações no mercado, os outros só eventualmente assumem esta postura. Tanto o terceiro como o quarto grupos são enquadráveis na categoria de instituições, onde a motivação fundamental é a de agrupar esforços de P&D em atividades que exigem escala de pesquisa, que têm problemas evidentes de apropriabilidade, que apresentam largos prazos de maturação (o trabalho de melhoramento genético é demorado, cerca de 8 a 10 anos) e que são permeadas de elevado grau de incerteza. Esta é uma diferença absolutamente central na compreensão dos determinantes do processo inovativo.

Isto coloca um divisor de águas entre o primeiro grupo e os restantes. Por mais que se invoque a existência de complementaridades entre as tecnologias agrícolas - argumentando-se que a expressão da eficiência global do padrão tecnológico depende, grosso modo, do uso simultâneo de sementes melhoradas, irrigação, adubos, pesticidas e máquinas - não se pode deixar de reconhecer uma influência muito grande na direção do processo inovativo decorrente do comportamento das firmas líderes daqueles setores industriais, comumente chamados de "indústria a montante da agricultura".³²

Assim, quanto ao peso relativo de cada grupo, embora seja difícil conferir com exatidão maior ou menor importância às fontes de geração de inovações, há

³² Esta agregação sob o rótulo de indústrias a montante e a jusante é um jargão da literatura econômica agrícola que carece de precisão. Primeiro deve ser registrado que não há qualquer fundamento ao nível conceitual em tal agregação; não é uma unidade de análise, mas uma denominação genérica, que embora tenha sentido prático para referenciar os produtores de insumos industriais para a agricultura e os utilizadores industriais de produtos agrícolas, não se presta a interpretações de comportamentos coletivos das indústrias que aí estão agrupadas. Segundo, seu uso continuado tem efeitos colaterais prejudiciais, porque dá a entender que a) as indústrias a montante vivem em função da agricultura; e b) as indústrias a montante, a agricultura e as a jusante compõem um fluxo harmônico de interesses.

uma constatação prática (e mesmo óbvia), no que se refere às dimensões econômicas, distinguindo o primeiro grupo dos demais.

Propomos avançar mais um passo na identificação das fontes de inovação: embora o agrupamento acima, por formas organizacionais, seja válido como primeira aproximação, ele ilumina apenas parcialmente a heterogeneidade existente. Na verdade, o principal aspecto que ele levanta refere-se à existência de uma certa, não inteiramente nítida, divisão de atividades de P&D e de produção em duas formas de organização - a privada lucrativa e a institucional, privada ou pública. Este é um assunto que será discutido mais à frente, quando se questionará o porquê de algumas atividades de P&D, mormente as relativas ao melhoramento genético vegetal e ao desenvolvimento de práticas agrícolas, terem sido desenvolvidas sob arranjos institucionais públicos ou privados coletivos, enquanto outras tiveram uma orientação privada lucrativa.

Tomando o primeiro grupo, é fácil notar a existência de indústrias bastante diferentes, tanto do ponto de vista econômico quanto tecnológico. Enquanto na classificação de PAVITT (1984) a agricultura está posicionada como um setor "dominado pelo fornecedor", no que diz respeito à sua dinâmica inovativa mais geral, o mesmo não se pode dizer sobre as indústrias fornecedoras de tecnologia para a agricultura; senão vejamos.

A indústria de pesticidas tem sua dinâmica de inovações baseada em processos de busca de novas moléculas e também de novas formulações, concorrendo, em termos gerais, pela diferenciação de produtos. Suas rotinas inovativas estão apoiadas nos processos de screening dirigidos, onde a busca de moléculas ocorre dentro de certas famílias de produtos, mas cujos resultados não são conhecidos a priori. É um mecanismo estocástico de busca de inovações, só que balizado por uma série de critérios dados pela existência de caminhos tecnológicos preferenciais. As atividades de P&D são, portanto, absolutamente centrais para a dinâmica concorrencial do setor. A média de gastos com P&D em relação ao faturamento é da ordem de 6% a 8%, podendo chegar, em alguns casos, a percentuais tão elevados quanto 14% - o equivalente à média atual da indústria farmacêutica. Atualmente, o tempo médio entre a descoberta e a comercialização de uma nova molécula é de nove anos, com gastos totais que alcançam mais de US\$ 100 milhões, dos quais cerca de 30% referem-se a gastos com comercialização. Em razão dos elevados custos com a busca de novas moléculas e da pressão competitiva que as empresas líderes sofrem com o

progressivo esgotamento das suas principais patentes, elas vêm operando também no sentido de procurar soluções tecnológicas que dêem sobrevida aos produtos técnicos em comercialização, via, por exemplo, novas combinações na formulação final, novas aplicações e novas apresentações dos produtos.

É uma indústria que, em função dos aumentos nos custos de P&D, do incremento do rigor das legislações ambientais (e das próprias pressões da sociedade) e dos custos igualmente crescentes para testes e registro dos produtos, vem tendo sua lucratividade reduzida nos últimos 10 anos. A lucratividade média, que girava em torno de 20% a 25%, caiu para 10% a 15% neste último período. Vem assim sofrendo um processo de reestruturação econômica, com concentração e centralização de capitais, com compras entre grandes companhias, redefinições das fatias de mercado e procura por alternativas tecnológicas que favoreçam seu crescimento.³³

É portanto uma indústria que, na classificação de Pavitt, poderia ser enquadrada como "baseada na ciência", cujas características são exatamente a busca de inovações em produtos, a importância dos mecanismos de apropriabilidade, a criação de habilidades e de conhecimentos tácitos e a importância da cumulatividade para a exploração das oportunidades tecnológicas abertas nas diversas famílias de produtos químicos que foram desenvolvidas pela indústria.³⁴

Apesar de praticamente toda a atividade de P&D e de geração de novos produtos estar radicada na indústria, as estações de pesquisa agrícola tiveram um papel fundamental em todos os países que contam com grandes companhias no setor, realizando testes e contribuindo com a competência e o aval institucionais nos ensaios de campo. Não apenas os aspectos relativos aos testes, mas também à pesquisa sobre a ecologia dos insetos, seu modo de desenvolver resistência nos inseticidas, sua toxicidade aos animais e ao homem, tiveram a participação decisiva da pesquisa pública, mostrando que, paralelamente à autonomia sobre a direção das inovações, existem interrelações que não podem ser ignoradas na determinação das trajetórias tecnológicas da indústria de pesticidas agrícolas.

³³ Como por exemplo as compras da Stauffer Chemical pela ICI, da divisão agroquímica da Shell pela Du Pont, da Union Carbide pela Rhone Poulenc, além da joint venture entre a Dow Chemical e a Eli Lilly, que resultou na empresa Dow-Elanco.

³⁴ Para detalhes sobre a evolução das famílias químicas ver ACHILLADELIS *et alii* (1986).

Já a indústria de fertilizantes, que pode ou não apresentar-se integrada nos seus três segmentos fundamentais: nitrogenados, fosfatados e potássicos, caracteriza-se por grandes volumes de produção (da ordem de dezenas a centenas de milhares de toneladas por planta industrial), tendo na proximidade às fontes de matéria-prima (para fosfatos e potássicos) e na escala - e portanto nos preços - sua principal forma de concorrência, não apresentando diferenciação notável em produtos. Sua inovatividade é muito menor que a da indústria de pesticidas, caracterizando-se pela introdução de inovações de processo redutoras de custos, como por exemplo redução do consumo de energia e melhoria da eficiência industrial. É uma indústria tecnologicamente madura que também passou por um processo de concentração e de centralização de capitais.

A tecnologia é comercializada na forma de blue prints (ao contrário da indústria de pesticidas) e as condições de entrada estão particularmente centradas nas barreiras de capital e na proximidade das fontes de matéria-prima. Assim, apesar de também ser uma indústria de base química, tem um perfil e uma performance completamente diferentes da de pesticidas. Na classificação de Pavitt seria tipicamente uma indústria "intensiva em escala", cujas características são, obviamente, as elevadas escalas de produção, a exploração intensa da divisão do trabalho e dos métodos organizacionais, a introdução de instrumentos de operação e controle e de inovações incrementais que normalmente se originam nos departamentos de engenharia de produção. Outra fonte importante de inovações são firmas pequenas e especializadas que dão assistência na área de instrumentação e automação dos processos industriais.³⁵

A interação com a pesquisa pública e com outros arranjos institucionais de pesquisa é muito menos estreita que no caso dos pesticidas, até porque a diferenciação de produtos é quase nula. Entretanto, é na orientação que se faz nestas instituições sobre como aplicar fertilizantes, em quais dosagens e timings, que se veiculam, junto ao agricultor, as necessidades de aplicação de fertilizantes.

A indústria de sementes apóia-se na diversificação de produtos pela busca de novas variedades, através de processos estocásticos: o melhoramento por

³⁵ Na verdade, a classificação apresentada por Pavitt em 1990 considera os setores intensivos em escala e os fornecedores especializados sob uma categoria mais geral chamada "intensiva em produção" (DOSI et alii, 1990:93,96-7).

cruzamentos e seleções sucessivas de plantas. É uma indústria que apresenta um nível de gastos em P&D como proporção do faturamento da ordem de 5% a 6%.

O elemento essencial que está por trás da constituição de empresas privadas que realizam atividades de P&D em sementes é o de conseguir produzir um produto que apresente nítidas vantagens sobre o grão que é colhido pelo agricultor e que poderia lhe servir como semente na próxima safra. Colocam-se assim dois problemas: produzir uma semente geneticamente superior e garantir meios de apropriabilidade sobre ela.

O caminho reconhecidamente mais fácil é o da produção de híbridos, por apresentar o fenômeno genético da heterose, que além de conferir maior potencial produtivo à semente provê um mecanismo natural de apropriabilidade³⁶. O maior segmento do mercado de sementes híbridas é, sem dúvida, o de milho, cujas características técnicas de hibridização e taxas de multiplicação são bastante atraentes para o empreendimento privado de desenvolvimento de novos produtos. "A possibilidade de usar sementes híbridas depende portanto da baixa no rendimento entre gerações sucessivas, mas igualmente da taxa de multiplicação e das relações entre preço do grão e preço da semente" (JOLY & DUCOS, 1992:118). Para o milho, se se considera uma queda de rendimento da ordem de 20% entre a semente e sua primeira geração, e uma taxa de multiplicação (número de hectares que se pode semear com grãos colhidos num hectare) da ordem de 200, a relação entre preços da semente e do grão deverá ser menor que 40, caso contrário valerá mais a pena ao agricultor reproduzir seu próprio grão.³⁷

Para os segmentos de variedades (que não são híbridos) a participação de firmas privadas na atividade de P&D é menor. Isto porque os mecanismos de apropriabilidade são muito mais frágeis, pois mesmo legislações de propriedade intelectual ou "acordos de cavalheiros" não são suficientes para conferir o

³⁶ Como já foi comentado, a reprodução de um grão de uma planta obtida por sementes híbridas leva a uma baixa de produtividade pela segregação genética que ocorre nas gerações subseqüentes. Quanto maior o vigor apresentado pelo híbrido, maior será a queda de produtividade na sua descendência.

³⁷ Esta relação não é tão simples como pode parecer. Na verdade este cálculo considera que os demais custos para o cultivo serão os mesmos, o que nem sempre é verdade, porque normalmente os híbridos requerem, para expressar seu potencial produtivo, uma quantidade de insumos maior que as variedades ou os "não híbridos".

mesmo grau de apropriabilidade dos híbridos. A possibilidade de rápida imitação se dá na medida em que a semente é difundida pela produção agrícola. O custo de aquisição da tecnologia embutida no genótipo de uma semente é praticamente zero, o que evidentemente não estimula a inovação privada. É verdade que a pesquisa em nível das firmas está presente em vários países onde há legislação que prevê a patentabilidade ou direitos de propriedade sobre o material genético desenvolvido (a semente), mas invariavelmente representam mercados menos dinâmicos do ponto de vista econômico (lucratividade e rentabilidade) e do ponto de vista da capacidade inovativa.

Ao tomarmos a tipologia de Pavitt, a impressão é a de que o melhor enquadramento seria o de um setor "baseado na ciência", já que se trata de empresas que têm rotinas para a diversificação de produtos, com base em processos de busca que por sua vez são guiados por métodos científicos apoiados na genética e nos procedimentos técnicos da criação vegetal. (JOLY & DUCOS, 1992:127)

As relações que se estabelecem entre as empresas de sementes e a pesquisa pública são bastante estreitas, pelo menos nos segmentos de variedades (com híbridos isto não ocorre), mas com o objetivo de conduzir ensaios de campo comparativos entre as variedades das empresas e as variedades públicas e de outras instituições de pesquisa. Também há uma forte interação de empresas sementeiras diretamente com os produtores, mantendo, em muitos casos, campos experimentais junto a produtores e junto a campos de cooperativas. Ocorrem aí feed backs que ajudam a definir as rotas de inovação das empresas. Comparativamente ao caso dos pesticidas, os feed backs são muito mais importantes, porque a busca de soluções tecnológicas para o atendimento de demandas específicas de grupos de agricultores e de regiões demarcadas são de maior viabilidade para o caso do desenvolvimento de novas variedades que para novos pesticidas, pelos motivos técnicos e econômicos já apontados.³⁸

A indústria de equipamentos e máquinas agrícolas, segundo FONSECA (1990:222), tem sua trajetória determinada por três elementos que se consolidaram no decorrer do tempo: a) exploração de economias de escala e de tamanho dos equipamentos; b) exploração de economias de aprendizado pelo

³⁸ No caso dos pesticidas tais situações de "demandas localizadas" podem ser resolvidas pelo desenvolvimento de novas formulações, a partir de produtos já existentes.

fazer e pelo uso; c) orientação por "marcos de referência" a partir de projetos básicos de designs. Há tipicamente regularidades nos processos de busca de inovações, que são baseados em desdobramentos nocionais de designs de sucesso; absorve inovações vindas da indústria automobilística e da indústria de auto-peças. Internamente são desenvolvidas atividades de pesquisa nos departamentos de produtos, de onde saem as principais inovações incrementais que vão melhorar as condições do produto.

Neste procedimento, a interação com o usuário é central. "Para saber se os aperfeiçoamentos introduzidos resultaram em avanços, a indústria, além dos testes de fábrica e da manufatura de protótipos, precisa receber informações sobre o desempenho do produto no campo. Daí coloca-se como necessidade o desenvolvimento de formas específicas de interação entre usuários e produtores" (FONSECA, 1990:224). É uma indústria que tem na capacidade de diversificação de produtos e na escala de produção os principais elementos concorrenciais.

A história recente da indústria mostra uma tendência ao aumento da potência e ao emprego de um número cada vez maior de implementos por trator. É uma indústria oligopolizada, que sofreu concentrações e fusões durante os anos 80, reforçando uma estrutura de mercado altamente concentrada e de padrões de comportamento que se tornaram mais rígidos nos últimos anos, inclusive no que se refere ao processo inovativo. Nesta standardização produtiva passam a ser importantes inovações de processo redutoras de custos, mormente as organizacionais. Assim, ao mesmo tempo em que as relações com os usuários são fundamentais, também o são os caminhos tecnológicos nos quais se move a indústria.

Na tipologia de Pavitt este setor poderia ser classificado como "produção intensivo", mais especificamente "fornecedor especializado", pois predominam no processo inovativo elementos associados à capacidade de design e engenharia; às estreitas relações com os usuários, que efetivamente contribuem para os melhoramentos incorporados aos equipamentos; e à interação com outros fornecedores, como de auto-peças e máquinas de montagem.

Estes breves comentários sobre algumas características das indústrias que produzem inovações para a agricultura, sem a pretensão de qualificar plenamente estas indústrias, servem para mostrar dois elementos importantes: a) as fontes

inovativas têm condicionantes e estratégias próprias, que estão referidas aos seus ambientes concorrenciais onde a "demanda" agrícola tem sua importância relativa, mais ou menos relevante em cada caso; b) da mesma forma, as complementaridades tecnológicas são levadas em conta nas estratégias das firmas que lideram os mercados acima comentados, mas nem por isso determinam um processo coordenado de inovações. Esta tarefa em parte está a cargo das instituições que desenvolvem trabalhos de testes e compatibilizações entre as inovações desenvolvidas por aquelas indústrias, empenhando-se na pesquisa agrônômica propriamente dita - como são os casos das instituições públicas de pesquisa, das associações de produtores e cooperativas e do próprio produtor.

No que diz respeito à existência de uma certa divisão de atividades de P&D e de produção de inovações, na qual aparece, de um lado, o melhoramento genético de variedades ligado às instituições públicas e às associações de produtores e cooperativas e, de outro lado, os chamados insumos industriais, pouco teríamos a acrescentar às explicações consensuais da literatura, que normalmente associam este fenômeno aos problemas de apropriabilidade da tecnologia gerada. A reprodutibilidade do material genético representa um custo zero para a imitação. É certo que a capacitação científica requerida, os prazos e os riscos envolvidos no trabalho de melhoramento são elevados, mas talvez não muito diferentes dos verificados na geração, por exemplo, de uma nova molécula de pesticidas e certamente não tão dispendiosos quanto estes.³⁹

As sementes são assim consideradas como um "bem público", não porque o sejam em princípio, mas porque as condições referentes à reprodutibilidade e aos mecanismos formais e informais de direitos de propriedade não permitem um grau satisfatório de apropriabilidade; e isto é uma questão que pode ou não vir a ter uma solução, que a nosso ver só se daria no campo tecnológico. Por mais que evoluam os mecanismos institucionais de definição de regras de apropriabilidade, eles nunca serão tão eficientes quanto uma solução que interfira diretamente na reprodutibilidade do material genético.

Em função disso cabe registrar que os arranjos para a P&D coletiva nesta área são formas institucionais que evoluíram juntamente como o padrão

³⁹ Algo como nove anos entre a síntese em laboratório e a comercialização do produto, com gastos acima de US\$ 100 milhões, o que é sensivelmente maior do que os custos de desenvolvimento de uma nova variedade.

tecnológico moderno. Elas são tão importantes para o processo inovativo quanto as empresas de insumos e podem vir a assumir novas formas, na dependência, entre outros aspectos, da evolução tecnológica futura. A expectativa de um novo paradigma tecnológico para o melhoramento, baseado em métodos deterministas como a manipulação direta e direcionada de genes, pode estabelecer critérios completamente novos para estas formas organizacionais. Não estamos aqui pensando em alteração das relações público/privado. A questão que colocamos é mais geral: refere-se à evolução institucional que uma inovação radical ou um novo paradigma tecnológico pode causar sobre as condições existentes. Se a biotecnologia alcançar os estágios de desenvolvimento esperado pelos mais otimistas, isto deverá abrir um campo inteiramente novo de oportunidades tecnológicas cujos critérios de apropriabilidade deverão também ser novos, do que seria legítimo esperar uma conformação inédita das instituições e dos mercados de sementes. Mas este é um assunto que trataremos com o devido cuidado na próxima parte do trabalho.

Para concluir este item é necessário enfrentar, ainda que de maneira incompleta, o problema da forma genérica com que é tratado o mercado agrícola. Conforme indicamos anteriormente, é um equívoco considerar sob o rótulo de "mercado concorrencial" situações tão diferentes quanto as que se pode encontrar entre os mercados de soja, carnes de aves, frutas tropicais, frutas temperadas, feijão, carne bovina, leite, etc.

Em primeiro lugar, nada temos a obstar quanto à classificação da agricultura como "tomadora de inovações"; por outro lado, tal não significa que exista uma entidade genérica chamada agricultura, que opera em condições mais ou menos homogêneas frente às oportunidades tecnológicas, não importando o mercado a que se faça referência; as oportunidades tecnológicas não são idênticas para qualquer produto agrícola.

Em segundo lugar, se tomamos a idéia de que a estrutura de mercado não é uma condição pré-determinada, que surgiu como tal, mas que evoluiu sob determinadas condições, então vale a observação feita por POSSAS (1985:177) de que as estratégias competitivas (inclusive referentes à inovação) fazem parte do quadro que define os padrões de concorrência e, assim, uma certa estrutura de mercado. Indo mais longe, DOSI (1984a:93) propõe uma causalidade inversa entre as estruturas de mercado e as estratégias inovativas, no sentido de que aquelas não poderiam ser consideradas como variáveis independentes, mas "uma

função de inovatividades passadas, oportunidades tecnológicas passadas e graus de apropriabilidade passados. Em outras palavras, a estrutura de mercado tem de ser tratada como uma variável endógena".

É verdade que o grau de apropriabilidade de inovações na agricultura é muito baixo, mas ele também o é na maioria dos setores industriais classificados como "dominados pelo fornecedor". É verdade também que não se formam estruturas de mercado oligopolizadas na agricultura como as que se formam na indústria, mas a rigor isto não quer dizer que a estrutura competitiva da agricultura seja de concorrência perfeita. E por mais "concorrencial" que seja, a permanente incorporação de inovações vai gerar assimetrias que conferirão "desequilíbrios concorrenciais" nos mercados agrícolas.

Dois raciocínios encadeados podem ajudar a encaminhar a discussão: o primeiro refere-se ao fato de que, dentro das categorias mais gerais que definem a dinâmica inovativa para diferentes setores, há diferenças de grau e de timing na adoção das inovações entre as firmas e entre os mercados, e que não se reduzem a problemas de informação incompleta ou comportamento irracional, mas remetem à existência de diferentes oportunidades tecnológicas e diferentes graus de apropriabilidade e de cumulatividade entre as firmas e entre os mercados, e dentro das firmas.

Ou seja, o fato de ser "tomador de inovações" não implica dizer que, satisfeitas as necessidades de informação e de superação da aversão ao risco (e mesmo das condições de renda dos potenciais usuários), todos serão tomadores de inovações no mesmo grau e num certo período de tempo limitado e previsível. Ao contrário, interpretamos que aquela classificação mais geral de "dominado pelo fornecedor" comporta a idéia de que há certas oportunidades tecnológicas, associadas a paradigmas tecnológicos, que serão empreendidas em diferentes graus e em diferentes timings, em razão do próprio escopo das oportunidades, das perspectivas de apropriabilidade e das expectativas quanto aos efeitos virtuosos que podem ser gerados no nível concorrencial.

Em segundo lugar, se se admite a idéia de que estas diferenças podem ocorrer em qualquer situação⁴⁰ - dado que a perspectiva de assumir posições

⁴⁰ Claro que com intensidades distintas e relacionadas às oportunidades tecnológicas, que por sua vez se relacionam com o grau de maturidade do paradigma.

vantajosas, ainda que tênues e por períodos de tempo muito curtos, levaria à permanente criação de assimetrias -, então parece lícito inferir que há uma situação concorrencial dinâmica (e, no caso da agricultura, heterogênea), onde as posições das firmas são permanentemente alteradas e os diversos mercados são mais ou menos afetados pela introdução de inovações. Assim, criam-se e evoluem diversos âmbitos concorrenciais na agricultura, decorrentes deste processo, de onde se conclui que a situação de um "equilíbrio concorrencial estático" só existiria no momento em que cessasse o processo inovativo; seria, portanto, uma situação hipotética e momentânea, dificilmente estável.

Assim, a concepção do tread mill, de caminhar para não ficar para trás, mas também para não sair do lugar, não apresenta nenhum motivo lógico para que os agricultores que primeiro inovam (chamados "early birds") não continuem inovando durante o próprio processo de difusão. As concepções que tornam possível tal plano de análise são: a) considerar o processo de difusão unívoco e exclusivamente temporal, como na feliz imagem proposta por SAHAL (1981a) de "encher uma garrafa"; e b) admitir que mercados agrícolas têm comportamento de "concorrência perfeita", que levaria à perda imediata ou muito rápida das vantagens de custos que a inovação pode conferir. Ou seja, a inovação surgiria num determinado momento, sem restrições de qualquer ordem em termos de oferta, não se alteraria durante a difusão, sua adoção dependeria apenas do tempo, sua difusão seria homogênea e a redução de custos por ela produzida seria desfeita pari passu com a redução do preço do produto agrícola causada pela difusão da inovação, até atingir um nível de equilíbrio.

Ora, basta admitir que a difusão não segue esta lógica simples e estática, e que tampouco há concorrência perfeita na agricultura, conforme argumentado, para que este mecanismo deixe de ter sentido teórico. Isto não quer dizer que eventualmente não possa ocorrer algo parecido com o que propõem tanto o tread mill quanto o mecanismo de auto-controle: a diferença é que tais fenômenos seriam um caso particular e não a forma geral.

II.2.2 Os tipos de inovação na agricultura

A segunda tarefa que nos propusemos no início desta seção é a de refletir sobre como o padrão moderno de produzir na agricultura poderia ser visto em termos de suas trajetórias tecnológicas.

Como temos aqui assinalado de forma insistente, encontram-se situações que, embora apresentem coerência, são muito heterogêneas e complexas para caberem nas rotulações genéricas como as que classificam as inovações tecnológicas pelas suas origens disciplinares - verbi gratia, inovações químicas, físicas e biológicas. Há história para ser levada em conta, e nesta história a tecnologia agrícola evoluiu, trilhou caminhos imprevisíveis e desenhou uma arquitetura que só pôde ser conhecida em seu perfil atual quando as partes que a compõem passaram a representar opções claramente definidas para a formulação e solução dos problemas ligados à produção agrícola.

Antes de prosseguirmos, vale alertar que as proposições a seguir são fruto de uma tentativa de apreensão dos fenômenos que vimos até agora nos referindo; não são apenas uma apreensão subjetiva de nosso tema de estudo, "o processo de inovação na agricultura", mas uma reflexão coerente com as questões que temos enfatizado e, sobretudo, legítima como primeira aproximação. Deve, portanto, ficar claro que antes de ser considerada uma análise acabada, deve ser vista como um marco tentativo, onde novos conceitos e proposições possam ser pensados e testados e a partir do qual as idéias possam evoluir, o que já consideramos satisfatório para o escopo deste trabalho.

Partindo do geral para o particular, recordemos que o padrão moderno da agricultura apresenta as características gerais de complementaridade e de busca de produtividade, dentro de um espectro bastante amplo de fontes de inovação. Nesse caso, pareceria correto afirmar que a busca da intensificação da produção por área, no sentido dado por BOSERUP (1987) - através da coordenação de diferentes fontes de tecnologia, que isoladamente não teriam condições de promover a confluência das partes - tem sido o atrativo geral, o regime tecnológico da agricultura, o tipo de trajetórias naturais consolidadas neste século. Antes de falarmos sobre os rebatimentos daquela diretriz geral da intensificação, vale tecer alguns comentários sobre o sentido da noção de coordenação.

As instituições de ensino, pesquisa e extensão, como sugerimos, vêm representando um papel de articulação, de coordenação tecnológica, em que elas próprias introduzem inovações que podem ou não estar em consonância com as

inovações vindas da indústria⁴¹. Da mesma forma, os fluxos qualitativos que se formam entre usuários e produtores de tecnologia representam mais um locus institucional que conduz a efeitos organizados, promovendo a interação de diversos níveis tecnológicos necessários à produção agrícola. A presença do produtor de tecnologia no campo junto a organizações formais de P&D e junto ao agricultor cria, frente à complexidade tecnológica da agricultura, uma estrutura cognitiva que pode levar à convergência de diretrizes gerais tão díspares quanto as que existem entre uma grande empresa de pesticidas e outra de máquinas agrícolas, ou entre estas e uma empresa sementeira, ou ainda entre empresas de máquinas, de sementes e de fertilizantes. São parâmetros e linhas de orientação básicas, de tipo integrador, que se desenvolveram e estão hoje incorporadas às rotinas de busca inovativa dessas empresas.

A coordenação promovida pelas instituições formais e informais não significa, portanto, nem uma compatibilização "à força" das tecnologias geradas pelas diversas fontes - como se existisse a tarefa de juntar partes que não teriam qualquer sentido de conjunto -, nem muito menos uma definição ex ante sobre o que os agentes industriais devem produzir, como se estes trabalhassem planejadamente para produzir um todo homogêneo. Parece mais lógico imaginar que haja um processo interativo, onde conceitos técnicos e científicos mais gerais, que se convertem em senso comum, ou pelo menos amplamente conhecidos dos agentes inovadores, acabem por ser incorporados às suas rotinas de busca, o que facilita a consolidação de diferentes tecnologias; trata-se aqui de um aspecto essencial do conceito de paradigma tecnológico antes definido.

Com tais ressalvas, pode-se admitir que o "interesse" mais geral da agricultura em seu processo evolutivo/inovativo, foi, sem dúvida, o de intensificar o cultivo por área e por período, ou seja, eliminar os períodos de pousio e aumentar a quantidade produzida por área cultivada. Até aqui pouco se acrescenta ao que já se conhece; a questão é que as ligações entre a constatação dessa orientação geral e os caminhos tecnológicos específicos que foram historicamente seguidos não são, de forma alguma, imediatas. Sugerimos então

⁴¹ Apesar do setor público "preparar terreno" para boa parte dos insumos industriais, ele age também no sentido de diminuir o consumo destes, via desenvolvimento de tecnologias como o controle biológico, o cultivo mínimo, a racionalização da adubação, etc.

que a atenção deva voltar-se para a identificação histórica de "áreas-problema" (a noção de gargalos de ROSENBERG, 1969) ligadas à produção agrícola.

Digamos que a ocorrência de "problemas gerais" poderia ser pensada antes mesmo de conhecermos o padrão tecnológico como ele hoje se apresenta. Se nos colocarmos na posição de um observador no início do século XIX, que estivesse preocupado em melhorar as condições técnicas de produção da agricultura, não seria nenhum anacronismo imaginarmos que este observador pudesse pensar, por exemplo, que bom seria se os solos fossem mais férteis; se pudessem ser eliminadas as pragas que destroem as plantações; se existissem ferramentas mais adequadas para plantar, cultivar e, até, colher; se existissem ferramentas capazes de sistematizar terrenos de difícil acesso, muito inclinados ou encharcados; se as plantas pudessem ser protegidas das intempéries climáticas e regularmente abastecidas com água; e se as plantas pudessem produzir mais grãos em vez de palha.

Ora, isto é o mesmo que dizer que havia um certo tipo de carência "nocional" de técnicas e de conhecimentos, que potencialmente requeriam métodos para sua formulação e solução. Olhando de hoje para trás fica fácil reconhecer que os métodos foram desenvolvidos e tomaram formas tecnológicas concretas, representadas, respectivamente, pelos fertilizantes químicos; pesticidas químicos; semeadoras, cultivadores e colheitadeiras; tratores; casas de vegetação e sistemas de irrigação por coleta e distribuição de água; e sementes geneticamente melhoradas para obtenção de maior rendimento por planta. Assim, pode-se levantar a hipótese de que foram estabelecidas formas para equacionar e encaminhar soluções para "problemas" técnicos nocionais; em outras palavras, diferentes paradigmas tecnológicos nos quais se desenvolveram trajetórias, onde algumas se sobrepuseram a outras, adquirindo o status de trajetórias predominantes.

Seguindo esta linha, poderíamos propor a seguinte interpretação: a ocorrência de "áreas problemas" no processo de produção agrícola, cujas inspirações podem ser de ordem científica, técnica, econômica e social, tendem a se transformar em "áreas de interesse". Os aspectos mais reveladores destas inspirações foram, respectivamente, a busca das bases científicas sobre os fenômenos genéticos de plantas e animais; a procura de métodos de controle das condições ambientais de solo, clima e da ocorrência de pragas; o aumento da rentabilidade pela busca de maior produção por área, com redução de custos

relativos; e a preocupação com a oferta de alimentos, o que mais tarde ficou conhecido como segurança alimentar⁴².

Na formação do padrão tecnológico atual foram estabelecidos paradigmas tecnológicos e desenvolvidas trajetórias tecnológicas que passaram, em algum momento, pela competição com outras tecnologias possíveis e com aquelas prevalecentes à época. Não se pode perder de vista que antes de existirem tratores; sementes híbridas; nitrogênio, fósforo e potássio em formas assimiláveis pelas plantas, granulados e ensacados; inseticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas e acaricidas, já existia produção agrícola com o concurso de outras tecnologias. Estes insumos e máquinas modernos formaram trajetórias tecnológicas sobrepondo-se às existentes e concorrendo com outras possíveis.

Os métodos de controle de pragas, por exemplo, não foram sempre métodos que se utilizaram de pesticidas químicos; houve um momento em que concorreram opções de controle biológico, produtos extraídos de plantas e produtos químicos inorgânicos. A extraordinária diversificação de produtos químicos-orgânicos foi uma opção que se tornou preferencial quando já existia uma indústria química implantada e em franco processo de exploração de imensas oportunidades tecnológicas, conforme vimos na seção I.1 do primeiro capítulo. Paralelamente, a eficácia técnica de tais produtos era absolutamente indiscutível: pequenas doses dizimavam populações inteiras de insetos. Os efeitos contra as pragas eram visíveis no curto prazo - aliás, imediatamente visíveis. As descobertas posteriores dos efeitos de criação de resistência nos insetos e dos efeitos cumulativos sobre os animais e sobre o homem foram suficientes para desviar os caminhos para alternativas tecnológicas existentes no próprio paradigma de produtos da química orgânica, mas não foram suficientes para alterar este paradigma: os produtos passaram a levar em conta, gradativamente, os problemas de resistência e de toxicidade no ambiente.

No caso dos fertilizantes o processo foi parecido: estabeleceu-se uma superioridade inequívoca em acrescentar ao solo fosfato hidrolisado com ácido

⁴² Encare-se isto como uma simplificação para efeitos didáticos e não como uma localização dos determinantes das trajetórias e paradigmas tecnológicos. Serve, acima de tudo, para registrar que não encaramos de forma nenhuma o processo de desenvolvimento tecnológico como algo determinado apenas por forças científicas e econômicas. Entretanto, como não pretendemos aqui explorar estes pontos, é necessário deixar o registro de que não ignoramos a existência de inspirações que podem ser localizados fora das esferas que estamos privilegiando.

fosfórico (fostato supertriplo) frente ao guando, ou do sulfato de amônia frente ao esterco animal e mesmo ao salitre do Chile. As respostas eram muito melhores e muito mais rápidas. Diferentemente dos pesticidas, a associação dos fertilizantes aos problemas ambientais demorou mais e ainda não rendeu alterações significativas na tecnologia. Primeiro alertou-se para a salinização de solos provocada pelo efeito combinado de fertilizantes e irrigação, e apenas há pouco mais de 10 anos se alerta quanto aos problemas de contaminação dos lençóis freáticos por nitratos.

Uma pergunta relevante seria: poderiam ter sido desenvolvidos outros paradigmas que não estes? A resposta é sim, poderiam; mas não foram, e qualquer especulação sobre como seria se assim não tivesse sido é um esforço inútil e anacrônico. O que vale a pena é um trabalho de reconstituição dos condicionantes científicos, técnicos (no sentido da viabilidade da aplicação tecnológica do conhecimento científico), econômicos e sociais que levaram àquelas opções. Que constrangimentos e estímulos aconteceram para determinar a predominância destes paradigmas frente a outros possíveis? Este enfoque é útil não apenas do ponto de vista histórico, mas é particularmente útil como método para estudar momentos de transição tecnológica onde se colocam novas pressões para a mudança, ao ajudar a entender o potencial impactante de uma possível nova tecnologia frente às vigentes.

Não apenas entre paradigmas que se colocavam como opções para a formulação e solução de "problemas" específicos, mas também no interior de cada paradigma, certamente ocorreram efeitos excludentes entre as trajetórias possíveis, o que pode ser mais ou menos evidente em cada "área-problema". São exemplos a opção por máquinas agrícolas de grande porte; a opção dos pesticidas fosforados sobre os organoclorados; dos híbridos sobre as variedades, etc. Assim, pode-se admitir que houve trade offs em certos momentos que resultaram na preferência de uma trajetória sobre outras possíveis de explorar.

Como não se pretende neste trabalho empreender um detalhado esforço de arqueologia da tecnologia, os exemplos dados são meras ilustrações daquilo que estamos querendo enfatizar. O importante a apreender é que quando se está vivendo situações de maior potencial de mudança, a análise do processo inovativo deve ter como referências: a) indicações de esgotamento das oportunidades relacionadas aos paradigmas vigentes (tais como custos de P&D, de obtenção de matérias-primas, redução no ritmo de geração de tecnologias,

etc.); b) possibilidades de que inovações radicais venham a conferir sobrevida aos paradigmas em vigor; c) barreiras à entrada e à saída; d) a importância relativa de uma dada área-problema no âmbito da produção, que pode evoluir para situações mais ou menos críticas (um exemplo atual é a questão da produtividade por área ter atingido níveis considerados bastante elevados); e) o surgimento de novas áreas-problema, como ocorre hoje, por exemplo, com o problema ambiental; f) como se repartem e qual a importância das expectativas de lucratividade no curto, médio e longo prazos; g) a importância das estratégias dos agentes econômicos direta e indiretamente interessados no padrão vigente; entre outros elementos a tomar em conta.

As vantagens de tal plano de análise sobre as classificações genéricas de inovações químicas, físicas e biológicas são evidentes. Ele permite distinguir com clareza que entre pesticidas e fertilizantes, ou entre inoculantes para fixação biológica de nitrogênio e matrizes genéticas de aves e suínos, etc.; a origem disciplinar comum é apenas uma informação e não uma explicação. Permite interpretações históricas que não se baseiem em critérios anacrônicos, evitando análises fatalistas e simplistas do tipo que identifica os problemas com as tecnologias específicas que se tornaram a forma mais comum de solução. Por fim, faculta uma perspectiva dinâmica evolutiva do processo inovativo, uma noção evolutiva, na qual os problemas e as potencialidades deixem de ser parâmetros, tornando-se variáveis que se modificam no tempo.

A seguir pretendemos explorar um pouco mais estes aspectos, aproveitando que o momento atual coloca claras possibilidades de mudança nas áreas-problema e nos paradigmas tecnológicos a elas associados.

II.2.3 Novas áreas-problema e perspectivas de mudanças nos paradigmas tecnológicos

Hoje vivemos um momento no qual os paradigmas tecnológicos da agricultura, ou pelo menos parte deles, estão sendo questionados. Há uma confluência de "novos problemas", uns decorrentes dos paradigmas vigentes, outros não, e que indicam a existência de um período de transição, cuja direção não é ainda muito clara, mas cujo sentido é o de que muitos dos elementos que estão na essência do atual padrão tecnológico não encontram mais respaldo nas

inspirações que estão se formando. Motivos de diversas naturezas sustentam essa afirmação:

a) a consciência crescente sobre a contribuição efetiva do padrão agrícola moderno para a degradação ambiental, o que extrapola o debate entre ecologistas e começa a assumir mecanismos institucionais concretos, como nos E.U.A as promulgações do Sustainable Agricultural Adjustment Act de 1989 e do Integrated Farm Management Program Option in the Food, Agriculture, Conservation and Trade Act, de 1990, que em linhas gerais representam dispositivos que estimulam a redução do uso de pesticidas e fertilizantes e combatem a erosão dos solos, através do que vem sendo chamado de sistemas L.I.S.A (Low Input Sustainable Agriculture);⁴³

b) a constatação de que a questão da produtividade já está resolvida do ponto de vista tecnológico, dado que é tecnicamente possível alcançar níveis de produtividade bastante elevados para as principais culturas de interesse econômico;

c) o atingimento de níveis satisfatórios de auto-suficiência alimentar em dois dos três principais pólos econômicos e de desenvolvimento tecnológico do planeta: E.U.A e C.E⁴⁴;

d) a este fato se associa outro, que define uma situação de custos que crescem a taxas maiores que aquelas a que poderiam crescer os preços dos produtos agrícolas, o que vem se traduzindo em políticas nacionais (ou de blocos econômicos) para a sustentação da renda do agricultor, políticas estas cujo fôlego parecem ter atingido seu limite. Na C.E, por exemplo, a agricultura é responsável pela maior parte dos subsídios conferidos a todas as atividades produtivas e assistenciais da Comunidade;

⁴³ Há autores que colocam a idéia de mudança de paradigma na agricultura baseados na questão ambiental, ou seja, na premência em estabelecer novos conceitos e novas técnicas de produção orientadas por critérios de maior integração ao ambiente. Sobre este ponto e sobre uma discussão do sistema L.I.S.A ver BEUS & DUNLAP (1990).

⁴⁴ As taxas de auto-suficiência alimentar na Europa, entre 1966 e 1988, tiveram crescimentos substantivos: o trigo passou de 94% para 119%, o milho de 45% para 91%, o açúcar de 82% para 127% e a carne de 93% para 102%. O leite em pó, que já contava com 169% em 1968, alcançou, em 1982, 395%.

e) os movimentos de reestruturação nos setores industriais ligados à P&D e à produção de insumos, máquinas e tecnologia organizacional para a agricultura, condicionados por fatores de diversas ordens, mormente por aqueles relacionados ao esgotamento de trajetórias tecnológicas (o que se expressa nas reduções das oportunidades tecnológicas, dos graus de apropriabilidade e da importância dos níveis de cumulatividade alcançados), à queda de rentabilidade de suas principais atividades (o que pode estar mais ou menos relacionado ao esgotamento tecnológico) e a alterações nos padrões de consumo de produtos alimentares, no caso específico das agroindústrias processadoras de alimentos;

f) complementarmente, mas não necessariamente decorrente do ponto anterior, o desenvolvimento de novas tecnologias, particularmente da biotecnologia e da informática, representa um largo potencial para o estabelecimento de novas oportunidades tecnológicas, associadas ou não às áreas-problema do padrão vigente.

Relacionando-se aos indicadores acima, mas particularmente ao papel das novas tecnologias neste processo de mudança, BONNY & DAUCÉ (1987; 1989) sustentam a idéia de que estaríamos vivendo um momento de transição, onde novas tecnologias estão iniciando um momentum de confrontação com as trajetórias vigentes. Para eles este enfoque "é uma tentativa de construção, por comparação/oposição ao modelo tradicional, de um modelo técnico agrícola que pode se tornar possível pelas mutações em curso ou previsíveis. Ainda que largamente virtual, permite uma apreensão bastante geral das conseqüências que podem ter o desenvolvimento das novas tecnologias da informação e da biotecnologia." (BOONY & DAUCÉ, 1989:21)

Estes autores apontam alguns pontos de inflexão no padrão vigente que já estariam provocando mutações nas trajetórias. Um deles é a lógica produtivista, que apresenta dificuldades crescentes de se sustentar, ao menos nos mesmos moldes que vem fazendo nos últimos 30 a 40 anos⁴⁵. O segundo ponto seria a inadiável maior atenção ao ambiente, que em grande medida se relaciona com o ponto anterior, dado que a lógica produtivista, da forma como se estruturou, tornou-se necessariamente deletéria ao ambiente, porque utilizadora de práticas

⁴⁵ Entretanto, BOONY & DAUCÉ (1989:25) dizem que isto não significa o abandono da pesquisa para o aumento da produtividade, mas sim que esta deve deixar de ser o objetivo maior dos programas de pesquisa agrônômica.

como adubação pesada, aplicação preventiva de pesticidas, arações e gradeações intensivas, etc. O terceiro ponto de inflexão diz respeito à importância crescente da qualidade do produto agrícola, notadamente do produto alimentar, o que se deve ao processo de reestruturação da indústria alimentar no mundo, às estratégias das grandes cadeias de comercialização e às mudanças nas exigências dos consumidores, que crescentemente valorizam as características organolépticas, nutricionais e estéticas dos alimentos.

BOONY & DAUCÉ (1989:23) apontam para algumas das mudanças que poderiam decorrer destas inflexões: racionalização do uso de água, fertilizantes e pesticidas, segundo necessidades mais detalhadas das plantas, o que pode ser logrado com dispositivos eletrônicos sensíveis a determinadas variáveis e softwares que orientem esta racionalização; ampliação do desenvolvimento de variedades resistentes a pragas e doenças; produção e vulgarização do uso de kits de diagnóstico de doenças vegetais e animais ao nível da propriedade; alimentação científica e automatizada de animais (quando for o caso, como em pequenos animais ou em criações intensivas); entre outros. Uma síntese das características concretas do possível novo padrão pode ser vista no Quadro 3.

Esta perspectiva de transição se opõe às projeções que hoje sustentam transformações radicais na estrutura produtiva da agricultura, como por exemplo as propostas visionárias de GOODMAN *et alii* (1990) que enxergam na biotecnologia o rompimento da própria necessidade da agricultura tal como a conhecemos hoje, pois esta, num futuro indefinido, passaria a ter funções de produzir matérias-primas genéricas (biomassa) para serem transformadas em alimentos por indústrias processadoras.⁴⁶

Partindo do princípio de que um padrão tecnológico complexo e heterogêneo, como é o padrão moderno, não se transforma da noite para o dia e sabendo também que nesta heterogeneidade há situações de maior ou menor premência para as mudanças, as novas tecnologias aparecem antes como elementos viabilizadores da superação de gargalos mais evidentes, promovendo alterações sucessivas no padrão vigente. As possibilidades de uma ruptura

⁴⁶ Não pretendemos nos deter na crítica às idéias destes autores; julgamos que os enfoques que vimos desenvolvendo e que serão ainda mais detalhados na segunda parte deste trabalho constituem, por qualquer ângulo, um campo conceitual diametralmente oposto ao dos autores em referência.

abrupta, embora não deixem de estar presentes - como aliás em qualquer situação -, existem apenas num nível muito abstrato de prospecção, como pretendemos demonstrar com detalhes quando formos tratar dos impactos da biotecnologia na agricultura.

Quadro 3 - Características gerais e técnicas do padrão tecnológico em transição

CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Bases científicas	• Uso de processos de base biológica e de informação.
Bases tecnológicas	• Novas tecnologias de informação e biotecnologias aplicadas à maior parte das áreas (seleção, reprodução, nutrição, prevenção, gestão, mecanização, etc.).
Objetivos da produção	• Qualidade e quantidade, com produção mais diversificada, regulação da oferta, respeito crescente ao ambiente.
Substituição do trabalho por capital	• Máquina substitui em parte o homem no tratamento da informação.
Modo de utilização de insumos	• Possibilidade de ações mais específicas, menos aleatórias e de adaptação mais fina e referida às necessidades.
TÉCNICAS	
Dominante	• Biologia molecular e informacional
Fertilização	• Ainda os químicos, mas: - adaptação fina às necessidades de cada parcela - técnicas biológicas (uso de bactérias e fungos) - tentativa de criação de plantas fixadoras de N ₂ por transferência de genes.
Controle de pragas e doenças	• Controle biológico e integrado; • Criação de variedades resistentes; • Novos métodos de diagnóstico.
Controle de geadas	• Biológica (bactérias anti-cristais de gelo)
Nutrição animal (complementação)	• Uso de probióticos; • Criação de vegetais com menor carência de amino-ácidos; • Adjuvantes de crescimento (somatotropina e beta-agonistas).
Reprodução animal	• Controle do período fértil e ovulação; • Transferência e sexagem de embriões; • Clonagem.
Profilaxia e diagnóstico	• Vacinas sintéticas e recombinantes (estas mais eficazes e menos arriscadas); • Animais resistentes a doenças; • Kits de diagnóstico na propriedade.
Consumo de energia	• Estabilizado graças a: - mecanismos de regulação - uso crescente de mecanismos biológicos ao invés de químicos

Fonte: BONNY & DAUCÉ (1989), modificado por simplificação e por alteração dos conceitos de classificação das inovações.

Antes de encerrarmos o capítulo, seria pertinente apontar para alguns fatos diferenciadores das realidades gerais dos países desenvolvidos (PDs), das dos países menos desenvolvidos (PMDs). Quando nos referimos ao padrão moderno de produzir, estamos falando de algo que se generalizou na maior parte do planeta. É um padrão mundial, e não o padrão por todos adotado, homogênea e indistintamente. É um padrão generalizado porque seus princípios técnicos, científicos e produtivos são amplamente conhecidos e difundidos, embora nem sempre acessíveis nas formas tecnológicas e produtivas concretas. Claro está, desde logo, que há graus de desenvolvimento e de adoção das tecnologias, aos quais correspondem situações mais ou menos críticas com relação aos problemas ambientais, ao atingimento de níveis de produtividade, à importância nos custos de produção, à geração de excedentes, e a todo e qualquer dos aspectos que levantamos acima sobre os limites de sobrevivência do padrão.

Assim, os problemas não são os mesmos para PDs e PMDs. Não obstante os problemas de carência alimentar em grande parte do planeta, mormente nos países do Terceiro Mundo, o fato é que há disponibilidade de alimentos nos dois principais blocos econômicos do mundo, o norte-americano e o europeu, cujos níveis de produção e produtividade são problemáticos para o escoamento e a comercialização, mas não para a disponibilidade física. A difícil situação da estratégia de sustentação de preços da Política Agrícola Comum (PAC), que passa agora por uma profunda reformulação, é um indicador de peso para pensar novos caminhos da pesquisa agrícola.

Esta reformulação, que prevê a contenção gradual de 30% da produção de cereais nos 3 próximos anos, a redução das cotas leiteiras, a redução gradativa dos preços de garantia da carne e o estímulo monetário à manutenção de áreas sem produção, cujo fim é alcançar 15% de terras ociosas⁴⁷, traz implícito a indicação de que o padrão tecnológico da agricultura pode sofrer mudanças sensíveis. No caso europeu, isto se dá fundamentalmente pelos elevados custos de produção. Ou seja, os altos índices de produtividade alcançados se deram a custos muito elevados, que interferem diretamente na competitividade dos produtos agrícolas europeus, indicando um caminho que deve privilegiar

⁴⁷ Política semelhante já é empregada nos E.U.A há bastante tempo.

reduções de custo e que passa necessariamente pela revisão do padrão tecnológico baseado na alta produtividade.⁴⁸

Na mesma direção, embora com especificidades, os E.U.A vêm se defrontando com problemas de sobre-oferta de produtos agrícolas e com conseqüente estreitamento das margens entre preços de mercado e custos de produção. Lá, como na Europa, a política agrícola acaba por financiar parte importante da renda dos produtores, notadamente daqueles que produzem para a exportação, que são beneficiados pelo Encouragement Export Program (EEP).

Por outro lado, nos PMDs não há geração de excedentes, pelo menos como uma regra; os níveis médios de produtividade são em geral muito mais baixos que os verificados nos PDs; os problemas ambientais são de natureza distinta, embora no geral sejam igualmente graves; e o potencial de expansão do padrão tecnológico vigente teoricamente ainda é grande. Há, nesse sentido, um descolamento crescente entre os problemas que afetam PDs e PMDs. Na questão da expansão da produção, por exemplo, as expectativas sobre ganhos de produtividade nos PMDs são muito grandes, mas também é da maior importância o potencial de aumento da produção pela simples incorporação de terras, como pode ser visto na Figura 4. Segundo estudo da F.A.O, coordenado por ALEXANDRATOS (1989:144), a contribuição ao crescimento da produção vegetal até o ano 2000 em 93 países do Terceiro Mundo deverá se apoiar, em primeiro lugar, no acréscimo de rendimento por área (taxas de 1,6% aa.), em segundo lugar na expansão de terras cultiváveis (0,6% aa., onde não se incluem as áreas de florestas tropicais) e por último na intensificação do cultivo.⁴⁹

⁴⁸ Pode-se argumentar que este impasse da política agrícola não resulte, necessariamente em mudanças no padrão tecnológico, desde que haja melhores condições para a comercialização do produto agrícola excedente. Mas o fato é que este é apenas um entre outros fatores que impulsionam na direção de mudanças e sua existência, em nosso entender, potencializa os demais. Se se alcançar uma solução às relações desfavoráveis entre custos de produção e preços do produto agrícola ainda assim outros vetores que impulsionam na direção de mudanças continuarão a agir, como é o caso dos originados nos problemas ambientais, nas oportunidades das novas tecnologias e nas transformações dos padrões de consumo alimentar.

⁴⁹ O estudo trabalha com a perspectiva de aumento de 60% da produção agrícola nos PMDs entre 1985 e o ano 2000. No caso das terras, se projeta a incorporação de 83 milhões de hectares de novas terras e de mais 32 milhões de hectares pelo aumento da intensidade de cultivo em terras já agrícolas, mas não devidamente exploradas se considerado seu potencial. Nesta conta há que se considerar que a distribuição de terras a incorporar é heterogênea e os países da América Latina são os que apresentam maior potencial de exploração desta via. Outro

No caso da produção animal, a projeção realizada no estudo em referência mostra que 46% da produção de carne bovina no ano 2000 deverá vir de incrementos no rendimento por animal (melhoramento genético das raças), 20% do aumento dos efetivos e 34% de melhorias técnicas de produção como melhores pastagens e melhores condições sanitárias e alimentares dos rebanhos. Nesta perspectiva terá papel fundamental a incorporação de resíduos agrícolas como fonte de alimentos para as criações.

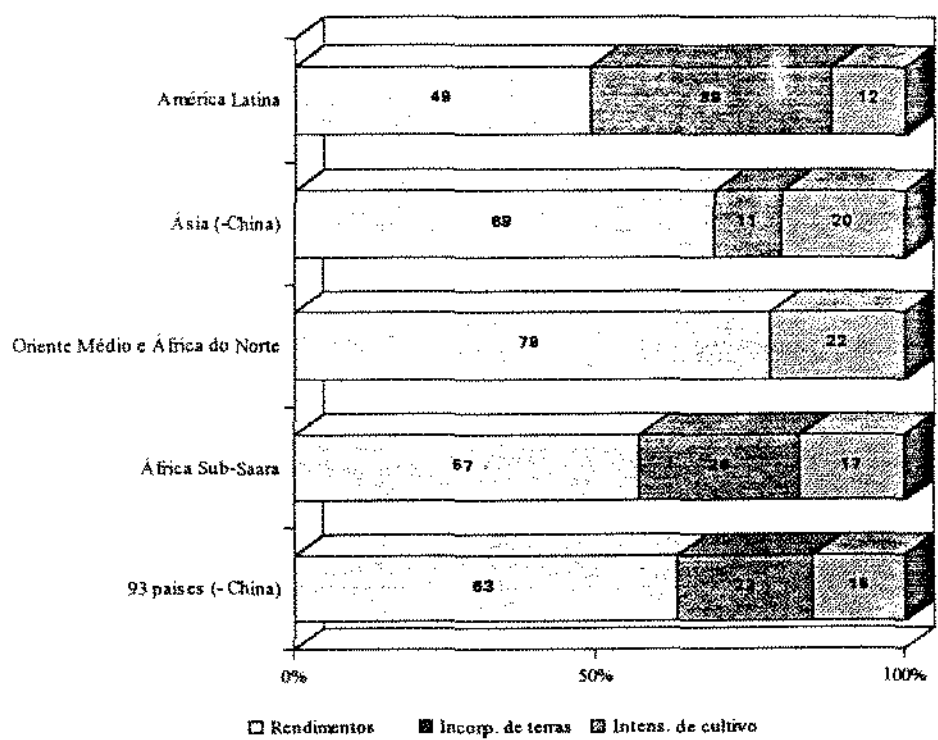


Figura 4 - Distribuição do potencial de diferentes fontes de crescimento da produção agrícola em países menos desenvolvidos

Fonte: ALEXANDRATOS (1989:144)

Os níveis de utilização de insumos industriais entre PDs e PMDs são bastante desproporcionais. Enquanto no conjunto dos primeiros países os insumos representam cerca de 50% do valor da produção, nos PMDs esta participação chega, em média, a 25%. As projeções tendenciais para o

elemento a destacar é que se trata de terras de baixa fertilidade, o que coloca a perspectiva de incorporação de quantidades apreciáveis de fertilizantes.

incremento desta participação até o ano 2000 não mostram variações muito sensíveis. Embora com um crescimento de três a quatro pontos percentuais, conforme mostra o Quadro 4, as taxas de crescimento do consumo da maioria dos insumos deve ser menor do que aquelas observadas nos últimos 30 anos.

Quadro 4 Participação dos insumos na produção bruta (%)¹

Grupos de países	1982/84	2000
93 países menos desenvolvidos	24	27
-África (Sub-Saara)	10	11
-Oriente Médio / África do Norte	36	40
-Ásia (menos China)	24	28
-América Latina	25	29
Países de baixa renda (menos China) ²	22	25
Países de renda intermediária ³	25	29

¹ Os cálculos foram feitos com base nos seguintes insumos: forragens, sementes, fertilizantes, pesticidas, combustíveis e outros custos de funcionamento de máquinas agrícolas e de equipamento de irrigação.

² Países de renda per capita inferior a US\$ 400 em 1985.

³ Todos os outros países em desenvolvimento.

Fonte: ALEXANDRATOS (1989:159)

No caso do emprego de sementes melhoradas ocorrem defasagens semelhantes. Para milho híbrido, por exemplo, que representa a parcela mais desenvolvida da indústria de sementes, SUNDQUIST (1989) mostra que, enquanto nos PDs o uso de sementes híbridas alcança quase 100%, o mesmo não se verifica nos PMDs. O Quadro 5 apresenta a participação de cada tipo de semente de milho segundo diferentes países e regiões.

Quadro 5 -Uso de diferentes tipos de sementes de milho no mundo (1985-6)

	Semente própria	Variedade melhorada	Semente híbrida
Mundo	33	4	63
-Países desenvolvidos	2	0	98
-África	76	9	15
-Ásia	53	7	40
-China	28	0	72
-América Latina	44	7	49
-América Latina menos Argentina e Brasil	64	10	26
-Cone Sul	26	4	70

Fonte: CIMMYT (1987), apud SUNDQUIST (1989)

Em resumo, os dados colocam a seguinte questão: Seria apropriado falar em esgotamento das trajetórias tecnológicas do padrão moderno nos PMDs? Do ponto de vista teórico a resposta é sim, porque estamos considerando um padrão mundial e não é a condição de PMD que torna um país imune às transformações que se processam nos PDs. Ademais, apesar das diferenças gritantes, algumas das áreas-problema (ou novas potencialidades) a que nos referimos acima encontram eco nos PMDs, como é, sem dúvida, o caso da consciência ambiental sobre os problemas da prática da agricultura moderna. Por outro lado, em termos mais concretos, isto não significa que nos PMDs as transformações terão a mesma forma e a mesma intensidade, porque a rigor este padrão ainda apresenta potencialidades de curto prazo nada desprezíveis a estes países.

Em face de tal disjuntiva, cabe perguntar qual seria o resultado da combinação destes ingredientes. Parece-nos importante considerar que a defasagem relativa deve colocar, sem dúvida, uma direção e um ritmo de mudanças diferentes nos PDs e PMDs. Entretanto, vários motivos levam a crer que as mudanças no padrão tecnológico terão, mais uma vez, impacto global. Além da consciência ambiental, que poderíamos incorporar desde logo como uma área-problema que deverá ter a atenção de todos, há dois outros fatores que consubstanciam esta idéia. O primeiro se refere ao fato de que as novas tecnologias aplicáveis à agricultura que estão sendo gestadas nos países

desenvolvidos têm entre os principais atores deste processo de busca de inovações as firmas que hoje são líderes na P&D, produção e distribuição dos insumos utilizados na agricultura da maioria dos PMDs. O segundo se refere à necessidade de compatibilização de parte da produção agrícola às transformações nos padrões de consumo internos e externos, os quais, como dissemos, caminham na direção de valorização de aspectos nutricionais, organolépticos e estéticos, seja de produtos agrícolas in natura, seja de alimentos industrialmente processados.

Em resumo, queremos dizer que o fato de a agricultura apresentar heterogeneidades intra e entre países, não significa dizer que onde o padrão tecnológico vigente não tenha alcançado sua plenitude deva existir uma etapa preliminar, de esgotamento, para posterior incorporação de novos paradigmas tecnológicos. Certamente lags temporais deverão se formar, no sentido de uma maior velocidade nos PDs, mas não há porque imaginar que as mudanças não venham a ser globalmente difundidas.

O que as diferentes realidades colocam de importante para o estudo da difusão do processo inovativo nos PMDs é que as condições de competição entre "novos e velhos" paradigmas, "novas e velhas" trajetórias não serão as mesmas, dadas diferentes condições de esgotamento que hoje se colocam para as diferentes realidades nacionais e regionais.

Na próxima parte deste trabalho discutiremos o potencial que hoje representa a biotecnologia para a agricultura e as perspectivas que se colocam de alterações no padrão vigente em nível geral e para a América Latina e o Brasil em particular.

PARTE II

BIOTECNOLOGIA: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

INTRODUÇÃO

Esta parte do trabalho mostra um panorama geral e faz uma análise da evolução recente da moderna biotecnologia. Antes de mais nada é necessário qualificar o que entendemos por moderna biotecnologia. Em outros trabalhos (SALLES FILHO, 1986; SILVEIRA & SALLES FILHO, 1988) temos enfatizado o fato de que a biotecnologia é, na verdade, um conjunto heterogêneo de técnicas de base biológica, no qual o caráter novo, contemporâneo, e que expressa uma nova perspectiva de encarar os processos produtivos que se utilizam de sistemas vivos, vem de descobertas recentes sobre as bases informacionais contidas nos seres vivos (a configuração, estruturação e manipulação do código genético). Porém, no entorno destas descobertas, um conjunto de técnicas, não necessariamente referidas àquela base informacional, foi também desenvolvida, inovando nos métodos de produção de base biológica. Tais são, por exemplo, as técnicas de cultura de tecidos vegetal e animal, cujo potencial de curto prazo para aplicações comerciais e para a otimização de métodos tradicionais de produção é muito grande e tem sido explorado.

Assim, uma solução possível para qualificar o termo biotecnologia é dividir as técnicas em níveis de sofisticação tecnológica, separando não apenas o novo conhecimento da genética molecular das tecnologias mais tradicionais, como também estes das novas técnicas que não estão necessariamente referidas àquele conhecimento. Teríamos portanto três conjuntos de tecnologias, que podem ser identificados como "tradicional", "intermediário" e "de fronteira", definidos segundo o nível de sofisticação tecnológica. No presente trabalho, sempre que nos referirmos à moderna biotecnologia, ou simplesmente à biotecnologia, estaremos nos referindo aos níveis "intermediário" (cultura de tecidos; fermentações por métodos mais sofisticados de operação e controle; híbridomas) e de "fronteira" (engenharia genética e técnicas de biologia molecular em geral).

CAPÍTULO III - BIOTECNOLOGIA EM NÍVEL INTERNACIONAL E SUA INSERÇÃO COMO NOVA TECNOLOGIA

Este capítulo apresenta uma visão geral do desenvolvimento da biotecnologia no mundo, desde o final dos anos 70, concentrando-se, porém, no final dos anos 80 e início dos 90. Busca evidenciar as principais características deste possível novo paradigma tecnológico, assim como oferecer explicações que justifiquem a forma, o grau e o ritmo do desenvolvimento e dos impactos da moderna biotecnologia no âmbito de suas principais áreas de aplicação.

São analisados os termos em que vêm sendo divulgadas as potencialidades da biotecnologia, a importância e o papel das empresas especializadas que surgiram durante os anos 70 e 80, a participação decisiva de grandes companhias ligadas a setores industriais "naturalmente" relacionados com a biotecnologia e a estruturação de formas organizacionais (notadamente joint ventures) que vêm representando um caminho possível e preferencial até o presente momento. Mostra-se, por fim, que a formação de novas trajetórias tecnológicas está ainda muito pouco definida para que se possa fazer previsões mais arriscadas sobre o perfil econômico e tecnológico que a biotecnologia apresentará no futuro.

Seção III.1 - Os termos de um debate recente

A biotecnologia, assim como outros conjuntos de novas tecnologias, vem sendo discutida segundo seu potencial revolucionário, sua capacidade de, teoricamente, produzir mudanças significativas na base produtiva existente. Existe uma noção bastante difundida de que o enorme leque de opções que, em tese, pode ser explorado, virá, mais dia menos dia, se transformar em realidade. Não apenas uma realidade técnico-científica, mas sobretudo econômica e comercial. Entretanto, a evolução dos fatos põe em dúvida tal extrapolação. É com este intuito que nesta seção pretende-se abordar, brevemente, como se conforma o debate sobre as perspectivas da biotecnologia, extraindo daí importantes indicações para uma proposta de interpretação a ser desenvolvida nos itens que se seguirão.

As visões que tomam como dado o potencial da biotecnologia têm sido predominantes nos últimos 15 anos. Este approach pode ser interpretado como o resultado de dois vetores. Em primeiro lugar o da chamada "onda de novas

tecnologias", que vem se propagando desde o princípio dos anos 70, pela qual, na esteira da revolução causada pela microeletrônica, vislumbrou-se uma outra, que seria causada pelos avanços na biologia molecular. A coincidência de certos fatos, especialmente aqueles ligados à descoberta de técnicas de manipulação do ácido desoxiribonucleico, o ADN, no mesmo momento histórico em que se consolidava a aplicação comercial da microeletrônica e em que vários setores tradicionais da indústria começavam um movimento de reestruturação técnica e econômica (que segue até os dias de hoje), ajudou a estruturar uma opinião coletiva de que a biotecnologia seria, de fato, mais uma radical transformação no padrão industrial e tecnológico vigente.

Não foram poucos os prognósticos que apontaram nesta direção. Do Escritório de Avaliação Tecnológica do Congresso Americano (OTA, 1984), ao Programa Europeu de Prospectiva e Avaliação Tecnológica (FAST), passando por diretrizes nacionais na maior parte dos países (por exemplo, o Programa Nacional de Biotecnologia brasileiro - PRONAB, 1982 -, para lembrarmos de eventos mais próximos), a conclusão era uma só: na sequência dos espetaculares impactos da microeletrônica, o mundo passava por uma nova revolução tecnológica, desta vez baseada no domínio dos processos que regem os fenômenos biológicos.

O segundo vetor foi o do entusiasmo de profissionais ligados às ciências biológicas, notadamente eméritos pesquisadores, que viam suas áreas de conhecimento, antes voltadas essencialmente à pesquisa básica, tornarem-se campos potenciais de geração de novas e revolucionárias tecnologias. BUSH *et alii* (1991) entendem o entusiasmo com a biotecnologia nos últimos anos como derivado de "uma única fonte de informações": os cientistas, que são "tremendamente viesados". Este entusiasmo esteve presente em boa parte das publicações sobre as perspectivas da biotecnologia durante mais de uma década, persistindo, ainda hoje, em publicações internacionais de peso.

Em números agregados, o Quadro 6 dá uma idéia do nível especulativo que o tema assumiu no começo dos anos 80, quando foram feitas várias previsões para os mercados da biotecnologia.

Quadro 6 - Previsões sobre o mercado mundial de biotecnologia realizadas no início dos anos 80 (US\$ 10⁶)

Fonte	1985	1990	1995	2000
Business Communications Co.	59 (1982)	13000		
Genex Co.		10000		
International Resources Development	520	3000		
Predicasts Inc.			18600 (saúde)	
UNESCO		50000		
International Planning Information		4500		9000
Congresso Americano				14600
T. A. Sheets & Co.		7000		64000

Fonte: Congresso Americano, apud GRANRUT & SAMANIEGO (1990)

Como pode ser notado, a amplitude de variação entre algumas previsões alcança níveis bastante elevados. Tendo sido sistematicamente refeitas, tais perspectivas, ao longo da década dos 80, tiveram um elemento em comum: foram sempre revistas para baixo. O relatório da consultoria Ernst & Young de 1991, assinado por BURRILL & LEE Jr. (1991), aponta que as projeções para 1990 estiveram longe de ter suas marcas atingidas; ademais, as perspectivas de vendas para os próximos 5 anos, que em 1990 indicavam um múltiplo de 10, em 1991 mostravam um múltiplo de 8. Nada a estranhar de projeções equivocadas caso não houvesse já cerca de 15 anos de experiência sobre os mesmos mercados. Se tomarmos o ano de 1990 no Quadro acima, e compararmos com o mercado biotecnológico calculado *ex post* para este mesmo ano, que foi de US\$ 3,0 bilhões, então veremos que apenas duas projeções, justamente as menores, conseguiram aproximar-se da realidade.

Num nível mais particular da discussão - o do debate sobre a inserção do Terceiro Mundo na nova divisão internacional do trabalho, a partir de supostas vantagens (ou desvantagens) que o surgimento da biotecnologia colocaria a estes países -, pode ainda ser identificado um terceiro vetor. Neste contexto, há uma gama diversificada de enfoques que trabalham com o pressuposto das grandes transformações causadas pela moderna biotecnologia. Há aqui autores adeptos de

uma visão normativa de oportunidades de melhor inserção, colocadas pela mudança do paradigma, assim como outros que vaticinam perigos de uma marginalização ainda maior nesta mudança. No primeiro caso, são ponderadas oportunidades de estreitamento do gap em relação aos países desenvolvidos, dado a possibilidade de especialização em ramos das novas tecnologias de base biológica. Nesta perspectiva, encontram-se desde enfoques teórico-metodológicos ligados à concepção do leapfrogging e das "janelas de oportunidades" (PEREZ & SOETE 1988; OCDE, 1989)², até aqueles mais operacionais, preocupados com meios técnicos (e práticos) para a solução de problemas cruciais dos Países Menos Desenvolvidos (PMDs), ligados a organismos internacionais como UNESCO, UNIDO, CEPAL, IICA, entre outros (por exemplo, os trabalhos de SWAMINATHAN, 1982; DA SILVA, 1982; SASSON & DA SILVA, 1983; JAFFÉ, 1991).³

No segundo caso são particularmente ilustrativos os trabalhos de sociologia rural sobre impactos na agricultura do Terceiro Mundo, elaborados, por exemplo, por KENNEY (1986), KLOPPENBURG Jr. (1988), BUTTEL *et alii* (1990), BUSH *et alii* (1991). Estes, como a maioria dos autores, tinham como dado os impactos das novas tecnologias de base biológica. No caso brasileiro e latino-americano registrava-se praticamente o mesmo fenômeno. A literatura aqui, como em toda a América Latina, seguia o tom das publicações internacionais que tratavam das perspectivas da biotecnologia. São exemplos os trabalhos preocupados com as oportunidades dos países do Terceiro Mundo, como os de QUINTERO (1985), DI PRISCO & TEXERA (1986) e GONZALES & QUINTERO (1986). Por outro lado, desenvolveram-se também trabalhos voltados aos impactos da biotecnologia sobre a agricultura, como por exemplo FOWLER *et alii* (1988), WILKINSON (1989), GOODMAN *et alii* (1990), entre

² Cabe lembrar que Perez & Soete não estavam particularmente preocupados com a biotecnologia, mas sim em desenvolver elementos teóricos que pudessem ser encarados de forma normativa para alicerçar políticas de C&T para países em desenvolvimento.

³ À exceção de JAFFÉ (1991), que tem uma visão mais ampla dos problemas de capacitação, os outros autores estão particularmente preocupados com o problema da segurança alimentar nos PMDs, acreditando que esta possa ser atingida por meios técnicos, já que para boa parte deles a causa da fome remete a uma questão de oferta inadequada. SWAMINATHAN (1982), na condição de Diretor do Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz das Filipinas (IRRI), advogava o caráter social da moderna biotecnologia, que viria como meio para "aliviar a fome".

outros.⁴

A convergência destes três vetores levou a uma idealização das expectativas sobre o conteúdo revolucionário da biotecnologia, que se tornaria, no curto prazo, tão impactante quanto a microeletrônica. Em consequência, o debate perdeu grande parte de sua funcionalidade, tornando-se caudatário de uma projeção apressada de certas tendências.⁵ Em paralelo aos fóruns especializados, ou seja, ao nível do senso comum, tal forma de ver as coisas foi potencializada, dado o enorme fascínio que o tema invoca, retro-alimentando uma visão futurista.

YOXEN (1984) talvez seja um dos melhores exemplos de pesquisadores da área de política de ciência e tecnologia que conseguiram retratar esta potencialização. Mostrando-se ao mesmo tempo perplexo e desconfiado com a avalanche de estudos que alertavam para a revolução biotecnológica, ele discute, em seu livro "The Gene Business", como este tema é um excelente "caldo de cultura" para elocubrações futuristas. O autor abre o livro pontificando com perplexidade que "muitas das coisas que eram discutidas como ficção científica há 5 anos, estão agora acontecendo. Isto não é apenas uma mudança tecnológica, mas uma nova forma de ver as coisas (...) O mundo vivo pode agora ser visto como um grande kit de Lego® biológico, inventando combinações, hibridizações e sendo continuamente reconstruído (...) Cientistas podem agora intervir na natureza, elaborando-a, como um designer de microchip decide quais funções irá uma peça de silicone realizar, ou como um engenheiro de hardware seleciona módulos com os quais constrói um sistema de processamento de dados" (YOXEN, 1984:2). A perplexidade expressada nestas frases, mais do que uma

⁴ Apenas para ilustrar o conteúdo destas proposições, vale adiantar que os autores que tratam a questão dos impactos sobre a agricultura dos PMDs argumentam que a biotecnologia provocará um deslocamento dos produtos tradicionalmente exportados, em função das possibilidades de serem superadas barreiras naturais de produção, com aquelas de clima, solo e fotoperíodo, sendo estes produtos (cacau, café, açúcar, dendê, baunilha, entre outros) ou substituídos por similares feitos em laboratório, ou expostos a um aumento da concorrência pela disseminação das culturas em diversas regiões do planeta. WILKINSON (1989) vai mais além, apontando para uma tendência em curso de deslocamento da produção agrícola por processos agro-industriais. Voltaremos a estas questões mais adiante.

⁵ Embora de conteúdos distintos, o elemento comum que une estes trabalhos está na aceitação da idéia de que a biotecnologia teria seu potencial realizado em pouco tempo. Alguns trabalhos chegavam a partir de uma situação imaginária onde todo o potencial técnico e econômico da biotecnologia já estaria revolucionando a base produtiva e reestruturando vários setores.

boa representação da perspectiva dominante entre fins dos 70 e início dos 80, revela o fascínio que este tema desperta nos indivíduos, fascínio este que, em certa medida, responde pelas expectativas a que nos referíamos acima. Com isto queremos dizer que a precipitação dos prognósticos se explica, também, pela sedução futurista que o tema naturalmente desperta.

Mas não foram apenas visões estritamente ligadas às oportunidades da ciência e da tecnologia que tiveram lugar. Alguns autores desde cedo mostraram que os fatos em curso requeriam cautela nos prognósticos. O próprio YOXEN (1984), após demonstrar seu fascínio, aponta, desconfiado, para os problemas concretos que a biotecnologia haveria de enfrentar, alertando especificamente para os longos períodos de retorno dos investimentos e para os enormes problemas técnicos que os cientistas jamais tiveram pela frente. A mera observação factual era suficiente para levantar hipóteses que contradiziam as projeções.

CASSIOLATO & ANCIÃES (1985), por exemplo, já adiantavam que as projeções sobre o futuro da biotecnologia, feitas com base nos avanços da microeletrônica, careciam de exatidão, haja vista a singularidade do desenvolvimento desta indústria que combinou redução de custos e melhoria de desempenho "de forma rara na história do desenvolvimento tecnológico". Os mesmos autores, citando Rip & Van der Es (1980), concordam com o fato já então observável de que a estrutura industrial vigente, apesar de mutante, obstruiria o desenvolvimento da biotecnologia, retardando seu avanço⁶. Na mesma direção vão DUCOS & JOLY (1988), que argumentam pelo lado da inserção dos grandes grupos da química, da farmacêutica e do setor alimentício, cujo poder de direcionamento das atividades de P&D no contexto internacional do desenvolvimento da biotecnologia, em face das impressionantes somas investidas em pesquisa, seria um fator de considerável peso.

GADELHA (1990), trabalhando com os impactos da biotecnologia no setor saúde, mostra que mesmo na área de produção de fármacos existem fortes obstáculos à concretização do potencial da moderna biotecnologia. Estes autores

⁶ Entretanto, estes autores não fugiram à tentação de prognosticar a revolução biotecnológica, dizendo que a biotecnologia se encaminhava para uma fase onde haveria um salto tecnológico equivalente à fase da descoberta do transistor para a indústria eletrônica. A biotecnologia foi por eles classificada como uma autêntica situação de science push (CASSIOLATO & ANCIÃES, 1985:121 e 135)

baseiam-se particularmente na observação empírica das dificuldades que muitas Novas Empresas de Biotecnologia - NEBs, encontraram para se estabelecerem comercialmente.

Os autores que enfocaram a evolução das NEBs, tinham à sua frente um indicador incontestado de que algo não corria como se esperava: o decréscimo na criação destas empresas especializadas a partir de 1983. PISANO *et alii* (1988), por exemplo, analisando a queda do número de empresas criadas por ano nos EUA, que passou de uma média de 53 empresas criadas no triênio 1981-83, para 16 entre 1984 e 1986, chegando a menos de 5 empresas em 1986, mostram que isto se deve ao refluxo de expectativas em relação à biotecnologia que, segundo os autores, pode ser devido à dificuldade das NEBs em convencer os investidores de que valeria a pena correr os riscos de permanecer no negócio.

Com um enfoque um pouco distinto, SILVEIRA & SALLES FILHO (1988), observando o desenvolvimento da biotecnologia vegetal, argumentam que, na maioria dos mercados por ela afetados, não ocorre ruptura de trajetórias tecnológicas. Os autores partem do pressuposto de que o desenvolvimento da biotecnologia, antes de se dar como formação de novos setores, dá-se como continuidade de trajetórias de setores industriais existentes. Defendem a hipótese de que a biotecnologia vegetal vem introduzir inovações incrementais e por vezes radicais nas trajetórias existentes das indústrias que geram tecnologia para a produção agrícola, como são as de pesticidas, fertilizantes, de processamento de alimentos e, principalmente, sementes.

Alguns trabalhos tinham por detrás a concepção de que os processos evolucionários (e a mudança técnica é um processo como este) não são mapeáveis por projeções de tendências ou por prospectivas precisas. ORSENIGO (1989), estudando o caso da biotecnologia sob esta ótica, ressalta que, seja por razões teóricas ou pela simples constatação de que os dados são extremamente poucos, nenhuma predição com base em métodos e conceitos científicos poderia ser superior a uma mera suposição.

Esta parte da literatura, que será melhor discutida no decorrer deste capítulo, destacava o caráter de elevada incerteza quanto ao desenvolvimento da biotecnologia, apontando para as barreiras que se colocavam, cada vez mais evidentes, à realização do propalado potencial das novas tecnologias de base biológica. Apontava, entre outras coisas, que as dificuldades de apropriabilidade

seriam imensas, que as oportunidades para os países do Terceiro Mundo estavam cercadas por condições de todas as ordens e que os impactos na organização dos mercados seriam muito mais lentos e sutis do que se imaginava. Registram-se, nesta perspectiva, além dos já citados, os trabalhos de KATZ & BERCOVICH (1988), ORSENIGO (1989), OAKLEY *et alii* (1990), AVALOS GUTIÉRREZ (1990), BRENNER (1991), JOLY & DUCOS (1992), SERCOVICH (1991), entre outros.

Estes autores nada mais faziam do que manter-se numa posição mais cautelosa em relação às inúmeras oportunidades atribuídas à biotecnologia. A preocupação fundamental era a de acompanhar o desenvolvimento, examinando seu ritmo, sua forma e seu grau. Neste sentido, três aspectos relacionados entre si tornaram-se por demais evidentes: a) as dificuldades de diversas NEBs, que faliram, fecharam, foram adquiridas, ou redirecionaram seus objetivos; b) a falta de produtos biotecnológicos de ponta no mercado; e c) as lacunas entre o conhecimento teórico e os meios técnicos para colocá-lo em prática.

A principal diferença, portanto, entre um e outro "grupo" de opiniões diz respeito à perspectiva pela qual se enfoca o problema. A história recente da biotecnologia não deu motivos suficientes para que se acreditasse em situações de impacto econômico tão radicais quanto aquelas verificadas na microeletrônica. A observação de como a biotecnologia se desenvolvia, de como se inseria nos mercados existentes e de como criava novos mercados revelou, desde o início, que não se estava diante de um novo setor da economia e que não havia uma nova indústria - como era, por exemplo, a da informática -; que as oportunidades aos países pobres baseavam-se em vantagens estáticas, que se volatilizariam no curso das tendências; e que havia uma profunda setorialização dos impactos econômicos. Tais constatações, no correr do tempo, forçaram mudanças nos diagnósticos e nas previsões e boa parte daquela visão mais entusiasmada teve que render-se aos fatos.

No que diz respeito aos objetivos deste trabalho, esta introdução serve para levantar dois pontos: primeiro, de que se deve buscar, antes de mais nada, dados e informações que permitam desenhar um perfil correto do que está ocorrendo pelo mundo nas áreas de aplicação da biotecnologia; segundo, de que as ferramentas para análise podem ser mais eficazes se buscadas no âmbito da formação dos regimes e das trajetórias tecnológicas, que podem ser identificados nos diversos mercados onde a biotecnologia se desenvolve.

Como veremos adiante, as expectativas de impactos criadas pela biotecnologia nos mercados farmacêutico, de alimentos processados, de sementes, de pesticidas, de criação animal, de controle ambiental, de equipamentos, etc., não podem ser julgadas fora do âmbito da dinâmica técnica e econômica destes mercados, já que não se trata de analisar o surgimento da indústria biotecnológica, mas sim o surgimento de novas tecnologias cujo uso está, preponderantemente, inserido em setores consolidados e de alcance global. Como aponta STANKIEWICZ (1990:15), "a natureza e significância da inovação é assim em grande medida uma função do caráter e da estrutura onde ela toma lugar".

Seção III.2 - Evolução e situação presente da biotecnologia em nível internacional

Esta seção apresenta dados sobre a forma e o ritmo do desenvolvimento da biotecnologia na última década, com ênfase no final dos anos 80 e início dos anos 90. Mostramos aqui que as direções que de fato podem ser verificadas pela experiência recente, estão intimamente relacionadas com as estratégias das grandes corporações que atuam nas áreas direta e indiretamente relacionadas à moderna biotecnologia. Complementarmente, evidenciamos o fato de que há outros condicionantes - como aqueles que se referem às limitações de conhecimento e aos mecanismos institucionais de regulação e controle da atividade científica e produtiva - cuja influência têm sido igualmente central no delinamento dos rumos da biotecnologia. Assim, é com base no confronto que se estabelece entre as trajetórias tecnológicas vigentes e as múltiplas possibilidades de conformação de novas trajetórias, que iremos analisar as oportunidades tecnológicas existentes no âmbito da moderna biotecnologia.

III.2.1 Alguns indicadores da evolução recente

Alguns dados dos últimos 3 a 4 anos mostram que a evolução da biotecnologia tem sido lenta e irregular no que se refere aos setores envolvidos. Para começar, foi apenas em 1989 que um número razoável de firmas especializadas registraram, nos EUA, lucro líquido positivo. De uma amostra de 500 empresas analisadas, apenas 1/4 apresentou lucro líquido. O faturamento

total daquelas empresas foi, no mesmo ano, de Us\$ 1,2 bilhão, sendo que 63% disto foi, em média, aplicado à P&D. Registrou-se também que as empresas ligadas ao desenvolvimento de produtos terapêuticos e a insumos agrícolas tinham, com frequência, gastos em P&D que ultrapassavam 100% do faturamento. Os problemas de financiamento foram apontados como os mais graves: 62% de todas as empresas tinham necessidade de ampliar suas fontes de financiamento em um ano; 59% das pequenas e 35% das médias empresas não sobreviveriam 12 meses sem financiamento imediato. (GEBM, 1990)

Pode-se argumentar que indústrias nascentes, baseadas na ciência, e obrigadas a lidar com processos de alta tecnologia, têm mesmo necessidades de elevados volumes de financiamento e gastos com P&D. Ocorre que muitas destas empresas estão nesta situação há mais de uma década, lutando para tornar rentável o negócio biotecnológico, tendo chegado a um ponto em que as dificuldades de vender o negócio a possíveis fontes de financiamento tornou-se maior do que o esperado.

A net burn rate⁷ da amostra foi positiva para todos os segmentos de mercado analisados⁸, à exceção do fornecedor de equipamentos para biotecnologia, único a apresentar medida negativa, ou seja, a apresentar vendas maiores que os gastos incluídos na burn rate. Entre 1990 e 1991, 65% das empresas aumentaram as burn rates de P&D, sendo que os segmentos de produtos farmacêuticos terapêuticos e os de biotecnologia agrícola foram os que mais aumentaram estes índices. Também 56% das firmas aumentaram suas net burn rates neste período, com destaque para os segmentos de produtos diagnósticos, terapêuticos e de equipamentos.

A evolução do survival index⁹ entre 1990 e 1991 mostrou que as empresas de biotecnologia tentaram diminuir seus riscos financeiros por meio,

⁷ A burn rate serve para medir quanto dinheiro por mês a empresa está consumindo. Divide-se em 4 tipos: de P&D; de tecnologia - que é a soma dos gastos com P&D com a média dos gastos mensais com capital fixo; overall burn rate - é a soma de todos os custos e gastos mensais; e a net burn rate - que representa a overall menos as rendas mensais médias da firma, que dá uma idéia do consumo líquido de recursos financeiros. (BURRILL & LEE Jr., 1991).

⁸ Os segmentos de mercado foram classificados em: produtos terapêuticos, de diagnóstico, agrícolas e alimentares, e de equipamentos e insumos para biotecnologia.

⁹ Representa a net burn rate sobre a disponibilidade de reservas das firmas (cash book). (BURRILL & LEE Jr. 1991).

principalmente, do aumento do faturamento (61 % da amostra); entretanto, 27 % reduziram seus riscos através da diminuição dos gastos. Setorialmente o segmento agro/alimentar foi o que apresentou maior proporção de redução via diminuição dos gastos: 50% das firmas procuraram tal caminho.

Com relação aos balanços das firmas, registrou-se que apenas aquelas maiores (com mais de 300 empregados) tiveram balanços positivos. As pequenas (com até 50 empregados) foram as que contabilizaram maiores prejuízos.

O Quadro 7 apresenta dados referentes à estrutura de receitas e despesas da amostra analisada por BURRILL & LEE Jr. (1991).

Quadro 7 - Estrutura de receitas e despesas médias de 422 empresas americanas de biotecnologia.

Receitas / Despesas	Desempenho médio	
	Valor (mil US\$)	Porcentagem
Receitas		
- vendas de produtos	9.455	68
- contrato de pesquisa	2.798	20
- royalties e similares	252	2
- outros	1.343	10
Total	13.848	100
Custos e Despesas		
- com venda de produtos	4.123	26
- geral e administrativo	4.635	30
- marketing e vendas	309	2
- P&D	5.772	36
- juros	330	2
- outros	700	4
Total	15.869	100
Renda líquida (perda)	(2.242)	(15)

Fonte: BURRILL & LEE Jr. (1991), resumido

Os dados apresentados pelo Quadro 7 apontam algumas características interessantes da situação da biotecnologia nos EUA:

a) Em primeiro lugar, registra-se um desempenho pouco favorável dos investimentos, que apresentaram prejuízos médios de mais de US\$ 2 milhões;

b) Na estrutura de receitas, a participação da venda de produtos já é majoritária, embora longe de cobrir os custos;

c) A participação dos royalties e similares é muito baixa, revelando, de um lado, os ainda restritos mecanismos de apropriabilidade e, de outro, uma preferência pela comercialização de produtos finais que de processos e produtos intermediários, como é o caso dos organismos geneticamente modificados;

d) Nota-se também como os custos com P&D representam a maior parcela dos gastos, seguido de perto pelos chamados custos de venda do produto, onde residem despesas com testes e registros.¹⁰

Em termos de partição setorial das atividades, a distribuição encontrada na amostra deste mesmo estudo foi a seguinte: 35% em terapêuticos humanos; 28% em diagnóstico humano; 8% em agro-alimentar (sendo 4% em plantas, 3% em pesticidas e 1% em alimentos processados); 18% em fornecedores (sendo 8% em equipamentos, 5% em especialidades químicas e 5% em reagentes); e 11% de outros (4% saúde animal, 7% outros). Se agregarmos os dois primeiros mais o de saúde animal, teremos que o segmento farmacêutico representou 67% da amostra; por outro lado, o agrícola apenas 4% .

OAKLEY *et alii* (1990), estudando uma amostra de 150 empresas envolvidas com biotecnologia na Grã-bretanha, discutindo a evolução de NEBs e suas condições de desenvolvimento, mostram que há um perfil desequilibrado entre os segmentos de mercados onde as firmas atuam: 43% em equipamentos; 21% em saúde humana; 16% em controle ambiental; 4% em especialidades químicas; 4% em alimentos; 3% em agricultura vegetal; 3% em pecuária; e 5% em outros.

Comparando a partição setorial, existente nos EUA com a Grã Bretanha, notam-se principalmente 3 diferenças, sendo a principal a maior participação de empresas de equipamentos neste último país: 43% contra 18% das amostras. Além desta, a presença de empresas na área de saúde humana nos EUA é muito

¹⁰ Neste mesmo relatório registrou-se uma queixa generalizada entre as empresas, referente ao "rigor" da legislação para aprovação e liberação no mercado de produtos biotecnológicos. Tal situação para as empresas é causa direta do atraso na entrada de novos produtos no mercado e da ainda desfavorável estrutura de custos. Sobre os aspectos institucionais envolvidos na evolução da biotecnologia, voltaremos mais adiante.

maior que na Grã-Bretanha (embora também seja grande em termos relativos): 63% contra 21%. Já na participação na área de controle ambiental ocorre o inverso. Por outro lado, a área agrícola tem para ambos países um percentual bem abaixo do esperado.

Estas diferenças mostram, entre outros aspectos, a força que a área de saúde humana representa nos EUA, o que sem dúvida é um resultado tanto do investimento maciço em pesquisa no National Institutes of Health, berço do surgimento da moderna biotecnologia, como do interesse das companhias farmacêuticas em processos biológicos de obtenção de novos fármacos (como será visto adiante)¹¹. Mostram também como o segmento de equipamentos e insumos para a biotecnologia vem apresentando expressiva participação, evidenciando, por um lado, o impacto da biotecnologia nos segmentos voltados à geração de bens de produção e intermediários e, por outro lado, mostrando a relativa fragilidade de certos mercados considerados centrais para a biotecnologia, cuja evolução vem se dando muito aquém do seu potencial.

III.2.2 Novas firmas, velhos setores

Um indicador frequentemente lembrado para ponderar a evolução recente da biotecnologia é o do comportamento das NEBs. Criadas em sua maioria a partir de pesquisadores conceituados de universidades americanas (entre eles alguns Prêmios-Nobel, como foi o caso da Cetus Co.), a trajetória destas empresas foi, de início, meteórica. As empresas entraram no mercado de ações e colocaram seus papéis de forma rápida e eficiente, captando recursos vultosos para o desenvolvimento de seus projetos.¹² A Genentech, por exemplo, criada em 1976, e transformada em empresa de capital aberto no final da década, colocou, em 1980, cerca de 1 milhão de ações, cujo preço nos anos seguintes

¹¹ A propósito disto, GRANRUT & SAMANIEGO (1991) dizem que 10% dos produtos terapêuticos em estado de P&D nos EUA, em 1989, eram oriundos da moderna biotecnologia, o que significava um nível 3 vezes superior a qualquer outra área de aplicação (excetuando-se, é claro, equipamentos).

¹² As NEBs foram criadas em vários países, mas foi principalmente nos EUA que este modelo mais se desenvolveu. JOLY & DUCOS apontam 3 fatores para explicar o fenômeno: a) rápido crescimento de disponibilidades financeiras no país durante os anos 70; b) presença de sociedades de risco fundamentais ao empresariamento das atividades; c) mudança de postura das áreas de ciências biológicas das universidades americanas, em direção ao setor produtivo.

passou a flutuar entre US\$50 e US\$80 (BONACELLI, 1992).

Já em 1983, com as sucessivas postergações dos resultados e com o aumento da desconfiança dos investidores sobre o futuro destas empresas, o quadro começou a reverter-se. Os prejuízos médios calculados da performance de 12 das maiores NEBs em 1984 e 1985 foram da ordem de US\$ 2,3 e US\$ 2,25 milhões. Assim, o eixo da sustentação financeira começou a ser deslocado do mercado de capitais para a busca de parceiros de elevado porte econômico interessados na biotecnologia. As NEBs passaram a valorizar aquilo que tinham de melhor: uma curta porém relativamente elevada experiência em P&D biotecnológica. Isto, em outras palavras, significou a valorização dos serviços e das parcerias para pesquisa e comercialização, em detrimento da busca dos mercados finais. Conformaram-se assim, no que AVALOS GUTIÉRREZ (1990), citando Sábato, chamou de "boutiques de tecnologia".¹³

PISANO (1991) aponta que, no início, muito provavelmente sem a intenção dos seus fundadores, a biotecnologia, por conta do papel que cumpriam as NEBs, assumiu um perfil de um "fornecedor especializado" em P&D (segundo a classificação de PAVITT, 1984). Afirmava ainda que a biotecnologia surgiu como um mercado para P&D, onde as NEBs estavam no lado da oferta e as firmas estabelecidas no lado da demanda. Embora isto tenha se verificado na prática, esta visão só é admissível como uma constatação dos fatos, nunca como sua explicação. Este alerta é válido porque a intenção quando da implantação das NEBs não era a de fornecer apenas conhecimento, mas principalmente produtos aos mercados finais e intermediários.

OAKLEY *et alii* (1990), pesquisando as empresas de biotecnologia na Grã Bretanha, verificaram dois fatos: a prolongada falta de lucros nas NEBs, gerando recorrentes necessidades de aportes financeiros, e a seletividade de curto prazo imprimida pelo estilo das grandes companhias envolvidas. Destarte, concluem

¹³ Há um fato interessante que pode ajudar a entender o que aconteceu com as NEBs: uma grande parcela de empresas foi fundada por cientistas sem experiência empresarial. Na Grã Bretanha, por exemplo, 58% dos fundadores das start ups tinham apenas experiência técnica, 37,3 tinham experiência apenas em negócios, e 4,7% a tinham mista. Com certeza, este não é um fator determinante, pois pode muito bem ser contornado contratando-se serviços profissionais de um ou outro lado. Mas de qualquer forma, serve para ilustrar uma perspectiva um pouco inocente da capacidade de alguns empresários em se estabelecerem em mercados tão competitivos quanto por exemplo o farmacêutico, o agroquímico e o de sementes.

ser pouco provável que a biotecnologia venha a ser uma nova indústria e que as NEBs possam vir a tornarem-se líderes de um novo setor, dado que, atualmente, o sucesso destas firmas "é medido mais em termos de capacidade de sobrevivência que de performance de crescimento" (OAKLEY *et alii*, 1990: 153). Assim, não somente nos EUA, mas também em outros países onde o modelo de NEBs proliferou (e a Grã Bretanha é o principal exemplo na Europa), a capacidade de conformação de um novo setor, baseado em novas empresas, perdeu sentido prático.

Isto não significa, por outro lado, que este tipo de empresa esteja com seus dias contados. Apesar de um grande número de falências, absorções, aquisições e fusões, seguem existindo e crescendo muitas das empresas fundadas entre 1970 e 1985. Recentemente, inclusive, houve um segundo momento de valorização do papel das NEBs americanas, com o surgimento de novas empresas na área de biofármacos, que se apresentaram ao mercado de capitais com o mesmo sucesso observado em 1981. Assim, a partir de 1991 a cotação das ações do conjunto das empresas de biotecnologia voltou a crescer, chegando a janeiro de 1992 com uma performance muito superior à média do mercado de capitais americano (BUSINESS WEEK, 1992). Esta nova situação, antes de representar um renascimento do modelo de NEBs, vem revelar outros fatos muito importantes para a análise da evolução e das perspectivas da biotecnologia:

a) em primeiro lugar, este fenômeno é restrito ao nicho do mercado biotecnológico dos terapêuticos. Virtualmente todas as novíssimas empresas de biotecnologia estão voltadas ao desenvolvimento de produtos terapêuticos de alto valor agregado e a processos de descoberta de novas drogas pela via da engenharia de proteínas.¹⁴ Assim, este não é um fenômeno geral como o ocorrido há uma década;

b) as atividades destas empresas estão calcadas na exploração de um ou

¹⁴ A engenharia de proteínas é a técnica pela qual as novas moléculas são previamente desenhadas para atuarem junto ao genótipo do indivíduo ou ao seu sistema imunológico. A relação com a biotecnologia aqui encontra-se na base do processo, já que são os conhecimentos aos níveis da biologia molecular e dos processos imunológicos que permitem que a molécula ideal seja previamente definida para depois ser quimicamente produzida, invertendo-se assim a lógica de obtenção de novos fármacos baseada no mecanismo de screening, onde são obtidas várias moléculas que depois serão testadas em seus potenciais terapêuticos. A droga que surgirá daí pode até ser fruto de um processo biológico, mas neste novo modo de se fazer pesquisa farmacêutica a via química de obtenção segue sendo a principal.

dois produtos de elevada rentabilidade, que em face dos preços estão voltados ou ao mercado institucional americano, ou aos consumidores de alto poder aquisitivo¹⁵. Este aspecto coloca dois problemas: uma estreita base comercial, fortemente contestável¹⁶; e uma dependência dos sistemas americanos de reembolso dos gastos com medicamentos (Med-care e Med-aid), justo num momento em que há um tremendo esforço para conter os gastos públicos com saúde, que segundo estimativas já montam hoje a 15% do PIB americano (QUINTERO, 1991);

c) nada indica que a elevação da cotação dos valores das ações seja um fenômeno estritamente ligado ao desempenho das empresas. O relatório elaborado por Burril & Lee Jr. destaca, entre outras coisas, que nas questões relativas à manutenção dos investimentos, o principal problema apontado pelas empresas foi a "volatilidade" do mercado de capitais - principal fonte de financiamento depois das associações;

d) Os requerimentos financeiros e de prazos para investir no desenvolvimento de um biofármco não estão longe daqueles necessários na tradicional química farmacêutica, o que impõe dificuldades de diversificação e crescimento das NEBs. O TPA, por exemplo, gastou 7 anos e consumiu US\$ 200 milhões para ser desenvolvido e comercializado (QUINTERO, 1991);

e) as dificuldades de verticalização dos downstream stages da inovação (processamento, recuperação, comercialização e marketing) apresentadas pelas NEBs, as fazem arcar com os elevados custos de transação que se colocam para a biotecnologia em geral, em função: i) da complexidade do desenvolvimento dos processos e do scale-up, ii) dos problemas de proteção intelectual inerentes à transferência de tecnologia em biotecnologia (PISANO, 1991);

f) estas firmas têm pela frente a dura tarefa de inserção em mercados fortemente oligopolizados, como são o farmacêutico, o químico, o de sementes,

¹⁵ O preço do TPA, por exemplo, (droga usada para dissolver coágulo de indivíduos pré-infartados), é de US\$ 2.200 por dose, enquanto que o tratamento anual com EPO (anti-anêmico que age sobre insuficiência renal) chega a US\$ 5.000.

¹⁶ Dois casos típicos são os do desenvolvimento e patenteamento do hormônio de crescimento humano (Protropina®) pela Genentech, que foi logo em seguida posto à concorrência de outro produto com as mesmas propriedades pela Eli Lilly, e do Fator VIII obtido por engenharia genética, cujo patenteamento, requerido pela Genentech, teve de enfrentar a existência do mesmo produto obtido por vias tradicionais e que já se encontrava no mercado.

etc. Some-se a isto os prazos relativamente elevados de maturação dos projetos e as demandas financeiras daí decorrentes, e chega-se a uma situação de estreitos limites para seu crescimento como empresas orientadas à geração e comercialização de novos produtos;

g) o desempenho das pequenas empresas de biotecnologia nos EUA segue sendo sofrível. De um universo de cerca de 1100 empresas que estão ligadas ao negócio da biotecnologia nos EUA, as pequenas empresas (até 50 empregados) representam 76%, tendo as médias empresas (de 51 a 135 empregados) uma participação de 15%, as grandes (136 a 299 empregados) 6% e as chamadas top tier (mais de 300 funcionários) 3%. O problema é que as pequenas vem, sistematicamente, apresentando os piores resultados: para uma média de receitas em 1990 da ordem de US\$ 1,34 milhões, houve uma média de custos e despesas da ordem de US\$ 3,4 milhões e um prejuízo médio líquido de cerca de US\$ 2 milhões, o que corresponde a perdas de 148% (vale lembrar que apontamos acima para os mesmos valores de prejuízo de NEBs em 1984 e 1985, ou seja, US\$ 2 milhões).

Assim, se não se pode afirmar com convicção que as NEBs dificilmente sobreviverão, tampouco se pode seguir aceitando a idéia de que este é um modelo de futuro no movimento de estruturação industrial da moderna biotecnologia. Salvo exceções, grande parte destas empresas está sendo estruturada na perspectiva de associações ou incorporações por empresas estabelecidas dos setores acima mencionados. O espaço para as start-ups segue existindo, apesar dos problemas enfrentados, em face da própria natureza da biotecnologia, que permite a emergência de arquétipos schumpeterianos em nichos de mercado.¹⁷

¹⁷ A importância das pequenas empresas em áreas de ponta é inquestionável. Seu espaço é garantido por aspectos como habilidade para reagir rapidamente a mudanças no mercado, organização interna mais flexível e ágil, forte especialização em áreas do conhecimento paraticamente novas. Entretanto, sua importância varia de acordo com a tecnologia e o mercado onde ela atua (ROTHWELL, 1986). A este respeito ver também o estudo de OAKLEY & COOPER (1991), sobre o papel das pequenas companhias ligada a tecnologias de ponta.

III.2.3 Os setores tradicionais e as novas tecnologias

Retomando a evolução histórica, é importante aqui comentar a inserção das empresas estabelecidas. Ao mesmo tempo em que os primeiros indícios de reversão das expectativas das NEBs começavam a ficar evidentes, foi sendo ampliada a participação das grandes corporações. Estas não estavam, a princípio, diretamente envolvidas na P&D, mas a partir da monitoração dos programas das NEBs e dos primeiros contratos com estas para desenvolver projetos pontuais, começaram projetos sistemáticos, iniciando a P&D in house, adquirindo NEBs e sofisticando as formas de colaboração, seja com as empresas especializadas, seja com universidades e instituições de pesquisa.

Identificam-se na literatura várias explicações para a entrada das grandes corporações químicas, farmacêuticas e de alimentos. No setor farmacêutico, a causa central normalmente apontada refere-se à elevação dos gastos de P&D como resultado de uma diminuição da capacidade das trajetórias tecnológicas existentes em manter ritmos e custos satisfatórios de geração de novas moléculas. Complementarmente a este fato, existe uma relação direta entre o mercado farmacêutico e as inovações biotecnológicas na área de saúde humana, o que por si já seria uma motivação natural ao engajamento das empresas do setor. Os gastos em pesquisa nas principais empresas do setor em nível mundial elevaram-se em 1990 a uma média de 14% do faturamento (SCRIP, 1991), enquanto que em 1980 esta média girava em torno de 6% (OCDE, 1982). Ou seja, em 10 anos um aumento de cerca de 230%.

Acrescente-se ainda um recente processo de concentração do setor em nível internacional, que representa um acirramento da concorrência e que reforça, em face das características concorrenciais baseadas na capacidade de inovação, o referido incremento das inversões em P&D, porque ganha-se maior poder para fazer face aos custos crescentes. GRANRUT & SAMANIEGO (1990) descrevem oito fusões de porte entre firmas farmacêuticas no final dos 80, sendo algumas de gigantes do setor, como da SmithKline com a Beecham inglesa, da Bristol Myers com a Squibb e da divisão farmacêutica da Du Pont com a Merck Sharp & Döhme.

A indústria química (e também a petroquímica) é atualmente caracterizada por uma maturidade econômica e tecnológica que vem provocando queda na rentabilidade de certas commodities, cujos preços internacionais vêm

decrecendo em face, principalmente, da ampliação do número de plantas em países que até fins dos anos 70 não eram produtores tradicionais. Esta ampliação da capacidade de produção, aliada à maturidade tecnológica do setor, podem ser apontadas como causas da entrada de empresas do setor na biotecnologia. Ademais, embora em menor grau, verificam-se aqui também afinidades naturais com produtos biotecnológicos, haja vista a possibilidade de substituição de certos processos químicos por biológicos, como por exemplo, a obtenção de polímeros de origem biológica.

GRANRUT & SAMANIEGO (1990) mostram que o ano de 1989 vai ficar marcado para o setor químico na Europa como de grandes operações de fusão e cooperação entre os grandes grupos que parecem buscar um porte tal que permita o enfrentamento da concorrência internacional, além de conduzir a uma estratégia de internacionalização sobre especialidades e produtos da química fina. Nesta busca de produtos de maior valor agregado e de maior conteúdo tecnológico, a biotecnologia desempenha um papel importante, dado que amplia o leque de opções de diversificação de produtos com estas características.

A indústria de sementes, por sua vez, sofreu, desde os anos 70, reestruturações em seu perfil que a tornaram praticamente um setor ligado a outros, notadamente o químico e o farmacêutico. Um dado relevante é que no final da década passada, entre as 10 maiores companhias de sementes do mundo, 8 eram do ramo de pesticidas, e todas as 10 maiores agroquímicas estavam no ramo de sementes. JOLY & DUCOS (1992) apontam três motivos sequenciais e cumulativos da reestruturação do setor: a) variáveis de ordem técnica, especialmente pelas oportunidades colocadas pela biotecnologia que, em tese, atingem de frente as rotinas inovativas do setor e estimulam novos entrantes; b) variáveis de ordem organizacional, devido à entrada de empresas de outros setores, especialmente companhias químico-farmacêuticas que também atuam em pesticidas; e c) de ordem institucional, pela modificação dos mecanismos de apropriabilidade, derivada da evolução da biotecnologia, e pela alteração do papel da pesquisa pública.

Aqui as relações com as novas técnicas são imediatas e potencialmente tão impactantes quanto no setor farmacêutico. KATZ & BERCOVICH (1988:220-4) discutem o esgotamento tecnológico da trajetória dos híbridos de milho, argumentando que os ganhos de produtividades têm crescido graças ao crescimento mais que proporcional dos custos de pesquisa.

A indústria alimentar passou por um processo de concentração e de centralização de capitais através de grandes aquisições e fusões de grandes grupos alimentares do mundo, entre si, e com novos entrantes de atuação consolidada em outros setores. Nos anos 80 foram feitas mais de 50 aquisições, algumas delas envolvendo cifras na casa dos bilhões de dólares, como a compra da General Foods pela Philip Morris e da Nabisco pela J. J. Reynolds¹⁸. Estes take-overs são resultado de estratégias voltadas à consolidação da presença dos grandes grupos agroindustriais que atuam em nível multinacional e a atender um processo crescente de diversificação da demanda na direção de produtos com características localmente definidas, de maior especialização e, portanto, de menor massificação.

Neste contexto, a biotecnologia passa a ser uma opção importante ao setor alimentar, dado seu potencial de contribuir a este movimento. Diferente dos setores acima comentados, na área alimentar a biotecnologia não se apresenta como solução a gargalos tecnológicos e a problemas concorrenciais, mas sim como uma via complementar ao leque de opções tecnológicas cujo fôlego não vinha dando sinais de esgotamento. Além disto, a indústria alimentar difere substancialmente das demais aqui abordadas quanto à dinâmica inovativa, dado tratar-se de um setor que normalmente faz pouca pesquisa in-house ou colaborativa, usando como principal fonte de inovação a compra de equipamentos e de insumos químicos ou biológicos junto à indústria de bens de capital e à indústria química (classificável como dominado pelo fornecedor). Só recentemente, a partir da segunda metade dos anos 80, é que seus gastos com P&D começaram a aumentar (FANFANI *et alii*, 1992)¹⁹.

Como já foi acima referido, as formas de engajamento das empresas estabelecidas na biotecnologia foram variadas. Entretanto, pode-se identificar uma base comum para o comportamento dos setores: todos estavam e ainda estão vivendo um processo histórico de possível ruptura tecnológica, onde as condições concorrenciais presentes são, na maioria dos casos, bastante instáveis, e a incerteza quanto à mudança de paradigma tecnológico é por demais elevada.

¹⁸ Para uma ampla discussão deste fenômeno ver WILKINSON (1989)

¹⁹ Para se ter uma noção, na França os gastos com P&D na área alimentar representam cerca de 0,2% do faturamento das empresas; a Nestlé, por exemplo, aplica algo em torno de 1,2% de seu faturamento em pesquisa. No início dos anos 80 a média do setor entre os países da OCDE era de 0,4% do faturamento.

Configura-se assim uma fase de transição, onde o comportamento dos agentes é arritmico e descoordenado.

Para JOLY & DUCOS (1992), o comportamento dos agentes é dominado pela obrigação de aprender sem se engajar, remetendo para adiante a fase de consolidação, o que não impede, entretanto, de haver situações de apostas radicais. Neste sentido, o envolvimento das grandes corporações estaria numa fase que comporta, evidentemente, uma elevada diversidade de atitudes, definidas pelas diferentes situações concorrenciais (maior ou menor premência ao engajamento) e pelos diferentes graus de aversão ao risco dos agentes (o que, diga-se, é potencializado pelo ambiente de extraordinária instabilidade).²⁰

Assim é que se encontram desde formas fracamente até altamente engajadas das grandes empresas em relação à biotecnologia. Há casos de total envolvimento, como por exemplo a Monsanto, que desde o início procurou investir em um centro de P&D próprio, onde aportou cerca de US\$ 300 milhões, até estratégias de "vigília tecnológica", que caracterizam a atitude da maioria das empresas.

As fusões e aquisições entre grandes e NEBs passaram a figurar como fatos corriqueiros no noticiário especializado. Houve casos onde o interesse era o de dar um salto na capacitação interna, poupando etapas de aprendizagem, e outros onde o objetivo era a pura e simples encampação das atividades para integralizar os mercados explorados pelas NEBs e/ou para prevenir o crescimento da concorrência. Apesar de repletas de motivos para preferir a colaboração ao engajamento direto (como a incerteza sobre a viabilidade técnica e econômica, o custo da pesquisa e o acirramento da competitividade), algumas das grandes companhias, no início, deram preferência às aquisições, por julgarem importante contar com melhores condições de apropriação dos resultados, e por imaginarem que haveria extraordinários retornos aos investimentos.

A instituição da P&D in-house foi um procedimento lento para a maioria dos casos. Segundo PISANO (1991), analisando os dados publicados pelos relatórios do OTA de 1984 e 1988, até 1980 poucas das grandes comanhias

²⁰ Não se quer dizer com isto que apenas em situações de ruptura iminente é que se define a instabilidade concorrencial. Como já enfatizamos no segundo capítulo deste trabalho, encaramos as situações de mudança como permanentes, na medida em que o processo concorrencial é a expressão da constante geração de assimetrias entre os agentes econômicos.

tinham este tipo de atividade, enquanto que, em 1988, a pesquisa in-house estava presente em 96% dos casos, apesar das fontes externas de P&D ainda serem bastante importantes.

Trabalhando com as expectativas de investimento em sementes por parte das empresas químicas e farmacêuticas, JOLY & DUCOS (1992:222-6) adotam um enfoque de escolha entre investimento direto e irreversível e adoção de flexibilidade, para tentar racionalizar o fenômeno. A partir da adoção de duas fontes de incerteza como variáveis discretas (em relação à patenteabilidade fraca ou forte e ao domínio fraco ou forte das técnicas emergentes), os autores modelizam a tomada de decisão em função de escolhas sequenciais, chegando a três situações possíveis para aqueles que optaram pela flexibilidade: a) se a biotecnologia for um fracasso, ele poderá abandoná-la; b) se for um sucesso e as patentes são fracas, ele deverá comprar uma empresa sementeira para valorizar o potencial tecnológico; c) se é um sucesso e as patentes são fortes, poderá valorizar seu potencial tecnológico fazendo acordos externos. Daí os autores calculam o Valor Atual Líquido por esperança matemática para quantificar as decisões de se investir já (sem flexibilidade) ou em 3 anos (com flexibilidade). Toda esta metodologia serve para mostrar que, na biotecnologia aplicada às sementes, deve-se dar preferência à flexibilidade vis à vis o engajamento irreversível.

Hoje, passados quase 20 anos do início dos investimentos em biotecnologia moderna, ninguém duvida de que a estratégia de vigília teria sido muito mais sensata que o envolvimento de primeira hora. Trata-se, na verdade, do conhecido trade-off que se coloca nos momentos de mudanças radicais entre first e late-comers. Sair na frente ou não há mais de 15 anos era uma decisão muito mais difícil de se tomar do que é agora, quando se conhecem muitas das limitações das oportunidades da biotecnologia.

Errando ou não nas suas decisões (coisa que mesmo hoje é difícil de se avaliar, dado que muitas das condições de incerteza que existiam há 10 anos prosseguem até hoje), as formas de engajamento variaram da verticalização pela aquisição de NEBs e estruturação de centros próprios de P&D em biotecnologia, e cooperação, passando por uma variada gama de formas de colaboração entre firmas, universidades e institutos de pesquisa.

III.2.4 A cooperação como arranjo necessário em uma fase de transição

Mas a forma mais comum de entrada, já a partir de meados dos 80, foi a dos acordos, que passaram a integrar o dia-a-dia da biotecnologia, expressando assim uma nova fase de estruturação industrial²¹. A variedade de caminhos abertos para tornar possível os acordos foi tanta e tão importante que configurou um tema de análise *per se*. PISANO *et alii* (1988) definem um padrão de relacionamento entre NEBs, grandes empresas, universidades e demais instituições de P&D, que é revelador do quão necessária é a complementaridade para a evolução da biotecnologia comercial. De um lado, as NEBs apresentaram carências vitais no acesso ao capital e naquilo que os autores chamam de downstream stages da inovação, ou seja, da produção industrial à comercialização e marketing. De outro lado, as grandes companhias não apresentavam capacitação em pesquisa biotecnológica, mas, pelo contrário, tinham rotinas de pesquisa solidamente construídas sobre bases de conhecimento estranhas ou, no máximo, tangenciais à biotecnologia.

Além disto, as empresas estabelecidas, como já mencionado, encontravam-se sob um momento de transição onde o mais racional, como afirmam Joly & Ducos, era preferir uma estratégia mais cautelosa de engajamento. Assim, a combinação da divisão de riscos, competência tecnológica e economias de especialização, passou a ter maior peso que os custos transacionais colocados pela falta de mecanismos eficientes de apropriabilidade.

A maior parte dos acordos é realizada para pesquisa e desenvolvimento, seguidos de comercialização de produtos e transferência de tecnologia. Tanto o estudo de OAKLEY (1990), como os de PISANO *et alii* (1988) e PISANO (1991), além de HAGEDOORN & SCHAKENRAAD (1990), mostram que os acordos envolvem, em mais de 50% dos casos, atividades de geração e transferência de

²¹ Isto não quer dizer que as aquisições terminaram, ao contrário, algumas das maiores compras de NEBs ocorreram em 1990, como a da Genentech pela Hoffman La Roche e a da Allelix pela Pioneer. O fato é que agora as compras não visam prioritariamente a entrada das empresas estabelecidas pela via da aquisição da capacitação existente em empresas especializadas, mas fazem parte do processo de concentração industrial, no qual, apesar da evidente importância da absorção da expertise, conta muito mais a aquisição de mercados minimamente estruturados. Em outras palavras, as aquisições de NEBs de agora em diante atendem, prioritariamente, a uma preocupação com a participação no mercado e, secundariamente, à absorção de capacitação tecnológica.

tecnologia. A comercialização vem em segundo lugar e os acordos para produção aparecem em número bem menor.

Em comparação com outras áreas de tecnologia de ponta, HAGEDOORN & SCHAKENRAAD (1990) mostram que a biotecnologia apresenta um padrão de evolução de acordos de cooperação muito parecido com a informática e os novos materiais. Embora quase inexistentes antes de 1974, os acordos a partir desta data cresceram enormemente até o final dos anos 80, arrefecendo em 1989, o que corrobora as observações de PISANO (1991), de que está ocorrendo uma diminuição dos acordos e uma tendência à verticalização das atividades. A Figura 5 ilustra esta situação.

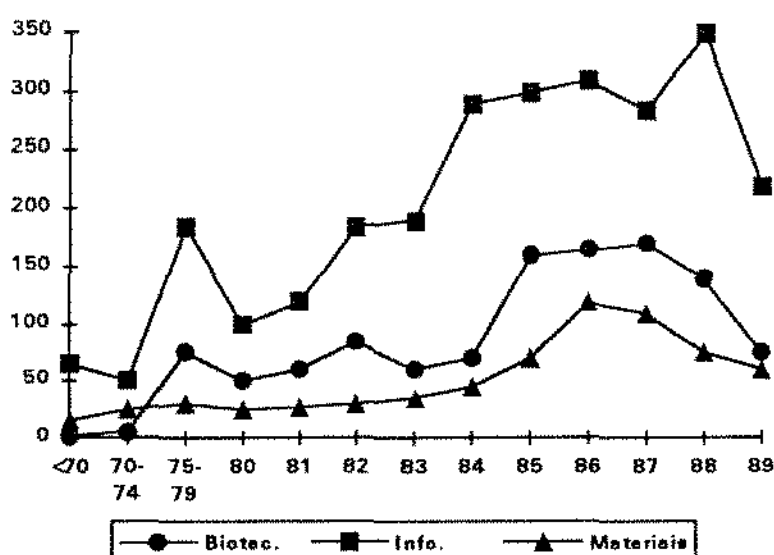


Figura 5 - Evolução do número de acordos de cooperação em 3 áreas de ponta em uma amostra de 7000 acordos, no período de 1970 a 1989.

Fonte: MERIT-CATI databank, apud HAGEDOORN & SCHAKENRAAD (1990).

PISANO *et alii* (1988), comparando as formas de cooperação da biotecnologia com outras áreas de ponta, encontram características *sui generis* nas motivações para colaboração, como por exemplo na indústria de equipamentos de telecomunicações. Os autores identificam 3 aspectos que trazem embutidas as principais especificidades. O primeiro refere-se ao caráter sistêmico da pesquisa em equipamentos de telecomunicações, já que o processo inovativo aí requer compatibilidade entre os diferentes níveis de P&D (por

exemplo, sistemas e componentes), o que não se verifica em biotecnologia, onde a inovação não tem este caráter de sistemas e, portanto, a compatibilidade entre diferentes processos e produtos não é uma questão relevante, não sendo, desta forma, motivo para a colaboração.

O segundo aspecto está de certa forma ligado ao primeiro: sendo a biotecnologia basicamente uma tecnologia de processos, a ligação entre a inovação de produto e de processo é muito estreita, o que torna a transferência do laboratório para a produção uma etapa crucial da inovação, o que implica ser o locus de manufatura um aspecto crítico da inovação, ao contrário do que ocorre em equipamentos de telecomunicações. A implicação disto é que as cooperações entre uma firma que dispõe do conhecimento e outra da capacidade de produzir, serão muito mais interativas e complexas.

O terceiro aspecto que diferencia é que as grandes companhias que se envolvem com biotecnologia, ao contrário dos equipamentos de telecomunicações, não estiveram presentes desde as primeiras etapas da emergência das novas tecnologias, o que as faz demandantes de conhecimento em organismos exógenos às suas fronteiras de forma e intensidade diferentes.

Nesta mesma linha, ARORA & GAMBARELA (1990), após analisarem as formas de colaboração em biotecnologia a partir do interesse das grandes corporações, dizem que o locus da inovação deve ser pensado como uma rede de relações inter-organizacionais. A biotecnologia seria um caso extremo desta situação, em razão, provavelmente, da relativa imaturidade do paradigma tecnológico, o que faz os autores pensarem que este é um fenômeno transitório diretamente relacionado à consolidação das tecnologias de base biológica. MOWERY (1988) crê que na biotecnologia a maturidade da indústria provavelmente reduzirá os incentivos à colaboração. PISANO (1991), diz que os custos de transação devem, crescentemente, pesar sobre os arranjos de cooperação, induzindo empresas estabelecidas e NEBs a verticalizarem.

As características acima apontadas são bastante interessantes porque reveladoras de uma complexidade do processo inovativo que implica: a) a existência de conexões diretas entre pesquisa e produção de bens finais; b) incertezas quanto ao tipo de arranjo que se consolidará e que promoverá uma base mais estável ao desenvolvimento da biotecnologia; o que remete a dúvidas sobre a forma e o grau de verticalização, para trás ou para frente, de empresas

estabelecidas ou de NEBs. Como resultado de uma inconsistência organizacional, o potencial tecnológico é, no mínimo, protelado em sua realização.

III.2.5 A base de apoio do setor público à pesquisa e ao investimento

Dos pontos de vista do salto qualitativo do conhecimento em ciências biológicas, do aproveitamento prático deste conhecimento, assim como da perspectiva do empresariamento para torná-lo um bem comercializável, houve, e ainda existe, em diferentes formas e graus, a participação do Estado. Dos vultosos aportes de verbas à pesquisa feitos pelo National Institutes of Health dos EUA, à consagração de recursos para o financiamento de investimentos em biotecnologia no Japão, passando por empreendimentos estatais ingleses, ou ainda pelos diversos projetos conduzidos pela Comunidade Européia, a história recente da biotecnologia seria impensável sem a participação direta ou indireta dos governos.

O NHI é considerado a fonte original dos avanços no conhecimento que permitiram a transição das ciências biológicas do campo essencialmente científico para o campo científico e tecnológico. Em termos de aportes à pesquisa básica nos EUA, o Departamento de Saúde é de longe o que recebe maior volume dos recursos públicos, cuja esmagadora maioria financia o NIH (MOWERY & ROSENBERG, 1989). O Quadro 8 ilustra a importância da área de saúde no financiamento público da pesquisa. Mesmo em relação aos fundos totais para P&D nos EUA, nota-se, pelo Quadro 9 a seguir, que os recursos para a área de saúde, apesar de longe do que é dispensado à defesa, têm suplantado, a partir de 1978, os fundos para P&D espacial, ficando assim em segundo lugar, atrás dos recursos destinados à defesa.

Quadro 8 - Obrigações federais americanas para pesquisa básica em Departamentos e Agências selecionadas (em US\$ 10⁶)

Departamento / Agência	1975		1980		1985	
	valor	%	valor	%	valor	%
Agricultura	154,2	6,0	275,7	5,9	419,7	5,5
Defesa	300,1	11,6	540,3	11,6	913,2	12,0
NASA	309,3	11,9	559,1	12,0	826,7	10,8
NSF	486,0	18,8	815,2	17,4	1335,8	17,5
Saúde	903,7	34,9	1762,7	37,7	2925,9	38,3
- NIH	823,5	31,8	1642,3	35,1	2738,1	35,8
Total	2588,4	100	4674,2	100	7637,6	100

Fonte: National Science Foundation, apud MOWERY & ROSENBERG (1989:133-5), simplificado.

Quadro 9 - Fundos federais para P&D por função orçamentária nos EUA (em US\$ 10⁶)

Função	1974		1978		1982		1986	
	valor	%	valor	%	valor	%	valor	%
Defesa	9001,9	51,7	12899,4	49,6	22070,0	61,1	42360,0	72,7
Saúde	2068,6	11,9	2967,7	11,4	3869,0	10,7	5108,0	8,7
Espacial	2701,8	15,5	2939,0	11,3	2584,2	7,1	3144,0	5,4
Agricultura	313,1	1,8	501,3	1,9	692,7	1,9	778,0	1,3
Total	17410,1	100	25976,0	100	36115,0	100	58257,0	100

Fonte: National Science Foundation, apud MOWERY & ROSENBERG (1989:138-9), simplificado.

A importância dos recursos para pesquisa básica e dos fundos para P&D em biotecnologia nos EUA não está apenas no fato de que existe forte conexão entre o laboratório e a produção comercial - e portanto entre o conhecimento básico e o aplicado -, mas também no exemplo histórico dos spill overs derivados da pesquisa militar americana que tiveram extraordinário efeito sobre o desenvolvimento da microeletrônica durante os anos 60. Embora a situação da biotecnologia não seja a mesma, porque não há uma demanda definida de mesma magnitude, como foi a demanda militar, a analogia faz sentido, dado que sem o esforço de pesquisa do NIH muito do conhecimento e das ferramentas básicas

hoje utilizadas não estariam disponíveis para tecer o "negócio da biotecnologia". A diferença fundamental é, sem dúvida, quanto ao pull da demanda: muito maior e mais efetivo no primeiro caso que no segundo.

Com a intenção de dar organicidade às atividades de biotecnologia, criou-se, em 1985, o Biotechnology Science Co-ordinating Committee, encarregado de coordenar a atribuição de recursos e evitar superposições de atividades. Este comitê é formado por representantes do USDA (Depto de Agricultura), do FDA (Food and Drug Administration), NIH, EPA (Agência de Proteção Ambiental) e a NSF.

As universidades também cumprem um papel crucial, dado sua primazia em pesquisa básica conquistada a partir do Pós-Guerra, particularmente nas ciências biológicas, tendo o Estado americano desempenhado uma função de fomento de efeitos notáveis, seja pelo lado dos fundos federais para as universidades, seja pela demanda direta e indireta por pesquisa. Entre 1960 e 1985 os recursos para pesquisa nas universidades americanas foram incrementados de 0,13 para 0,25% do PIB.²²

As universidades passaram a ser uma das principais fontes de transferência de tecnologia para o setor privado que investiu na biotecnologia, especialmente para grandes empresas. KENNEY (1991) aponta 3 tipos de ligação entre universidade e empresa no desenvolvimento comercial da biotecnologia: a) do professor universitário que inicia uma start-up; b) das ligações institucionais entre laboratórios ou departamentos e empresas; e c) o desenvolvimento de centros ou institutos formados por várias corporações que frequentemente têm um componente de envolvimento estadual ou federal.

Em relação ao primeiro tipo, o autor diz que pelo menos 200 empresas surgiram de universidades, aproveitando as pesquisas já em andamento. "Os professores com competência na área receberam consultorias, bolsas e, o que foi mais importante, participação na formação de start-ups (...) no presente, qualquer biólogo molecular de alto nível está ligado a alguma star-up"

²² Como assinalam MOWERY & ROSENBERG (1989), o incremento dos gastos com universidade nos EUA coincidiram com o advento da Big Science, quando a magnitude dos recursos necessários para ampliar certas fronteiras do conhecimento, passou para uma escala muito maior. Os equipamentos necessários à observação do macro e do micro cosmo implicavam investimentos de centenas de milhões de dólares.

(KENNEY, 1991:85-6). O segundo e o terceiro tipos foram mecanismos decisivos para o ingresso de muitas empresas que não tinham capacitação prévia em biologia molecular.²³

No Japão a estratégia tem sido distinta. A biotecnologia é, antes de mais nada, considerada como um aspecto econômico muito importante, mas de longo prazo. Nesta perspectiva estão presentes tanto o Estado, como as grandes empresas, que se engajam em grandes programas de P&D. Há um centro de desenvolvimento da bioindústria, para o qual são destinados fundos públicos, além de cotas das empresas envolvidas com biotecnologia. Ainda outro exemplo é o do Instituto de Pesquisas em Proteínas, financiado em 70% pelo MITI (Ministério do Comércio Exterior e da Indústria). O Estado participa ativamente financiando diretamente a pesquisa (1,5% do orçamento público para P&D é destinado à biotecnologia) e estimulando a colaboração entre as empresas (GRANRUT & SAMANIEGO, 1990).²⁴

O direcionamento das atividades de P&D no Japão é mais conduzido para resultados de pesquisa aplicada que para a busca de conhecimento básico. Talvez pela própria estratégia do Governo e das empresas em treinar pessoal em outros países para o desenvolvimento de processos e produtos, o Japão hoje, apesar de contar com uma intensidade de pesquisa básica menor que os EUA e que muitos países da CE (como mostra KONDO, 1990), vem se destacando na implementação da biotecnologia industrial, o que pode ser medido pelo número de patentes apresentado no Quadro 10. Para STANKIEWICZ (1990), em engenharia genética, os japoneses fazem pesquisa aplicada como objetivo e conduzem a pesquisa básica apenas no que é imprescindível.

²³ Kenney (1986) aponta algumas das implicações de tal situação no ambiente universitário, que teria sido profundamente alterado em razão da mudança de perspectiva dos professores que participavam em empresas concorrentes: "Numa tal atmosfera a falta de confiança e o segredo substituíram o diálogo acadêmico tão necessário à vida universitária".

²⁴ O Japão não apresentou o modelo de NEBs, procurando pela entrada de grandes dos setores de alimentos e eletrônica, acordos de cooperação com NEBs americanas, ou enviando pesquisadores para cursos e estágios em universidades americanas.

Quadro 10 - Distribuição do número de patentes em biotecnologia entre Europa, EUA e Japão (1988-89)

Local de depósito	Origem da Patente			Total
	Europa	EUA	Japão	
Europa	123	215	92	439 (12 meses)
EUA	750	1710	420	1599 (6 meses)
Japão	239	454	1599	2317 (12 meses)
Total	1112 (19%)	2379 (41%)	2111 (36%)	5826 (12 meses)

Fonte: SAGB (1990)

Na Europa existem situações particulares aos países, entretanto, ao nível da CE, pode-se perceber que a biotecnologia tem sido uma das preocupações centrais da estratégia da Comunidade para o desenvolvimento científico e tecnológico²⁵. Em nível institucional, existe uma estrutura bem diversificada de organismos da Comunidade voltados à biotecnologia, que está espalhada pelas diversas Direções Gerais da Comunidade.²⁶

Entretanto, é na Direção Geral XII, que cuida dos negócios da ciência e da tecnologia (DGXII), que se encontra o principal programa para biotecnologia: Biotechnology Research for Innovation, Development and Growth in Europe (BRIDGE). É um programa de ECU 100 milhões, iniciado em 1990 e previsto para 5 anos, cujas origens estão nos programas de Engenharia Biomolecular (BEP, de 1982-86, de ECU 15 milhões) e de Ação em Biotecnologia (BAP, de 1985-89, de ECU 75 milhões), ambos da própria Comunidade.²⁷

²⁵ Não pretendemos neste trabalho detalhar as diferentes estratégias nacionais para com a biotecnologia, mas tão somente apresentar alguns dados e informações que deem uma noção da importância do papel dos Estados na coordenação do desenvolvimento público e privado da biotecnologia.

²⁶ Existem cerca de 5 programas de maior ou menor pertinência à biotecnologia, sendo um geral, outros dois específicos para as áreas de saúde e agricultura e agroindústria, e dois voltados a atividades de informação. Procurando organizar todas estas iniciativas existe um comitê de coordenação (CUBE - Consultation Unit Biotechnology for Europe), criado em 1984.

²⁷ As fontes de informações utilizadas para descrever este ponto são um conjunto de folhetos, folders e mimeos obtidos no próprio CUBE, destituídos de indicadores formais de citação.

As grandes áreas de atuação do BRIDGE são: pesquisa em bio-segurança, biologia celular e técnicas biológicas, sendo que a biologia celular está dividida em 3 sub-áreas: fisiologia e genética molecular de microorganismos industriais, biotecnologia de plantas e dos organismos associados, e biotecnologia de células animais. Uma parte importante destes recursos está sendo alocada em projetos conjuntos de pesquisa em biotecnologia, cujos custos são repartidos com laboratórios públicos e privados.

Dois tipos de projetos são apoiados: os chamados "N-projects" e "T-projects", onde os primeiros são mais voltados à pesquisa básica e aplicada, baseadas nos cerca de 37 "Laboratórios sem Paredes" europeus criados pelo Programa BAP; e os segundos são voltados ao desenvolvimento e à aplicação de conhecimentos ao campo produtivo, onde participam diretamente as empresas com os laboratórios. Normalmente um projeto "T" começa onde termina um projeto "N". Deve-se ressaltar que enquanto o primeiro tipo de apoio é bastante experimentado, o segundo é recente, tendo-se iniciado a bem pouco tempo, o que denota um certo atraso da estratégia da Comunidade em estimular a pesquisa orientada para o mercado, não obstante a existência, desde o começo dos anos 70, de pressões internas e externas para que a Comunidade adotasse uma postura mais ofensiva de capacitação tecnológica, como aponta SHARP (1985).

Incomodados com um atraso relativo em relação aos EUA e ao Japão, os países europeus da Comunidade resolveram ir além das atividades de avaliação e prospectiva tecnológica, levadas a cabo no âmbito do Programa FAST, e estão assumindo um largo programa de efetivo apoio às atividades de pesquisa, produção e comercialização da biotecnologia. Em 1991, a CE aprovou o encaminhamento de oito pontos (GRANRUT & SAMANIEGO, 1990):

- a) reforçar a contribuição da Comunidade à P&D;
- b) montagem de uma estrutura de informação e interconexão em níveis da Comunidade e mundial;
- c) encarregar uma Comissão de realizar esforços de normalização que sejam coerentemente complementares à legislação para biotecnologia;
- d) acelerar o estabelecimento da legislação de propriedade intelectual;
- e) implantar serviços estatísticos sobre o desenvolvimento comercial da biotecnologia;

- f) reforçar os contatos internacionais bi e multilaterais para o enquadramento da legislação sobre biotecnologia, inclusive no âmbito do GATT;
- g) instituir uma estrutura consultiva para deliberar sobre questões de ética;
- h) acompanhar o processo de evolução da competitividade das empresas européias vis à vis EUA e Japão.

Assim, no que tange aos países desenvolvidos, não resta dúvida de que há uma consciência generalizada de que deva haver uma coordenação e um estímulo às atividades de P&D e à introdução das novas técnicas nos mercados. A importância do surgimento de uma basic technology para o processo inovativo e concorrencial já deixou mostras suficientes na história recente do desenvolvimento tecnológico e industrial da microeletrônica e das tecnologias a ela correlacionadas, para que a possibilidade de surgimento de uma nova onda de inovações (ainda que impregnada de incertezas), seja tratada com pouco caso pelos organismos estatais ou por aqueles mais ligados aos Blocos econômicos.

Seção III.3 - Conclusões acerca da evolução recente

Se tomarmos em conta que a moderna biotecnologia não é tão jovem quanto se supõe, pois a maioria dos investimentos teve início em meados dos anos 70, então ficam patentes algumas de suas características:

- a) uma primeira característica refere-se à indeterminação do paradigma tecnológico da biotecnologia;
- b) a segunda é que a formação de uma bioindústria, longe de ter seus contornos minimamente delineados, está se dando de forma lenta e desigual;
- c) a terceira refere-se às evidentes dificuldades de crescimento de novas firmas, que encontram, sobretudo, problemas para o desenvolvimento e a colocação de produtos no mercado, problemas de sustentação financeira de longo prazo e outros de cunho institucional, como os relativos à propriedade intelectual;
- d) a quarta é que, em nível setorial, ocorrem defasagens bastante grandes entre as áreas de saúde humana, de um lado, e a agrícola e alimentar de outro (considerados, consensualmente, os maiores mercados da biotecnologia);
- e) uma quinta característica refere-se à incerteza do ambiente institucional

que deverá compor o conjunto de normas e convenções que determinarão certos limites ao desenvolvimento da biotecnologia.

III.3.1 Um paradigma em gestação?

Alguns autores têm, recentemente, se colocado esta pergunta, sem contudo chegar a conclusões definitivas sobre o enquadramento da biotecnologia como um paradigma tecnológico. Nesta direção, AVALOS GUTIÉRREZ (1990), JOLY & DUCOS (1992); OAKEY *et alii* (1991) e BONACELLI (1992), concordam com o fato inescapável de que não tem se dado, nos últimos anos, a configuração de elementos que permitam tratar a moderna biotecnologia como um novo paradigma tecnológico.

Como aponta DOSI (1984b), seria duvidoso que se pudesse identificar *a priori* um novo paradigma, no máximo poderiam ser estabelecidos alguns critérios e indicadores, mas a avaliação seria sempre *ex post*. Entretanto, acreditamos haver na discussão do paradigma da biotecnologia elementos ainda não analisados que podem ajudar a esclarecer alguns aspectos mencionados neste capítulo, além de embasar discussões que serão travadas no decorrer deste trabalho. Assim, cabe retomar o debate para ajudar na explicação de aspectos como, por exemplo, a formação de uma bioindústria, o espaço aberto às novas empresas, e os impactos setoriais heterogêneos; bem como para subsidiar questões futuras sobre a inserção dos países em desenvolvimento e as perspectivas da biotecnologia na agricultura.

Em termos conceituais estritos, identificar na biotecnologia um novo paradigma tecnológico implicaria: a) que ela fosse uma nova forma de equacionar e resolver problemas tecnológicos genéricos; b) que tivesse poder de se sobrepôr a outros paradigmas possíveis; c) que explorasse uma tecnologia central claramente definida; e d) que internamente fossem identificáveis *trade-offs* entre trajetórias possíveis. Quanto ao primeiro ponto, a biotecnologia é potencialmente uma nova forma de encarar e solucionar problemas, já que o enfoque molecular dos processos biológicos altera drasticamente o modo de pensar prevalente. Neste sentido, a moderna biotecnologia parece colocar um novo paradigma científico às ciências biológicas. Sua passagem para um novo paradigma tecnológico, entretanto, não apresenta a mesma evidência, dado que os predicados para sua institucionalização ao nível tecnológico não estão

minimamente definidos: não há uma clara predominância, não possui uma tecnologia central claramente definida e ainda não configura trade-offs identificáveis.

Metodologicamente, parece mais útil analisar o que ela representa para os paradigmas tecnológicos vigentes onde ela potencialmente representa impactos. Assim, se poderia argumentar, por exemplo, que o enfoque molecular altera radicalmente as técnicas de melhoramento genético de plantas, deixando para trás o tradicional processo de cruzamento e seleção (estocástico) para instaurar novos métodos (deterministas) de construção de um novo organismo (no caso uma planta). JOLY & DUCOS (1992) mostram que não há critérios reais para se assumir tais mudanças como inevitáveis; trata-se, na verdade, de uma diferença de enfoque disciplinar entre o agrônomo e o químico, um acostumado com uma visão macro da planta, que acredita que a genética molecular pode ser uma excelente ferramenta de auxílio ao seu trabalho de melhoramento (e, portanto, uma complementaridade ao método), e outro empenhado em transmitir uma visão micro, molecular, que rompe com as técnicas tradicionais.

Da mesma forma, poder-se-ia ainda questionar se o uso crescente da biologia molecular (especialmente aplicada à imunologia humana) na pesquisa de novos produtos farmacêuticos não seria uma mudança de paradigma. Prontamente, poder-se-ia dizer que a base do conhecimento para proceder à busca de um novo fármaco estaria totalmente alterada, dado que o processo de screening (estocástico) seria deslocado pela busca objetiva (determinista, como no caso do melhoramento de plantas) de moléculas previamente desenhadas, e não mais selecionadas a partir de um mecanismo quase aleatório de busca.²⁸

Tanto num como noutro caso os paradigmas seriam profundamente alterados. Os métodos estatísticos de melhoramento e o screening dariam lugar a procedimentos que permitiriam uma ligação determinista entre concepção do produto ideal, método e resultado, como se concebe e se produz uma peça para uma máquina. Na base de tudo está o domínio do conhecimento sobre os mecanismos que regem os processos biológicos e, em última instância, a própria

²⁸ Deve-se ressaltar que neste procedimento a biologia molecular é fundamental numa primeira etapa, para identificar causas e propor as melhores soluções em termos de quais produtos deveriam ser desenvolvidos. Após isto, entra como método a engenharia de moléculas que depende, em grande medida, de equipamentos e programas de computação. Numa terceira etapa, a fabricação da molécula se daria por processos químicos (ou mesmo biológicos).

vida.

A pergunta, pouco original, que cabe é: qual é a perspectiva de concretização destes fenômenos técnicos, econômicos e sociais? A única resposta possível, se não se pretende avançar o sinal dos fatos, é a de que, estando numa fase essencialmente experimental, que avança de forma lenta e irregular, não se pode afirmar de que forma tais fenômenos seriam incorporados como rotinas de busca nas atividades de pesquisa e desenvolvimento e produtivas. Os cerca de 20 anos que representam a história da biotecnologia moderna, que busca desvendar e manipular os processos biológicos, ainda não foram suficientes, o que é muito diferente da história da indústria de semicondutores, que neste prazo já tinha alcançado avanços tecnológicos notáveis²⁹.

Outros exemplos de situações possíveis de ruptura poderiam ser discutidos (e o serão quando tratarmos da biotecnologia agrícola), mas neste momento interessa depreender que não há um claro rompimento de paradigma com a constituição de um outro, biotecnológico. Há sim, um muito complexo processo de mudança da base do conhecimento, principalmente de cunho científico, que por ter estreita associação com aplicações produtivas acaba dificultando uma distinção entre os campos científico e tecnológico. Não há, forçosamente, uma identificação entre um e outro e tampouco uma sincronia temporal e causal, sendo portanto prudente tentar separar os movimentos de mudança da base do conhecimento dos da base técnica³⁰. Neste sentido, parece existir na biotecnologia um claro descompasso entre estes movimentos, fato que, em face da própria natureza científica da biotecnologia, ajuda a explicar sua fragilidade como modo predominante de elaborar e resolver problemas tecnológicos.

A inexistência de uma tecnologia básica, ou uma basic core technology, como apontam STANKIEWICZ (1990) e OAKEY *et alii* (1991) é o elo ausente

²⁹ Da descoberta do efeito transistor em 1947 por Barden & Brattain nos Laboratórios Bell ao primeiro breakthrough tecnológico em 1952 (o efeito campo do transistor), transcorreram 5 anos e em mais 15 anos estaria implantada a indústria da informática. Por outro lado, da descoberta da estrutura em dupla hélice do Ácido Desoxiribonucleico, o ADN, em 1953 por Crick & Watson, ao primeiro breakthrough em 1973 (que foi a origem das técnicas de manipulação do ADN), transcorreram 20 anos. Quase 20 anos após este fato, a indústria biotecnológica é uma incógnita.

³⁰ Isto não quer dizer uma separação entre pesquisa básica e aplicada e desenvolvimento, é apenas a observação de uma descontinuidade bastante visível.

que impede, e não necessariamente promove, uma expressão tecnológica mais contundente. Enquanto o primeiro autor argumenta que uma basic technology (ou o conjunto de habilidades e procedimentos associados às técnicas, que dão forma a um sistema técnico como um todo) é crucial para a configuração de processos inovativos sistemáticos, o segundo apóia-se nisto para mostrar que na biotecnologia não há um elemento aglutinador deste tipo, o que inviabiliza seu desenvolvimento industrial nos mesmos moldes das indústrias de alta tecnologia.

Por último, há um argumento levantado por FREEMAN & PEREZ (1986), sobre a difusão de um novo paradigma (no caso um paradigma técnico-econômico) que é da maior relevância para o caso da biotecnologia: a condição de ser socialmente aceito. Este ponto é particularmente importante já que envolve desde aspectos culturais (relativos às preferências religiosas e às tradições culturais) até questões relacionadas ao risco ambiental do uso de microorganismos geneticamente modificados e aos padrões de consumo alimentar³¹. Esta talvez seja uma das condições mais indefinidas quanto ao futuro da biotecnologia comercial, tamanha a heterogeneidade de situações e a incipiência da institucionalização dos debates e da existência de formas organizacionais dedicadas à avaliação destes temas³². A maior expectativa em relação ao alcance das pressões contrárias à manipulação genética dos seres vivos, ao nível molecular, reside na conformação do ambiente institucional que deve regular não apenas a P&D, mas também e principalmente a comercialização dos produtos resultantes desta manipulação. Mesmo nos EUA, o país mais permissivo em relação à introdução de produtos biotecnológicos no mercado, os prazos requeridos pelos organismos de controle como a F.D.A, e a E.P.A, para a liberação dos pedidos de registro, têm estado em níveis maiores do que se esperava, muito disto em função de pressões por parte da sociedade

³¹ Sobre este aspecto abre-se um leque enorme de questões que não pretendemos tratar em detalhe neste trabalho, mas tão somente qualificá-lo como um elemento determinante.

³² Há uma profusão de exemplos de grupos e pessoas que vêm combatendo, por exemplo, o uso de produtos obtidos por engenharia genética, seja por motivos éticos ou por motivos de segurança (ou falta de). Quanto à comercialização nos EUA do hormônimo humano de crescimento, obtido por ADN recombinante, por exemplo, já existem especialistas da área médica opondo-se ao seu uso por crianças, em função de suspeitas de associação entre este produto e o crescimento de casos de leucemia. Outros grupos opõem-se a este mesmo produto em razão do caráter eugênico que seu uso pode alcançar.

civil e de O.N.Gs.³³

Assim, se mesmo sem considerar o ambiente institucional a incerteza com relação ao paradigma biotecnológico já é elevada, ela é ainda maior quando se tomam em conta os aspectos relacionados à regulação institucional e à aceitação pela sociedade dos produtos e da própria prática da biotecnologia moderna.

III.3.2 Condicionantes centrais do processo evolutivo

ORSENIGO (1989) conclui que na determinação da direção dos avanços em biotecnologia nenhuma variável pode ser identificada como principal, pois em face do alto grau de incerteza econômica e tecnológica, a variedade de trajetórias possíveis é muito grande: "a evolução resulta da interação de variáveis e interesses muito diferentes e algumas vezes conflituosos, nenhum dos quais sozinho com força suficiente para empurrar a evolução numa direção específica." (ORSENIGO, 1989:197-8)

Neste sentido, pretendemos concluir este capítulo apontando para aquelas variáveis que consideramos centrais. Em nosso ponto de vista, haveria 3 condicionantes gerais que, juntos, vêm determinando as grandes linhas do perfil evolutivo da biotecnologia em nível internacional.

O primeiro refere-se às lacunas técnico-científicas. É consensual na literatura, tenha ela a matriz que for, que há lacunas de base científica e de base técnica que resultam em entraves bastante sérios. JOLY & DUCOS (1992) por exemplo, encaram as dificuldades de manipulação de caracteres poligênicos nos vegetais como o obstáculo fundamental para o progresso da biotecnologia na agricultura e para a mudança da perspectiva macro para a micro que foi acima referida. Enquanto o mapeamento genético de qualquer espécie já é hoje uma realidade em curso, a manipulação e, principalmente, a expressão dos genes, apenas engatinham. O que não se sabe é se e quando o domínio da biologia

³³ Na Europa, a Comunidade Européia tem encontrado resistência para permitir a liberação deste tipo de produto. Recentemente, em 1991, decidiu-se suspender, durante pelo menos um ano, a comercialização de hormônio de crescimento bovino, que aumenta em cerca de 20% a produção de leite. As pressões aí vão desde interesses econômicos dos produtores, com receio das superproduções, até oposições médicas que atribuem ao uso do hormônio efeitos sobre a produção de outros hormônios nos indivíduos que consomem o leite produzido por animais tratados com o produto.

molecular, em toda sua dimensão, alcançará níveis de padronização da "ciência normal".

O segundo condicionante remete à forma de organização dos mercados, nas seguintes dimensões: a) setorial, da importância da inovação tecnológica (o grau de esgotamento dos paradigmas e trajetórias) e biotecnológica para cada mercado em particular; e b) intersetorial, do movimento de reorganização dos setores industriais envolvidos, que cria "afinidades" com a biotecnologia através da diversificação dos mercados. Em ambos os casos se caracterizam posturas defensivas (de monitoramento), ativas (de investimentos em NEBs, colaborações, ou em pesquisa in-house) e mistas.

No primeiro caso, o ritmo, a forma e o grau do processo de inovação baseado na biotecnologia dependem da necessidade de busca de soluções em novas trajetórias tecnológicas. Neste sentido, como há heterogeneidades deste aspecto entre os setores impactados pela biotecnologia - em que, por exemplo, o setor farmacêutico carece mais da introdução de novos meios para inovação que o setor alimentar -, existe, neste nível, um viés setorial que explica os descompassos entre as diversas áreas.

Também em função do processo de rearranjo competitivo nos mercados de produtos farmacêuticos, pesticidas, e outros segmentos da química fina, além de sementes, alimentos processados, fertilizantes, entre outros, os rumos da P&D biotecnológica e das inovações decorrentes são em grande parte determinados pelas estratégias empresariais. São notáveis, por exemplo, os investimentos da indústria farmacêutica em biotecnologia, numa perspectiva que é, no mais das vezes, ofensiva, para a exploração de novos mercados e, ao mesmo tempo defensiva, no sentido de manter-se presente nas situações de ameaça colocadas por um forte movimento de novos entrantes (basicamente referimo-nos às NEBs).

Já com relação aos investimentos em biotecnologia agrícola, são enfatizadas, pelas empresas de pesticidas e sementeiras estabelecidas, pesquisas que buscam revigorar temporariamente mercados em decadência e outras que, ao mesmo tempo, proporcionam aprendizado para o ingresso em novos mercados que devem emergir no período pós-revigoração. O melhor exemplo é o caso do desenvolvimento de variedades resistentes a herbicidas, que dão novo fôlego à venda de pesticidas, e de variedades resistentes a pragas e doenças, o que

capacita a empresa para continuar no mercado em caso de alterações na demanda por inovações (preferência por produtos menos tóxicos, por exemplo). Caracteriza-se aqui uma estratégia defensiva em dois sentidos: usar a biotecnologia para recuperar mercados tradicionais e para monitorar possíveis alterações do padrão inovativo.³⁴

O terceiro condicionante geral refere-se aos aspectos institucionais, onde figuram aqueles relativos à propriedade intelectual e à regulamentação da produção, da comercialização e do uso de produtos biotecnológicos. A primeira questão se coloca como uma das mais importantes para a criação do ambiente institucional onde a biotecnologia poderá se desenvolver, por dois motivos simples: parte dos produtos biotecnológicos, como os próprios organismos, é auto-reprodutível, como são os casos das plantas, microorganismos, insetos, etc.; há dificuldades técnicas de controle sobre o produto desenvolvido, seja para descrevê-lo satisfatoriamente quando da sua definição, seja para mantê-lo sob condições ideais de guarda.

Um relatório especial sobre patentes em biotecnologia do Office of Technology Assessment, de 1989, (OTA,1989), alerta que a biotecnologia é a única administrative issue onde apenas a descrição por palavras pode não ser, por si só, suficiente para que um habilitado na arte consiga usar e reproduzir o invento. Assim, encontram-se entraves técnicos de duas ordens: descrever com suficiente detalhe o produto para impedir o aparecimento de similares de mesma função³⁵, e manter amostras de organismos vivos por muito tempo em bancos centralizados, como por exemplo, de animais superiores geneticamente modificados.

Além dos problemas técnicos e da dificuldade natural em manter sob condições de apropriabilidade produtos com capacidade de reprodução, ocorre uma estreita relação entre os regimes de apropriabilidade e os aspectos culturais e éticos acima mencionados. Ou seja, mesmo que os mecanismos de

³⁴ Estes aspectos serão melhor explorados no capítulo seguinte, sobre biotecnologia agrícola.

³⁵ Aqui há vários exemplos de produtos, que não organismos vivos, que foram desenvolvidos, patenteados, e depois surgiram "parentes próximos", que apesar de terem a mesma função, conseguiram apresentar sutis diferenças, levando assim à outorga do direito de patente. Um exemplo é o do hormônio de crescimento da Genentech, a Protropina®, que já patentado teve de enfrentar a concorrência de seu irmão gêmeo da Eli Lilly, a Humatropina®.

apropriabilidade avancem significativamente em termos de leis, a aprovação do uso dos produtos deverá passar por instâncias de regulação com poderes imensos para permitir ou não a comercialização dos produtos.

Os EUA são o país que tem a maior permissividade com relação ao patenteamento de produtos biotecnológicos. Hoje, virtualmente qualquer produto final e qualquer organismo vivo, seja ele microorganismo, planta ou animal superior, podem ser patenteados; entretanto, a liberação dos produtos geneticamente modificados tem enfrentado obstáculos que levam não apenas à incerteza em relação à época de comercialização, como também a uma extraordinária elevação dos custos para os produtores.³⁶

Como aponta TEECE (1987), a formação do regime de apropriabilidade irá depender fundamentalmente de duas dimensões: da natureza da tecnologia e da eficácia dos mecanismos legais de proteção. Na biotecnologia, o caráter tácito da inovação, onde a natureza das atividades torna extremamente difícil a formalização de todo o conhecimento necessário para transmitir uma tecnologia, e as dificuldades técnicas acima mencionadas, tornam pouco eficazes os mecanismos legais, que, ademais, têm de enfrentar a oposição ético-cultural. Assim, na biotecnologia, a dimensão do usuário assume uma importância extra que não se verifica em situações semelhantes onde os regimes de apropriabilidade são fundamentais ao desenvolvimento dos mercados.

No próximo capítulo discutiremos com um maior nível de detalhamento a evolução recente e as perspectivas da biotecnologia agrícola, bem como algumas implicações para os países menos desenvolvidos.

³⁶ Uma situação exemplar disto é a demora para a liberação de plantas geneticamente modificadas no país, fruto das instâncias de controle pelo F.D.A.

CAPÍTULO IV - TENDÊNCIAS DA BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA: EVOLUÇÃO RECENTE E PERSPECTIVAS PARA PAÍSES MENOS DESENVOLVIDOS

A biotecnologia aplicada à agricultura tem sido apontada como um dos principais campos de investimentos, onde, ao menos em tese, existiriam vastas oportunidades, haja vista a afinidade intrínseca que o padrão tecnológico agrícola moderno tem com o manejo de entidades biológicas. É no conhecimento crescente da dinâmica interativa solo-clima-planta-animal que estão baseados os princípios norteadores da base técnica do padrão inovativo da agricultura, o que propõe, de forma até intuitiva, a biotecnologia em forte ligação com a agricultura. Desenvolver uma nova variedade, uma nova raça, um fertilizante e um pesticida alternativos, alterando os métodos tradicionais de geração de tecnologia, são promessas da moderna biotecnologia.

Falta, entretanto, conhecer a forma, o ritmo e o grau em que isto está se transformando em realidade, tanto em relação aos países desenvolvidos quanto aos menos desenvolvidos. Assim, seria importante perguntar-se como as novas tecnologias serão absorvidas, traduzidas e interpretadas pelos agentes públicos e privados hoje responsáveis pela geração e difusão de inovações na agricultura e como se dará o processo de adoção das novas tecnologias pelos produtores agrícolas.

Estas questões, ainda que não possam ser integralmente respondidas neste trabalho, servem para orientar as análises que se seguem, procurando apontar caminhos para as respostas apropriadas, tanto para uma análise global como para as especificidades dos PMDs e, particularmente, do caso brasileiro.

Neste sentido, este capítulo pretende fazer uma revisão dos caminhos específicos que a biotecnologia tem percorrido na área agrícola, em geral e em nível latino-americano. Especificidades frente a outras áreas de aplicação da moderna biotecnologia, problemas técnicos e estratégias de desenvolvimento serão abordados para mostrar o que se pode esperar em termos de impactos sobre o padrão tecnológico vigente na agricultura. Numa segunda parte serão analisadas resumidamente as formas, a direção e o ritmo que a biotecnologia agrícola vem tomando nos PMDs, especialmente na América Latina.

Seção IV.1 - Características e tendências recentes da biotecnologia na agricultura

IV.1.1 Defasagens setoriais da biotecnologia: uma explicação em termos de ambientes concorrenciais

Por quais motivos o desenvolvimento da biotecnologia aplicada à agricultura tem um ritmo mais lento que a aplicada à área de saúde humana para produção de fármacos e diagnósticos? Em que medida as características tecnológicas, econômicas e sociais presentes na geração de tecnologia agrícola são condicionantes importantes para tomar em conta? Há dificuldades técnico-científicas maiores na biotecnologia aplicada aos vegetais e animais? Parece-nos conveniente procurar aqui responder a estas perguntas para então discutir as possibilidades da biotecnologia na agricultura de uma maneira geral.

Nas comparações setoriais, vale lembrar que a evolução dos últimos anos tem mostrado uma queda relativa da importância da biotecnologia agrícola vis-à-vis outras áreas de aplicação. A Figura 5 abaixo ilustra este ponto.

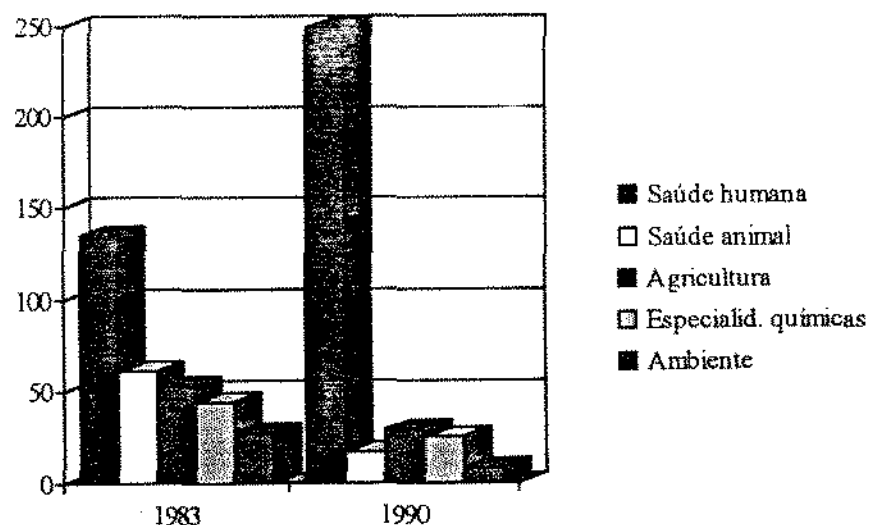


Figura 5 - Evolução do número de empresas nas áreas de aplicação da biotecnologia nos EUA, entre 1983 e 1990.

Obs. Amostra de 219 empresas em 1983 e de 422 em 1990.

Fontes dos dados: para 1983 OTA (1984); para 1990 BURRILL & LEE Jr. (1991).

Na Figura 5 constata-se que houve uma queda em números absolutos e relativos de empresas envolvidas com agricultura, especialmente pelo fato de que muitas das empresas que trabalhavam com mais de uma área, como por exemplo saúde humana e agricultura, abandonaram esta última para concentrarem-se naquela, que apresentava resultados mais concretos em nível comercial. As projeções que hoje estão sendo feitas apontam para um crescimento ainda maior da área de saúde humana, especialmente em diagnósticos, como pode ser visto na Figura 6.

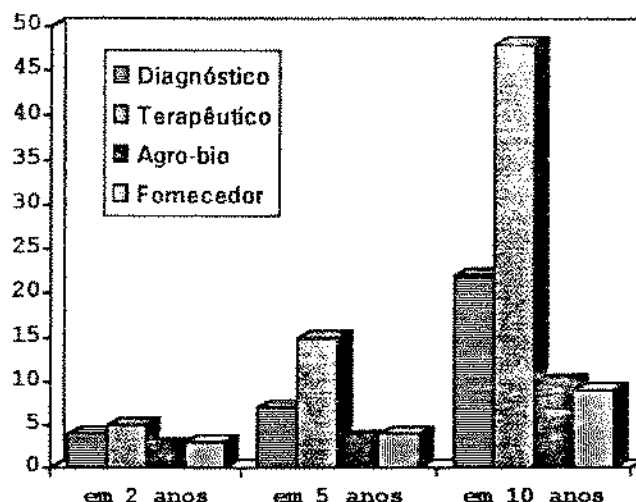


Figura 6 - Projeção de crescimento dos segmentos de mercado (em número de vezes sobre os mercados calculados para 1990)

Fonte dos dados: BURRILL & LEE Jr. (1991)

A explicação para estes desníveis entre as diversas áreas de aplicação da biotecnologia não se encontra em apenas um aspecto. Acreditamos que um conjunto de elementos econômicos estruturais dos setores envolvidos, bem como questões técnicas, sirvam para construir uma argumentação plausível. Em primeiro lugar, e conforme já apontado anteriormente, os padrões concorrenciais do setor farmacêutico não são os mesmos que os de sementes, alimentos e até de pesticidas. A inovação tecnológica pela diversificação de produtos e a manutenção do segredo pelo maior período de tempo possível, são elementos constitutivos, neste setor, da dinâmica concorrencial em nível internacional. O setor farmacêutico é um dos que mais gasta em P&D relativamente ao

faturamento. Sua média mundial é hoje de cerca de 14%, contra 6% no início dos anos 80. Há países onde a média dos gastos com pesquisa e desenvolvimento está acima de 20% do faturamento da indústria. Paralelamente, o potencial tecnológico de obtenção de uma nova molécula, pela via da síntese orgânica seguida do screening, é cada vez mais estreito. Acrescente-se ainda que os custos com testes e com o processo de registro de um novo fármaco crescem com o crescimento das exigências relativas à saúde pública e ao ambiente. O Quadro 11 apresenta os níveis de gastos anuais com P&D desta indústria.

Quadro 11 - Perfil dos gastos com pesquisa e do faturamento de empresas farmacêuticas estabelecidas

Empresa	Gastos com P&D				Vendas (US\$ 10 ⁶)
	US\$ 10 ⁶ (1991)	Crescimento % (1991/90)	% do Faturamento	US\$ por empregado	
Abbot	666,3	17,5	9,7	14,6	6.876
American Home Prod.	430,5	16,6	6,1	8,9	7.079
Bristol Myers/Squibb	993,0	12,7	8,9	18,5	11.159
Glaxo (6/91)	768,5	10,7	14,0	21,5	5.496
Eli Lilly	766,9	9,1	13,4	24,8	5.725
Merrell Dow	393,0	9,8	13,8	42,8	2.851
Merck	987,8	15,7	11,5	26,2	8.602
Pfizer	756,8	18,2	10,9	17,1	6.950
Rhone Poulenc (12/90)	1.037,1	41,6	6,7	11,3	15.454
Schering-Plough	425,9	12,2	11,8	21,0	3.615
SmithKline	806,1	6,2	9,2	14,9	8.742
Syntex (7/91)	315,6	16,5	17,4	28,9	1.816
Upjohn	491,0	15,0	14,3	25,5	3.426
Warner-Lambert	423,2	11,6	8,4	12,4	5.059
Wellcome (8/91)	385,8	-7,8	14,3	20,6	2.698
MÉDIA	643,1	15,3	10,9*	20,6	6.370

* Este percentual médio para a P&D farmacêutica é na verdade maior (cerca de 14%), dado que nesta tabela entra o faturamento global de empresas que não atuam apenas na área farmacêutica, além de não constarem outras grandes como Ciba, Hoffman La Roche e Bayer.
Fonte: BIO/TECHNOLOGY (Julho de 1992)

O Quadro 11 mostra que além de apresentarem montantes bastante elevados para P&D, estas empresas têm aumentado estes gastos numa média de 15,3% sobre o ano precedente. Talvez a única indústria estabelecida que comporta gastos maiores para P&D seja a eletrônica.

No que respeita à biotecnologia, ela interessa ao setor farmacêutico tanto como uma nova via de obtenção (a biológica), quanto como uma nova visão das causas e dos meios de se combater uma doença. Como nova via, utilizam-se microorganismos geneticamente modificados para a produção de proteínas terapêuticas, cuja obtenção por outras vias (química ou extrativa) seria mais difícil ou não ofereceria a completa segurança e eficácia. Trata-se, portanto, da manipulação de microorganismos e da posterior fermentação e purificação em larga escala, sendo assim uma modificação de processos que leva à obtenção de produtos nem sempre novos (enquanto terapêuticos, porque às vezes trata-se de substituição de processos produtivos), mas com características atraentes aos fins a que se prestam, como maiores eficácia e precisão terapêutica. Esta é a realidade presente da biotecnologia na produção de fármacos.

Por outro lado, como uma nova forma de buscar causas e propor soluções, a biotecnologia no setor farmacêutico aponta na direção de uma ruptura do paradigma tecnológico vigente, pois transforma radicalmente os métodos de desenvolvimento de drogas, passando de **procedimentos estocásticos**, como é o screening, para **formas deterministas** objetivas de desenvolver um novo produto, baseadas agora no conhecimento dos mecanismos imunológicos e na interferência localizada pelo emprego de moléculas específicas, desenhadas ex ante para agir no nível molecular do paciente ou do patógeno. Esta é a verdadeira revolução tecnológica que pode ocorrer: uma ruptura de paradigma que não se compara à simples produção de biofármacos ou à produção de proteínas terapêuticas, como hormônios de crescimento, insulina, interferon, enzimas, dissolvedores de coágulos, etc., que hoje representa o fruto específico da aplicação da biotecnologia na área de saúde humana.¹

¹ Não vamos aqui abordar a biotecnologia na produção de diagnósticos, que tem outra dinâmica, mas tão somente na pesquisa e desenvolvimento de fármacos terapêuticos, com o objetivo de servir de paralelo à discussão das agrobiotecnologias, particularmente sementes e mudas.

Há então que se considerar que o desenvolvimento da biotecnologia em fármacos está ocorrendo por uma via tecnológica relativamente menos sofisticada do que aquela potencialmente viável. É um caminho que não parece colocar elementos de ruptura à espiral dos gastos estratosféricos com pesquisa. Pode-se, entretanto, dizer que já há um embate de diferentes paradigmas, cujo resultado, embora imprevisível, aponta tendencialmente para uma conjugação de procedimentos químicos e biológicos, não apenas no sentido de que conviverão métodos de screening com métodos fermentativos, mas porque o aprofundamento dos conhecimentos da biologia molecular deverá colocar uma nova forma de equacionar e de solucionar problemas. Em outras palavras, a chave para uma nova era da produção de medicamentos parece estar localizada no aprimoramento do saber sobre o funcionamento do organismo humano, coisa que a moderna biotecnologia coloca como uma de suas principais metas.

A expressão mais evidente de que já está em curso um processo de concorrência entre paradigmas tecnológicos é justamente a enorme taxa de natalidade e de mortalidade de novas firmas no setor farmacêutico e o crescimento da pesquisa in house em firmas estabelecidas. Há, sem dúvida alguma, um campo potencial de valorização de capitais nas oportunidades abertas pela biotecnologia, tanto para novos entrantes quanto para aqueles que já estão nos mercados. Em 1991 havia 132 novos biofármacos em testes clínicos ou aguardando liberação para comercialização, um incremento de 63% sobre 1987, quando se encontravam na mesma situação 81 novas drogas. Os gastos com pesquisa de NEBs farmacêuticas em relação ao seu faturamento cresceram 62,7% entre 1990 e 1991. A média de 53 destas empresas apontou, em 1991, para gastos com pesquisa da ordem de US\$ 18,8 milhões por empresa, o que significa cerca de 189% do faturamento médio (BIO/TECHNOLOGY, Julho de 1992). O Quadro 12 mostra o perfil de faturamento e de gastos com pesquisa das principais NEBs da área de saúde.²

² Os dados apresentados no Quadro 12 diferem dos acima descritos porque se referem a uma amostragem menor que aquela das 53 empresas.

Quadro 12 - Perfil dos gastos com pesquisa e do faturamento de Novas Empresas de Biotecnologia na área de saúde humana

Empresa	Gastos com P&D				Vendas (US\$ 10 ⁶)	Lucros (US\$ 10 ⁶)
	US\$ 10 ⁶ (1991)	Crescimento % (1991/90)	% do Faturamento	US\$ por empregado		
Alza Pharmaceuticals	11,6	14,4	8,3	13,8	139,7	-62,0
Amgen	107,4	56,1	15,8	62,3	682,0	97,8
Biogen	44,2	26,5	72,1	133,8	61,4	7,1
Centocor	67,4	217,5	126,7	n.d	53,1	-195,5
Cetus	24,3	44,1	70,6	28,6	34,5	-75,1
Chiron	79,3	58,2	115,7	52,5	68,6	-425,2
Elan (3/91)	8,2	41,3	12,5	14,9	66,0	10,6
Genetech	212,9	36,2	46,3	96,6	459,6	44,3
Genetics Inst.(11/91)	45,6	0,4	55,2	77,1	82,5	-10,7
Genzyme	10,6	21,6	9,7	13,4	109,4	11,2
Iddex Labs*	3,8	11,0	12,7	16,6	30,4	3,1
Immunex	20,0	105,1	38,1	38,0	52,6	0,8
MÉDIA	53	52,7	48,6	45,6	153,3	-49,4

* Opera também em agrobiotecnologia

Fonte: BIO/TECHNOLOGY (Julho de 1992)

Duas condições parecem estar na raiz desses acontecimentos: a primeira é o esgotamento das trajetórias tecnológicas do setor farmacêutico e a segunda é o surgimento contemporâneo de novas oportunidades tecnológicas que prescrevem elevados graus de apropriabilidade e que não estão totalmente fundadas na cumulatividade da P&D farmacêutica tradicional. Em outras palavras, ainda que sem direção e sem grau definidos, as transformações em curso apontam para mudanças nas condições competitivas do setor farmacêutico e, possivelmente, na estrutura de mercado prevalecente. Como os principais protagonistas destas mudanças são as próprias firmas líderes, há uma probabilidade considerável de que elas continuem representando posições de liderança nas novas condições.

Na agricultura, mais particularmente na produção de novas variedades, colocam-se, igualmente, dois níveis de entrada da biotecnologia: o que otimiza mas mantém os procedimentos estocásticos do melhoramento genético, baseados

na condução do processo de cruzamento e seleção (como o screening), e o que transforma o procedimento estocástico em determinista, pela construção deliberada de uma nova variedade (ou uma nova raça animal) pela engenharia genética³. Também aqui, a exemplo do setor farmacêutico, predomina a conduta que não rompe com o paradigma tecnológico vigente, ou seja, opta-se pela otimização dos procedimentos de cruzamento e seleção, aproveitando-se do fato de que a biotecnologia coloca novas oportunidades tecnológicas que podem ser exploradas à luz dos graus de cumulatividade e de apropriabilidade já existentes.

Os métodos predominantes são os que empregam as mais variadas técnicas de cultura de tecidos (como serão descritas adiante), cujas principais vantagens sobre os métodos tradicionais são: a) o encurtamento do período do melhoramento, porque a partir de "pedaços" de plantas é possível conseguir milhares de descendentes no laboratório e, em pouco tempo, avaliar a performance da descendência, já partindo para novas reproduções e novas progênies; b) a viabilização de certos cruzamentos outrora impossíveis de serem feitos, devido aos mais variados tipos de incompatibilidades biológicas das espécies, como por exemplo a hibridização de material genético originalmente incompatível através do resgate dos embriões antes que estes abortem, e a produção rápida de plantas haplóides a partir da cultura de células haplóides, como as anteras (parte do órgão masculino da planta), viabilizando a rápida obtenção de linhagens puras que posteriormente poderão ser testadas para a hibridização com outras linhagens; c) limpeza de patógenos normalmente presentes no material genético a ser reproduzido; d) aceleração da reprodução de espécies propagadas vegetativamente; entre outras vantagens.

Assim, em termos de potencialidades técnicas da biotecnologia, há uma certa similaridade entre a produção de novas variedades de sementes e de mudas e a produção de biofármacos. O rompimento de paradigmas tecnológicos nos dois casos, que depende de uma alteração radical na forma de produzir as inovações, está sendo colocado em um plano de longo prazo, priorizando-se **formas transitórias** de incorporação dos novos conhecimentos de base biológica. Entretanto, as diferenças de porte econômico entre as empresas que

³ A este respeito sugerimos a leitura de JOLY & DUCOS (1992), especialmente o primeiro capítulo da segunda parte.

atuam na biotecnologia agrícola e na aplicada à área de saúde são notáveis, como demonstra o Quadro 13 em comparação ao Quadro 12 acima.

Quadro 13 - Perfil dos gastos com pesquisa e do faturamento de Novas Empresas de Biotecnologia na área agrícola

Empresa	Gastos com P&D				Vendas (US\$ 10 ⁶)	Lucros (US\$ 10 ⁶)
	US\$ 10 ⁶ (1991)	Crescimento % (1991/90)	% do Faturamento	US\$ por empregado		
Biotechnica Intern.	5,1	-33,5	33,3	29,2	15,4	-15,0
Calgene (6/91)	11,1	7,0	42,7	49,3	26,1	-14,3
Crop Genetics Intern.	5,9	13,6	421,8	59,8	1,4	-8,3
DNA Plant Technology	6,4	18,7	71,0	44,9	9,1	-14,9
Econgen	6,4	17,0	102,7	80,1	6,2	-10,8
Escagenetics (3/91)	2,8	42,4	112,9	59,3	2,5	-4,1
Iddex Labs*	3,8	11,0	12,7	16,6	30,4	3,1
Mycogen	10,7	-2,7	58,4	38,3	18,3	-3,3
Neogen (5/91)	0,8	33,7	14,4	8,2	5,9	-0,7
Syntro (9/91)	2,1	9,6	52,1	46,6	4,0	-0,9
MÉDIA	5,5	5,0	46,4	43,2	11,9	-6,9

Fonte: BIO/TECHNOLOGY (Agosto de 1992)

Ao compararmos o perfil das NEBs nas áreas de saúde e agricultura, vemos que as dimensões econômicas alcançadas por um e outro tipo são bastante diferentes. Enquanto as NEBs da área de saúde têm gastos médios com P&D da ordem de US\$ 53 milhões, na área agrícola estes gastos são de US\$ 5,5 milhões, ou seja, algo como 10%. Tal proporção se mantém no que respeita ao crescimento destes gastos entre 1990/91: 53% contra 5%. Já em relação ao faturamento médio os desníveis são maiores: US\$ 153 milhões contra US\$ 12 milhões, o que significa quase 13 vezes superior, indicando um grau de maturidade tecnológica e econômica muito maior. Por outro lado, os gastos com P&D como percentual do faturamento e do número de empregados são equilibrados, o que denota que ao lado da defasagem em termos de maturidade, há uma diferença de dimensão econômica entre as duas áreas de atividades, até

fato daqueles apresentarem caracteres poligênicos que dificultam enormemente a identificação, transferência e expressão de características de interesse agrônomo e agroindustrial. As peculiaridades técnicas da biotecnologia na agricultura são resumidamente apresentadas a seguir.

IV.1.2 Características técnicas e potencial tecnológico da biotecnologia na agricultura

Segundo PERSLEY (1990), as aplicações atuais da biotecnologia à agricultura referem-se a:

- a) microbiologia agrícola, visando à produção de microorganismos de uso agrícola;
- b) cultura de células e de tecidos, incluindo aí a micropropagação;
- c) novos diagnósticos produzidos por anticorpos monoclonais e probes de ácidos nucleicos para rápido diagnóstico de doenças e da presença de pesticidas em alimentos;
- d) engenharia genética de plantas para introduzir novas características; e
- e) novas técnicas de mapeamento genético para os programas de melhoramento, baseadas no uso da técnica de RFLP - Restriction Fragment Length Polymorphisms.

Para PERSLEY (1990:22), "Os dois principais componentes da biotecnologia moderna para a produção agrícola são os novos diagnósticos baseados em anticorpos monoclonais e em probes, e a engenharia genética de plantas". A aplicação dos novos diagnósticos estaria tanto no seu uso por organismos de controle fitossanitário (quarentenas) e de saúde pública (controle de resíduos de pesticidas), como na gerência da produção agrícola propriamente dita (identificação de certas doenças na propriedade) e, naturalmente, na pesquisa para o controle de doenças. Do ponto de vista tecnológico seu desenvolvimento é relativamente simples e em estágio bem avançado; têm potencial para aplicação em virtualmente todas as culturas; podem ser produzidos em qualquer lugar, sem necessidade de produção próxima ao local de uso; e apresentam facilidade de uso. Estes diagnósticos, tanto quanto a fixação de nitrogênio, o controle biológico e o melhoramento tradicional, têm um

importante potencial de contribuição no curto prazo, antes que a engenharia genética consolide-se como método predominante.

Na engenharia genética o potencial segue imenso (como vem sendo dito há cerca de 20 anos). Até o presente há uma série de plantas que tiveram seus códigos genéticos alterados pela inserção dirigida e controlada de genes de outros indivíduos, visando a obtenção de plantas resistentes a herbicidas, insetos e doenças (já existem soja, colza e milho em fase experimental), de culturas com características melhoradas visando o processamento agroindustrial (como milho com maior teor de lisina e tomate com maior teor de sólidos)⁴, e de variedades de melhor performance nas condições pós-colheita (como a supressão de substâncias aceleradoras do amadurecimento dos frutos). Neste particular, o exemplo do tomate com maturação controlada constitui-se num dos principais eventos comerciais da moderna biotecnologia. A Calgene desenvolveu o tomate chamado "Flavr Savr", que se mantém fresco cerca de duas semanas após a colheita, o que significa o dobro do tempo normal. Outra linha de pesquisa está sendo conduzida no Plant Gene Expression Center, ligado ao USDA e à Universidade da Califórnia, onde se desenvolveram tomates modificados para bloquear a expressão do etileno, responsável pelo amadurecimento do fruto. Tais variedades podem permanecer por mais de 5 meses na planta sem amadurecer e seu amadurecimento pode ser induzido pela aplicação de etileno sintético. Ainda outras empresas, como a Agritope e a DNA Plant Technology, ambas americanas, estão trabalhando em linhas semelhantes.

Até o final dos anos 80 o principal método de transformação genética era o uso de Agrobacterium tumefaciens, um organismo normalmente fitopatogênico, que provoca alterações nas células vegetais (uma espécie de câncer nas raízes), como vetor de material genético para as células receptoras. Em face de uma série de limitações do uso do A. tumefaciens, foram enviados esforços no sentido de alcançar técnicas mais versáteis e eficazes. Assim, vêm sendo desenvolvidos novos e mais eficientes métodos que generalizam a transferência genética para qualquer espécie, já que o método do A. tumefaciens não é

⁴ O uso de uma variedade de tomate com 1% a mais de sólidos solúveis significa um acréscimo de 20% nos sólidos solúveis totais do fruto. Ou seja, pode-se produzir a mesma quantidade de massa com 20% a menos de tomate.

apropriado para monocotiledôneas, onde se encontra a maior parte dos cereais. O Quadro 14 exemplifica tais técnicas.

Quadro 14 - Vetores e métodos de transformação alternativos à infecção por Agrobacterium

I. <u>genomas virais como veículos de transformação e expressão em plantas:</u>	
• Vírus de ADN: - Wheat Dwarf Virus (do trigo); - Tomato Golden Mosaic Virus.	
• Vírus de ARN: - Tobacco Mosaic Virus.	
II. <u>Outros Métodos:</u>	
• Micro raio laser;	• Fusão de liposomas;
• Microinjeção;	• Transplante de núcleos;
• Incubação de órgãos em ADN;	• Microprojéteis;
• Transferência direta de genes;	• Eletroporação; e
• Transferência direta de protoplastos;	• Transformação de pólen

Fontes: POTRYKUS (1990); QUINTERO (1991)

Com base nos comentários feitos por QUINTERO (1991:141-5) e por POTRYKUS (1990:538-41), indicamos a seguir, em linhas gerais, algumas características das principais técnicas acima enunciadas:

a) o ARN viral permite que se transmitam características para uma planta sem que haja inserção dos genes no núcleo do hospedeiro, mas tão somente no citoplasma, o que confere a interessante propriedade de não transmissibilidade às futuras gerações, conferindo um dispositivo natural de apropriabilidade dos resultados;

b) a técnica de micro-raio laser se baseia na introdução de fragmentos de ADN nos orifícios que são criados na parede e na membrana celular. Apesar de eficiente como método de transferência, provoca distúrbios celulares que podem dificultar a expressão das características presentes no potencial genético

introduzido. Ademais, é um método caro e que até agora tem apresentado poucas perspectivas de generalização;

c) a microinjeção é um método que vem apresentando maior potencial. Seu princípio básico é o da introdução de segmentos de ADN por microcapilaridade, o que não provoca danos à célula. É um método que tem sido particularmente exitoso para a transferência de genes para monocotiledôneas (a maior parte dos cereais), especialmente naquelas onde foram desenvolvidas técnicas de regeneração de plantas através do cultivo de anteras. Há casos de pleno sucesso em trigo, arroz, cevada e milho;

d) finalmente, os microprojéteis. Esta tem sido a forma mais exitosa de introdução de material genético exótico em plantas. A técnica consiste no bombardeio das células com microprojéteis de tungstênio ou ouro, recobertos com material genético. São verdadeiras pistolas de genes. Grandes empresas como a Pioneer e instituições de pesquisa como as ligadas ao Depto. de Agricultura dos E.U.A estão empregando estas técnicas para indução de resistência a antibióticos em plantas (o que na verdade tem mais efeito experimental do que prático). Da mesma forma, NEBs estão lançando mão da técnica, com alguns resultados práticos relevantes, como o que foi alcançado pela NEB Agracetus que obteve transformação de 2% das progênes de variedades de soja bombardeadas com microesferas de ouro recobertas com segmentos de ADN.

No final de 1991 relatou-se a obtenção de arroz transgênico fértil, inclusive de variedades de importância agrônômica, pelo bombardeamento de partículas de ouro recobertas por ADN (CHRISTOU *et alii*, 1991). Mais recentemente, em junho de 1992, foi obtida a primeira variedade transgênica fértil de trigo pela Monsanto, com uso da técnica de bombardeamento com microprojéteis. Vale mencionar que se trata de uma variedade resistente a fosfinotricina, princípio ativo do herbicida Basta® (VASIL *et alii*, 1992).

Além dos diagnósticos e da aplicação de engenharia genética de plantas, não se pode deixar de comentar um conjunto de técnicas tradicionais que vêm sendo impactadas pela biotecnologia de nível intermediário de sofisticação. Destacam-se assim a fixação biológica de nitrogênio, o controle biológico de pragas e, é claro, o melhoramento tradicional. Há para todas estas técnicas um efeito potencial positivo pela introdução de novos procedimentos de base biológica: a) a introdução de resistência a doenças pelo auxílio da cultura de

tecidos; b) o melhoramento dos microorganismos responsáveis pela fixação do nitrogênio atmosférico; c) o aumento da eficácia do controle biológico de pragas, como por exemplo a supressão do gene "egt" do baculovírus, que resulta em incremento do poder inseticida deste organismo; e d) a ampliação do potencial das várias técnicas de cultura de tecidos e de protoplastos⁵ e o desenvolvimento de mapas genéticos como ferramentas de uso genérico tanto para biotecnologia de ponta como para a otimização de métodos já consolidados de melhoramento. Todos estes são exemplos de novas perspectivas para "velhas" técnicas, ampliando o fôlego do potencial tecnológico de conhecimentos elementares que há muito vêm servindo de suporte à geração de tecnologia para a agricultura.

As técnicas de cultura de tecidos são consideradas básicas para o desenvolvimento da biotecnologia. Elas são necessárias tanto como meios de propagação, quanto como ferramentas auxiliares para a geração de variabilidade genética. Seu caráter genérico, de ampla gama de aplicações, nos mais diversos produtos e técnicas, as torna essenciais para todo e qualquer programa de biotecnologia agrícola, além de permitir alcançar resultados práticos de curto prazo, inclusive para a geração de novas variedades comerciais. O Quadro 14 revela alguns exemplos de plantas comerciais assim obtidas.

O Quadro 14 mostra uma tendência clara para a obtenção de plantas resistentes a condições adversas (o que se repetirá adiante, quando mostrarmos os principais caminhos da engenharia genética de plantas). De outro lado, é de se notar a ausência de desenvolvimentos voltados para plantas de maior produtividade, aspecto que será melhor discutido nos próximos itens.

⁵ Recentemente (1990) pesquisadores da Rockefeller University relataram a recuperação de variedades cultivadas de arroz a partir de protoplastos. Da mesma forma, PRIOLI & SÖNDAHL (1991), da firma DNA Plant Technology, e SHILLITO *et alii* (1991), da Ciba Geigy, relataram a obtenção de plantas férteis de milho recuperadas de culturas de protoplastos, o que representa mais uma quebra de barreira técnica que até o momento vinha limitando avanços da biotecnologia vegetal, especialmente para cereais. Deve-se entretanto deixar claro que isto não significa um avanço de aplicações tecnológicas de curto prazo, mas apenas que se coloca para o futuro mais uma possibilidade de progresso nas técnicas de base biológica.

Quadro 14 - Plantas selecionadas por cultura de tecidos com características agrícolas importantes.

Cultura	Resistência a:					Aspectos nutricionais
	Baixas temp.	Stress hídrico e altas temp.	Herbicidas	Patógenos	Sais e a metais pesados	
Milho	X		X	X		maior teor de Lisina e de proteínas
Arroz	X			X	X	
Trigo	X	X		X		melhor qualidade nutricional
Batata				X		
Fumo	X	X	X	X	X	maior conteúdo de sólidos; retardamento da maturação
Tomate			X	X	X	
Cevada				X		
Trevo			X			
Linho				X	X	
Maçã				X		
Aipo				X		
Cenoura	X					
Pimenta					X	
Alfafa					X	
Sorgo					X	

Fonte: QUINTERO (1991)

A biotecnologia aplicada à produção animal está localizada em quatro principais áreas: a) nutrição e desenvolvimento de adjuvantes do crescimento; b) produtos para prevenção e combate a zoonoses; c) otimização da reprodução acompanhada de melhoramento genético dos rebanhos; e d) desenvolvimento de animais transgênicos. Nestas categorias os rumos priorizados que buscam resultados no curto prazo têm sido os do uso de hormônios de crescimento, notadamente a somatotrofina bovina; do desenvolvimento de anticorpos monoclonais para produção de sistemas de diagnósticos rápidos e precisos e para produção de vacinas mais eficientes e de menor risco à saúde do animal; e do desenvolvimento de métodos mais eficazes de reprodução através das técnicas de sexagem e transferência de embriões. Apesar de aplicáveis a muitas espécies de

animal doméstico, tais métodos e produtos vem sendo preferencialmente desenvolvidos para espécies bovinas. Porém, no que se refere a vacinas e produtos terapêuticos e a tecnologia ligada à nutrição e ao crescimento, a avicultura se consitiui em campo igualmente privilegiado dos investimentos em pesquisa.

O uso de engenharia genética diretamente em animais vem sendo direcionado para a) a inserção de genes que facultem ao animal produzir certos compostos biológicos ausentes ou presentes em quantidades consideradas muito baixas, como hormônios e outras proteínas terapêuticas (fator coagulante, por exemplo), tanto para uso do próprio animal, quanto para posterior extração, purificação e aproveitamento comercial. Nesta linha já se encontram animais transgênicos que produzem maiores quantidades de hormônios de crescimento; b) a identificação dos mapas genéticos das principais espécies para melhor direcionar os programas de cruzamento intra e entre espécies; c) alteração de genótipos pela inserção direta de genes que confirmam resistência a doenças.

Dois são os objetivos maiores que guiam as linhas de pesquisa que predominam na biotecnologia animal: aprimoramento das qualidades genéticas e sanitárias dos rebanhos e melhorias nos processos de criação, sendo que o principal evento em termos de impacto econômico foi o desenvolvimento do hormônio de crescimento, que tem levado a incrementos de cerca de 20% na produção dos rebanhos nos quais são ministrados este produto. Ao contrário da agricultura vegetal, os ganhos de produtividade seguem tendo muita importância, especialmente porque altos níveis de produtividade são atingidos, como no caso de bovinos sob regimes intensivos de produção (confinamento com alimentação controlada), onde as operações de cria e reprodução são extremamente onerosas.

Assim, é bastante compreensível que a maior parte dos investimentos relacionados a esta área de aplicação da biotecnologia sejam dirigidos para ganhos de produtividade e redução de custos para os regimes intensivos de produção, seja de confinamento ou de semi-confinamento dos animais. Reduzir custos com alimentação, através do uso de produtos que melhorem a conversão alimentar nos animais e substituam matérias-primas onerosas, e reduzir custos com a manutenção da saúde dos rebanhos, pelo emprego de kits de diagnóstico e de novas e mais eficazes vacinas, parece ser a via privilegiada da biotecnologia na agricultura animal.

Nesta perspectiva, não estariam relacionadas transformações profundas nos padrões tecnológicos aí envolvidos. Nutrição, saúde e aprimoramento genético são "áreas problema" que vêm guiando a tecnologia de criação animal desde tempos imemoriais. Mas embora tenham sido desenvolvidas soluções técnicas satisfatórias para a maioria dos gargalos produtivos, economicamente elas ainda sofrem severas restrições, pelos custos de operação que envolve a manutenção de rebanhos em cativeiro. Assim, o espaço da biotecnologia, pelo menos numa primeira fase de grande incerteza sobre as possibilidades efetivas da engenharia genética de animais, deverá ser definido por estratégias de aprimoramento das tecnologias de nutrição e crescimento, saúde e reprodução animal. Trata-se de inovações de produto (vacinas, diagnósticos, hormônios, adjuvantes alimentares) e de processo (técnicas de reprodução por transferência de embriões, fertilizações *in vitro*) que não alteram radicalmente os paradigmas tecnológicos envolvidos nestas áreas-problema.

IV.1.3 Os rumos da biotecnologia agrícola: limites técnicos da manipulação de caracteres genéticos quantitativos

Até o presente momento, a quase totalidade dos novos desenvolvimentos da biotecnologia agrícola, incluindo a engenharia genética, busca características não diretamente relacionadas ao aumento da produtividade física. Ao contrário do que foi a tônica da Revolução Verde, as variedades biotecnológicas buscam caracteres qualitativos relativos às diversas formas de tolerância e resistência a situações adversas e a melhores características para o processamento agro-alimentar. Os Quadros 15 e 16 mostram os principais desenvolvimentos da engenharia genética de plantas nos E.U.A e seus objetivos.

Destes Quadros pode-se verificar que a maior parcela das culturas geneticamente transformadas visa a obtenção de resistência a herbicidas (39%), seguida de resistência a doenças (21%) e a pragas (19%). No restante (21%), prevalece a busca de marcas para o mapeamento genético. Tal cenário mostra que não há, pelo momento, prioridade ao desenvolvimento de variedades de alto rendimento. Isto se deve, em parte, ao fato de que a identificação, transferência e expressão de genes qualitativos, como são os envolvidos nos procedimentos acima, apresentam maior viabilidade técnica.

Quadro 15 - Plantas transgênicas em ensaio de campo nos EUA em 1990

Cultura	Empresa / Universidade	Característica da planta
Fumo	Calgene (EUA)	tolerante a herbicida
	Sandoz (SUI)	idem
	Iowa S. Univ. (EUA)	idem
	Rhom Hass (EUA)	resistente a pragas*
	Biotechnica (EUA)	marcador de antibiótico
	Ciba-Geigy (SUI)	resistente a pragas
Tomate	Monsanto (EUA)	tolerante a herbicida
	Du Pont (EUA)	idem
	Calgene (EUA) Agrigenetics (EUA)	idem
	Upjohn	resistente a pragas
	Canners Seed	resistente a doença
		tolerante a herbicida
Milho		resistente a doença
		resistente à maturação
Algodão	Crop Genetics (EUA)	resistente a pragas gene
	Biotechnica (EUA)	marcador (teste)
Algodão	Agracetus (EUA)	resistente a pragas
	Calgene (EUA)	tolerante a herbicida
	Northrup King (EUA)	idem
	Du Pont (EUA)	idem
Batata		resistente a pragas
		resistente a doença
Soja	Monsanto (EUA)	gene marcador (teste)
	USDA	
Alfafa	Monsanto	tolerante a herbicida
	Northrup King	tolerante a herbicida
Arroz	Pioneer	resistente a doença
	Univ. Pensilvania	gene marcador (teste)
	Univ. Louisiana	idem
Pepino	Crop Genetics	resistente a pragas
	Depto. Agric. de Nova York	resistente a doença
Nóz	Univ. California	gene marcador (teste)
Melão	Upjohn	resistente a doença
Mamão	Upjohn	resistente a doença

* A resistência a pragas para todas as culturas apresentadas é, invariavelmente, contra espécies da ordem dos Lepidópteros

Fonte: QUINTERO (1991)

Quadro 16 - Distribuição de empresas de biotecnologia agrícola por atividade de pesquisa

Característica almejada	Nºde firmas	% sobre o total
Resistência a herbicida	13	39,0
Resistência a pragas	6	19,0
Resistência a doença	7	21,0
Outros	7	21,0
Total	33	100

Fonte dos dados: Quadro 15

As possibilidades da engenharia genética em efetivamente alterar caracteres poligênicos é remota, o que coloca a busca de plantas de alto rendimento por unidade de área como um protocolo de futuro incerto. Os passos na direção do desenvolvimento de técnicas capazes de enfrentar estas restrições estão sendo dados pelo mapeamento genético, particularmente pelo uso das técnicas de RFLP. Entretanto, como apontam vários pesquisadores citados por RATNER (1990), a identificação de genes quantitativos por si só não representa qualquer garantia de que os cruzamentos possam ser feitos apenas com base neste conhecimento, isto porque os efeitos conjugados de vários genes que são responsáveis pela expressão de uma característica têm respostas variáveis em diferentes cruzamentos. Nas palavras de RATNER (1990:401) "Por exemplo, enquanto 30 genes podem de alguma forma afetar a altura da planta, somente 3 ou 4 genes podem estar segregando num cruzamento particular. Em outro cruzamento, podem ser outros 3 ou 4 genes diferentes dentro daquele mesmo grupo de 30."

Óbvio está que isto não responde ao fato da resistência a herbicidas ocupar posição privilegiada nas prioridades de investimento, dado que ela é uma entre outras características qualitativas passíveis de busca.

A ênfase nesta direção parece justificar-se pelas estratégias competitivas das grandes empresas de sementes e pesticidas que estão envolvidas com a biotecnologia, como já comentado. Assim, as empresas sabem que desenvolver uma variedade resistente a herbicidas consagrados no mercado e que estejam em fase declinante de seus ciclos de vida é uma tática bastante apropriada para, ao

mesmo tempo, recuperar a rentabilidade destes mercados e promover a capacitação interna em engenharia genética. Ademais, enquanto os custos de desenvolvimento de um novo herbicida giram em torno de US\$ 100 milhões, para uma variedade resistente os valores são bem mais modestos, na casa dos US\$ 3 a 4 milhões. Em termos gerais, o potencial de aplicabilidade de diversas técnicas biotecnológicas dirigidas à agricultura vegetal é resumido no Quadro 17.

Quadro 17 - Situação de aplicabilidade de diversas técnicas biotecnológicas a culturas de interesse comercial

Técnica	Arroz*	Trigo*	Milho	Sorgo	Cevada	Triticale	Centeio
Micropropagação	++	++x	++x	++x	++	++	++
Resgate de embrião	+++	+++	++	+	+++	++	+++
Cultura de antera	+++	+++	++	+	+++	+++	+
Cultura de microesporos	++	++	0	0	+	0	0
Cultura de calus	+++	++	+++	++	++	++	++
Seleção <u>in vitro</u>	++	++	++	+++	++	+	0
Suspensão de células	+++	++	++	0	+	+	+
Cultura de protoplasto	++	++	+	0	+	0	0
Regeneração de protoplasto	++	+	+	0	+	0	0
Fusão de protoplasto	+	0	0	0	0	0	0
Plantas transgênicas	+	+	0	0	0	0	+
RFLP	++	+	+++	+	++	+	0

* apenas uma variedade ou espécie.
 códigos: X: possível mas sem muito impacto; 0: não disponível; +: fase inicial; ++: factível; +++: rotineiro
 Fonte: QUINTERO (1991), atualizado no caso do trigo.

Assim, a moderna biotecnologia aplicada à agricultura está tendo e terá, num futuro próximo, importante papel como auxiliar de métodos tradicionais de melhoramento genético de plantas e microorganismos de interesse agrícola. Ela deve também ampliar o espectro de possibilidades de complementaridades entre as tecnologias agrícolas, na medida em que aproxima as técnicas do melhoramento, do controle biológico de pragas, da resistência a doenças e do emprego de microorganismos úteis. Os avanços aí obtidos podem gerar ganhos

indiretos de produtividade, reduzindo perdas, aumentando a adaptação das variedades ao ambiente, que deverão resistir mais a pragas, doenças, solos ruins, danos climáticos, etc., e conferindo características agroindustriais às plantas que signifiquem ganhos de produtividade ao nível da indústria processadora (como são os exemplos da presença de maior e melhor conteúdo de proteínas, óleos, sólidos solúveis, entre outros).

Cabe ressaltar um aspecto até aqui evidente: as inovações em gestação para o desenvolvimento de variedades de plantas com base nas novas tecnologias biológicas, sejam estas de nível intermediário (cultura de tecidos, por exemplo), ou avançado de sofisticação tecnológica (engenharia genética de plantas), não têm a mesma direção das atividades de busca de novas variedades que caracterizaram a pesquisa em genética vegetal do padrão vigente. A discussão que vimos fazendo mostra que os movimentos gerais da moderna biotecnologia estão inteiramente de acordo com as observações feitas no final do segundo capítulo deste trabalho, sobre a mudança do enfoque produtivista na direção da pesquisa. Mas este é um ponto que será devidamente discutido nas conclusões deste trabalho.

Antes de passarmos ao próximo ponto, gostaríamos de enfatizar alguns aspectos até agora levantados sobre a biotecnologia vegetal. O primeiro diz respeito à ainda restrita aplicabilidade da engenharia genética em plantas e em animais, onde as técnicas apenas começam a tomar forma e os resultados são ainda muito mais de sucessos técnicos que comerciais, até porque há pouquíssimos produtos transgênicos sendo comercializadas no mundo. Nos E.U.A, até o presente, não foi autorizada a comercialização de nenhuma cultura modificada por engenharia genética, notadamente por questões relativas à regulamentação. Só após a entrada destas plantas no mercado é que uma avaliação de seu potencial econômico poderá ser feita.

O segundo aspecto refere-se à não ocorrência de linhas de pesquisa que visem maiores rendimentos em plantas, no sentido de gerar plantas com capacidade de produzir maior quantidade por área cultivada. Apesar do obstáculo técnico da manipulação de caracteres poligênicos ser um limitante decisivo, poderíamos aventar a hipótese de que existe, de fato, um interesse crescente no desenvolvimento de variedades com outras características, marcadamente as que conferem resistência a condições ambientais adversas; afinal, também nos processos que se utilizam de formas intermediárias de

sofisticação da biotecnologia, como aqueles baseados na cultura de tecidos, estas mesmas características vêm sendo privilegiadas, senão mais do que a busca do maior rendimento, pelo menos em proporção cada vez maior dentro dos programas de P&D. O Quadro 18 ajuda a ilustrar esta questão, na medida em que mostra não apenas a grande incidência de linhas de pesquisa em resistências a diversas situações, como também mostra como outros produtos vêm chamando cada vez mais a atenção dos investidores, como são os casos do desenvolvimento de diagnósticos e de sementes cujos principais atrativos são a presença de características industriais pré-determinadas.

Quadro 18 - Distribuição de amostragem de empresas de biotecnologia vegetal por linha de pesquisa (níveis intermediário e de fronteira de sofisticação)

Áreas de P&D segundo o tipo de produto	Número de empresas nos países			
	E.U.A	C.E	América Latina	Total
Sementes	137	38	3	178
- resistência a doenças	40	15	2	57
- resistência a herbicidas	26	8	0	34
- fixação de nitrogênio	20	6	1	27
- resistência a pragas	18	4	0	22
- resistência a stress	15	4	0	19
- teor protéico	18	1	0	19
Diagnóstico	54	19	4	77
Mudas	75	56	4	136
Outros	10	12	25	47
Total	276	125	37	438

Fonte: QUINTERO (1991)

O terceiro aspecto aponta para o potencial concreto que representa o uso de técnicas de nível intermediário de sofisticação, como as técnicas de cultura de tecidos, tais como micropropagação, resgate de embriões, cultura de anteras, cultivo de microesporos e de calus; ou cultura de células em suspensão, de protoplastos e a fusão de protoplastos. Qualquer referência mais cuidadosa hoje

em dia registra impactos das agrobiotecnologias em termos de curto, médio e longo prazos, segundo o nível de sofisticação tecnológica em questão. VASIL (1990) afirma, a propósito, que "a cultura de células tem estado disponível e tem sido continuamente melhorada desde a década de 1930. Muitos destes procedimentos são simples e podem ser praticados sem investimentos substanciais em equipamentos especiais e infra-estrutura (...) estas técnicas representam aplicações imediatas ou de curto prazo (até 5 anos) das biotecnologias. Tecnologias baseadas na combinação da cultura de células e tecidos com a genética molecular podem alcançar frutos no médio prazo (5 a 10 anos). Porém, os maiores impactos da moderna biotecnologia na produção de plantas deverão ainda esperar por avanços significativos na compreensão do desenvolvimento e do crescimento das plantas, o que não se espera para antes do início do próximo milênio."

Seção IV.2 - Um breve perfil da situação e das perspectivas da biotecnologia agrícola na América Latina e no Brasil

É difícil fazer uma análise que justifique uma distinção da evolução da biotecnologia nos PMDs, e especialmente nos países latino-americanos, em relação à biotecnologia em geral. Temos até agora enfatizado dados e tendências que mostram uma imagem de linhas e contornos bastante imprecisos, um retrato difuso onde, no máximo, se identificam peças; peças com as quais seria possível projetar situações as mais diversas, cenários os mais distintos, desde situações que decorreriam direta e imediatamente da projeção de tendências, até o mais puro exercício de ficção. Assim, do ponto de vista da direção geral dos acontecimentos, das condições de evolução da moderna biotecnologia, a análise dos PMDs pouco aportaria. Trata-se, no fundo, de enfocar a questão por uma ótica estritamente pragmática, no sentido de examinar se há alguma direção particular da biotecnologia nestes países e qual a forma e o grau específicos que vem assumindo o distanciamento relativo com a biotecnologia dos países desenvolvidos. Isto posto, valeria ainda questionar papéis e espaços a serem normativamente ocupados por PMDs.

A literatura que enfoca os impactos da biotecnologia nos PMDs o faz, em geral, pela dupla perspectiva das ameaças e das oportunidades. Ameaças em face da defasagem tecnológica, eliminação de vantagens comparativas, redução da

importância de commodities típicas de economias menos desenvolvidas no comércio internacional, entre outros problemas. Oportunidades devido ao surgimento de novos espaços de capacitação e de novos mercados, para os quais a cumulatividade e os mecanismos de liderança dos PDs podem, em tese, ser contestados. É certo que este método ajuda a iluminar alguns pontos importantes, mas o problema é que, em face da própria indefinição sobre a que veio a biotecnologia, as análises daí resultantes tornam-se essencialmente especulativas. O mais importante, nos parece, é procurar inserir o desenvolvimento da biotecnologia dentro de um projeto maior de desenvolvimento nacional, de busca de capacitação tecnológica e de maior inserção nos mercados internacionais. No momento, faremos uma breve apreciação sobre a situação da biotecnologia na América Latina com destaque a algumas experiências no Brasil.

IV.2.1 Particularidades da biotecnologia na América Latina e no Brasil

Há uma primeira diferença que identifica uma direção característica da biotecnologia na Região: a maior participação relativa de empresas de agrobiotecnologias vis à vis outras áreas de aplicação, inclusive saúde humana. Um estudo realizado por JAFFÉ (1991) evidenciou que das 62 empresas de biotecnologia mais importantes da Região, 56% eram de agrobiotecnologias, seguidas pela área farmacêutica com 16%. O Quadro 19 apresenta a partição setorial da amostra estudada pelo autor.

Estes dados, embora extraídos de uma amostra reduzida, servem para mostrar que as agrobiotecnologias são largamente majoritárias na Região, o que pode ser explicado por pelo menos dois motivos: de um lado porque as ciências agrônômicas representam uma das áreas de maior competência científica e tecnológica do continente, existindo aí um claro desdobramento da capacitação existente em resposta às óbvias afinidades apresentadas pela moderna biotecnologia, tanto em nível da P&D, como dos mercados de insumos para a agricultura. Por outro lado, ocorre o inverso em relação à capacitação científica e tecnológica em química farmacêutica, que é muito reduzida na Região, onde não há uma atividade sistemática de pesquisa e desenvolvimento de fármacos. O setor farmacêutico dos países latino-americanos é baseado em empresas formuladoras de medicamentos, que importam os princípios ativos dos países desenvolvidos, configurando uma trajetória reflexa da qual pouco se pode

esperar em termos de ocupação de mercados⁶. Já a pesquisa agrônômica é, na sua parte mais importante, desenvolvida por instituições de pesquisa, universidades e empresas presentes naqueles países.

Quadro 19 - Áreas de atuação de 62 empresas de biotecnologia na América Latina*

País	Área de atuação das empresas						
	Propagação vegetal e melhoram. genético	Reprodução e genética animal	Alimentos	Farmacêutica	Produção de microorganismos	Qímica	Total
Argentina	4	0	0	3	0	1	8
Brasil	5	1	0	2	0	0	8
Chile	2	0	0	1	0	0	3
Costa Rica	3	0	0	0	0	0	3
México	6	0	0	2	0	3	11
Uruguay	2	0	2	1	3	0	8
Venezuela	3	0	2	0	0	0	5
Colombia	6	0	2	1	0	0	9
Perú	1	0	2	0	0	1	4
Equador	1	0	1	0	0	0	2
Paraguay	0	1	0	0	0	0	1
Total	33	2	9	10	3	5	62
%	53	3	14	16	4	8	100

* Amostragem feita por método Delphi, na qual a empresa foi considerada quando indicada por dois ou mais especialistas consultados.
 Fonte: JAFFÉ (1991:22)

⁶ Tal não quer dizer que existam impedimentos formais para o aproveitamento de oportunidades tecnológicas na área farmacêutica, mas mostra uma preferência pelo aproveitamento das oportunidades mais próximas às áreas onde a capacitação seja nitidamente maior. Ademais, como vimos em Quadros anteriormente apresentados, a dimensão dos investimentos hoje destinados à P&D biotecnológica farmacêutica é muitas vezes superior à destinada à área agrícola, o que estabelece mais um agravante à exploração das oportunidades tecnológicas ligadas à área de saúde humana, uma vez que tal situação coloca exigências de porte às empresas que aí se envolvem.

Aprofundando a identificação do perfil e das atividades de empresas que investem em biotecnologia agrícola na Região, tanto empresas estabelecidas quanto NEBs, foi recentemente realizado um trabalho de investigação, coordenado por JAFFÉ (1992a), sobre a atuação de 21 empresas agrobiotecnológicas de oito países latino-americanos, cujos principais resultados passamos a apresentar a seguir⁷.

Das 21 empresas estudadas, 11 eram NEBs e 10 empresas estabelecidas. Entre as primeiras, oito dedicavam-se à produção de mudas micropropagadas por técnicas de cultivo de tecidos, ou seja, produção de mudas para diversos mercados (hortaliças, frutas, flores, espécies florestais). Já entre as empresas estabelecidas encontram-se atividades mais diversificadas, como a produção de diagnósticos com sondas moleculares, mapeamento genético com RFLP, produção de vacinas, melhoramento animal, hibridomas, entre outras. De qualquer forma, a quase totalidade da amostra trabalha com técnicas de nível intermediário de sofisticação, alcançando, no máximo, a aplicação de métodos para mapeamento genético.

A grande maioria dos investimentos está orientada para o desenvolvimento de produtos no curto prazo, ocorrendo poucos casos de venda de serviços ou de acordos pré-competitivos. O porte das NEBs é, em geral, muito reduzido e o nível de capacitação tecnológica que é exigido nos mercados onde elas atuam, se não pode ser qualificado de "ordinário", tampouco pode ser considerado muito sofisticado.

Como pode ser deduzido do Quadro 20, que mostra o perfil econômico e tecnológico da amostra estudada, o faturamento médio apresentado pelo conjunto de 11 NEBs ficou próximo a US\$ 1 milhão, assim mesmo porque no cômputo desta média está incluído o faturamento de mais de US\$ 7 milhões da Bioplanta, que, na verdade, deveu-se quase integralmente à venda de sementes comuns de hortaliças, que não eram fruto de investimentos em P&D biotecnológica, mas sim resultado de uma estratégia comercial da empresa em obter retornos de curto prazo, ao mesmo tempo em que investia nos projetos propriamente de biotecnologia, de mais longo prazo⁸. Mas ainda assim, se supusermos que o

⁷ O autor desta tese coordenou a equipe que realizou o estudo no Brasil.

⁸ Para uma análise completa do caso Bioplanta ver BONACELLI (1992).

faturamento médio das maiores NEBs agrobiotecnológicas latinoamericanas está entre US\$ 900 mil e US\$ 1 milhão, isto representaria cerca de 8% do faturamento médio das principais NEBs americanas da mesma área.

Quadro 20 - Características de 21 empresas que atuam com agrobiotecnologia na América Latina

Empresa	Nacionalid.	Faturamento (US\$.10 ⁶)	Número de empregados	% pessoal na P&D	Número de PhDs	Gastos P&D (% do faturamen.)
NEBs						
Tecnoplant	Argentina	0,4	30	n.d	0	n.d
Biomatrix	Brasil	1,35	84	68	1	82,5
Bioplanta	Brasil	7,3	130	58	6	35
Bios-Chile	Chile	0,23	26	46	7	45
Biotécnica	Chile	0,22	25	25	2	n.d
COSI	Costa Rica	0,6	45	11	1	5-10
Itansa	México	0,5	20	n.d	0	4
Biogenética	México	0,3	40	0	1	0
Genesis	México	n.d	48	30	1	n.d
Sesar	Uruguay	0,6	29	79	2	80
Bioagro	Venezuela	0,15	35	20	1	n.d
Empresas Estabelecidas						
Almidar	Argentina	10,0	40	0,05	2	1,4
Paul	Argentina	6,0	167	0,01	2	n.d
Agrocerec	Brasil	100,0	2.300	1,5	7	4,5
Copersucar	Brasil	1.500,0	1.887	n.d	11	1,3
Levapan	Colombia	32,8	1.028	1,7	n.d	0,55
Palmatuca	Costa Rica	n.d	4.200	2,3	3	n.d
Bioquimex	México	16,5	426	1,6	1	n.d
Santa Elena	Uruguay	2,0	69	7,2	n.d	10
Carrau	Uruguay	0,6	23	8,6	n.d	10
Rivas	Venezuela	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

Fonte: JAFFÉ (1992a)

Além das diferenças nas participações relativas das áreas de aplicação da biotecnologia e na falta de importância dos acordos pré-competitivos, deve também ser registrada a ausência quase que completa do capital de risco na América Latina (com exceções, como é o caso do Chile), o que coloca mecanismos muito diferentes para o surgimento e crescimento de NEBs (e até mesmo para os acordos entre empresas pequenas e grandes). Esta é uma dificuldade adicional que implica que o surgimento de NEBs fique na dependência de fontes de financiamento nem sempre adequadas para o tipo de investimento a que elas se dedicam. Tanto os recursos próprios quanto os disponíveis no crédito comercial são pouco apropriados para empreendimentos de mais longo prazo, com elevado grau de incerteza quanto à viabilidade técnica dos resultados e quanto às condições de mercado que serão enfrentadas.

Os acordos com empresas estabelecidas, que seria uma rota normal numa situação como esta, também se mostram limitados, dado que são poucas as grandes empresas locais que vêem a biotecnologia como um investimento estratégico de longo prazo. O interesse é sempre mais imediato e está normalmente ligado ao uso da biotecnologia (de nível intermediário de sofisticação) naquilo que ela "tem a oferecer" em termos de redução de custos nos processos de produção. Claro está que há exceções, em que grandes empresas estão realmente comprometidas com o aprendizado das tecnologias mais sofisticadas, mas em boa parte dos casos a ausência de retornos comercialmente palpáveis vis à vis os prazos e os recursos investidos, acabam por gerar incômodos no interior da própria empresa ou grupo, mormente junto às instâncias decisórias (diretoria da empresa, board do grupo, acionistas, etc.), o que dificulta o prosseguimento dos programas de pesquisa.⁹

Em termos muito gerais, pode-se afirmar que a evolução recente da biotecnologia na América Latina tem tido um perfil muito mais relacionado às atividades de instituições de pesquisa, onde se destaca a área agrônômica, que aos investimentos produtivos nos níveis empresariais de NEBs ou de empresas

⁹ Este foi o caso, por exemplo, da Agrocere, uma típica empresa inovadora e com liderança no mercado brasileiro de sementes, que se lançou num projeto avançado de pesquisa biotecnológica em milho e que se viu obrigada a recuar para uma postura menos ambiciosa, face às dificuldades de obter resultados em prazos aceitáveis para os padrões a que seus acionistas estavam acostumados. Sobre detalhes deste estudo ver SALLES FILHO et alii (1992)

estabelecidas. JAFFÉ (1992b) mostra que entre os mais importantes centros (units, nas palavras do autor) de pesquisa existentes na Argentina, Venezuela e Costa Rica, apenas 15% estão voltados ao setor produtivo, sejam empresas públicas ou privadas, e somente 8,2% do total de profissionais ligados à biotecnologia estão nestas empresas. Por outro lado, 85% destes centros estão localizados em universidades e instituições de pesquisa, que na sua maioria são públicas e concentram mais de 90% do pessoal qualificado.

No Brasil a situação é coerente com a verificada para a Região como um todo. A maior parte dos investimentos se relaciona com a área agrícola, seguida de perto pela de saúde humana. Entre uma amostra de 30 empresas (estabelecidas e NEBs), 14 atuam com agricultura vegetal e animal; 11 com saúde humana; 4 com agroindústria alimentar; 5 com produtos bioquímicos, como enzimas e ácidos orgânicos; 2 com energia (álcool) e 2 com tratamento de resíduos¹⁰. Aqui também a maior parte da competência científica e tecnológica existente se encontra nas universidades e nos centros públicos de pesquisa.¹¹

As NEBs existentes atuam em áreas bastante heterogêneas e trabalham invariavelmente com processos de nível intermediário de sofisticação. A engenharia genética é praticada nas universidades e nos centros públicos de pesquisa, com algumas empresas estabelecidas, que se lançaram na P&D biotecnológica, capacitando-se em técnicas de mapeamento genético e, em alguns casos, em engenharia genética de microorganismos, como são os casos de uma empresa que adquiriu capacitação em produção de insulina humana e de outra que se capacitou para desenvolver vacinas animais recombinantes.

Embora a área vegetal ocupe posição de destaque nos investimentos em biotecnologia, as NEBs existentes apresentam porte muito pequeno, não existindo hoje nenhum investimento de maior importância econômica. Trata-se de microempresas que operam em nichos reduzidos de mercados de insumos agrícolas (como mudas e inoculantes para fixação biológica de nitrogênio).

¹⁰ O número total excede 30 porque várias empresas atuam em mais de uma área.

¹¹ Ver estudo realizado pela FAO (1990) sobre os laboratórios de Biotecnologia Vegetal na América Latina.

Quadro 21 - Perfil de empresas envolvidas com biotecnologia no Brasil (1990)

Empresa	Origem e propried. do capital	Produto principal	faturamento (US\$ 10 ⁶)	Gastos com P&D (% fat.)	Número empregados	% pessoal P&D
Agroceres*	Nac./Priv.	Sementes milho híbrido	100,0	4,5	2.300	1,5
Biobrás*	Nac./Priv.	Insulina e enzimas	27,0	1,8	510	24
BioFill**	Nac./Misto (25% púb., 75% priv.)	Substituto temporário de pele	4,0 (sendo 3,7 devidos a export.)	n.d	32	16
Centro Desenv. Biotecnológico*	Soc. Civil Priv. s/ fins lucrativos.	aminoácidos, vitaminas e enzimas	n.d	n.d	30	65
Cibran S.A**	Nac./Priv.	Antibióticos	26,0	n.d	600	2,5
Codetec**	Nac./Misto (51% púb., 49% priv.)	Fármacos e Biofármacos	1,5 (sendo 0,12 com produtos biotecnol.)	n.d	70	50
Copersucar*	Cooperativa	Açúcar e álcool	1.500,0	1,3	1.887	11
Embrabio**	Nac./Priv.	Kits diagn. (humana e animal.)	3,0	30-40	55	40
Engenho Novo*	Nac./Priv.	Açúcar e álcool	1,0	1,5	22	50
Leivas Leite*	Nac./Priv.	Produtos veterinários	4,0 (sendo 1,0 com biotec.)	n.d	120	10
Microbiológica**	Nac./Priv.	Fármacos; Hormônios vegetais	1,0	n.d	30	12
Natrontec**	Nac./Priv.	Serviço de Engenharia	0,5 (sendo 0,05 com biotec.)	n.d	25	60
Nitral*	Nac./Priv.	Inoculantes para leguminosas	0,32	n.d	46	11
SBS**	Nac./Priv.	Batata semente	0,5	n.d	10	40
Vallée*	Nac./Priv.	Produtos veterinários	14,0 (sendo 12,0 com biotec.)	n.d	313	20

* Não é empresa específica de biotecnologia

** Empresa específica de biotecnologia

Fontes: Dados colhidos pelo autor, exceto para Biobrás e Engenho Novo, tirados de CERANTOLA (1991).

Já pelo lado de empresas estabelecidas é possível destacar iniciativas de maior relevância, como são os casos da Agroceres, da Copersucar e da Leivas Leite. Se compararmos as áreas de saúde e a agrícola, nota-se que as NEBs ligadas à primeira vêm apresentando melhores performances que as envolvidas com os mercados de produtos agrícolas, à exceção daquelas que se dedicam à produção de insumos veterinários, especialmente vacinas e terapêuticos para a pecuária. O Quadro 21 dá um perfil resumido de 15 empresas que trabalham com a moderna biotecnologia no Brasil.

Os principais investimentos que foram feitos no país de NEBs que operavam na área agrícola fracassaram sob condições parecidas. Eram duas empresas (Biomatrix e Bioplanta) que visavam o desenvolvimento de mudas através de técnicas de cultura de tecidos. Iniciaram e terminaram suas operações em épocas próximas. Embora com estratégias diferentes, eram típicas NEBs ligadas a grupos industriais maiores: a Biomatrix tornou-se subsidiária da Agroceres e a Bioplanta foi implantada pela Souza Cruz (British American Tobacco Co.). Para ambas os problemas de relacionamento com os respectivos grupos e as dificuldades de consolidar mercados foram os principais problemas enfrentados nas suas curtas trajetórias. O estudo realizado por SALLES FILHO *et alii* (1992), acima citado, enfocou a evolução destes dois casos e de outros dois de empresas estabelecidas que têm na biotecnologia um desdobramento natural e necessário de suas atividades de P&D, que são a Agroceres e a Copersucar. Sem entrarmos aqui na descrição destes casos, que pode ser vista no relatório em referência, seria interessante recuperar as principais conclusões do estudo sobre os condicionantes que determinaram, de um lado, os fracassos das NEBs e, de outro lado, as opções estratégicas de entrada na moderna biotecnologia daquelas duas firmas de insumos para a agricultura.¹²

O estudo realizado nas quatro empresas apresenta algumas características que merecem destaque. A opção pela amostragem revela, desde logo, uma tentativa de extrair elementos para analisar hipóteses sobre o desenvolvimento da

¹² Embora a Copersucar seja formalmente uma cooperativa, ela atua muito mais como uma instância de representação dos interesses dos produtores de açúcar e álcool, além de centralizar as atividades de P&D em um centro de tecnologia, o CTC, sobre o qual foi feito o estudo em referência.

biotecnologia vegetal no Brasil e, talvez, na América Latina¹³. Tais hipóteses partiam de um panorama geral pouco alentador: fracassos de empreendimentos de porte relativamente elevado; retração das atividades nas firmas com maior capacidade de entrar e ocupar espaços na biotecnologia vegetal; e desorganização da estrutura institucional de pesquisa existente. Em termos mais específicos, a pesquisa permitiu analisar os seguintes aspectos que nos parecem cruciais:

a) a influência da estrutura gerencial nos caminhos dos investimentos privados em biotecnologia, no que diz respeito: (i) à capacidade de articulação ao ambiente externo, e (ii) à dinâmica gerencial interna da firma;

b) a influência do tipo de mercado privilegiado sobre o desempenho das firmas, no que diz respeito: (i) ao seu tamanho e ao seu potencial de crescimento, (ii) à sua capacidade em absorver inovações (ou ao seu dinamismo tecnológico);

c) a influência da capacidade de sustentação financeira nos rumos do investimento;

d) a influência da estratégia de acesso aos mercados agrícolas;

e) a influência dos limitantes técnico-científicos e a importância das cumulatividades existentes e adquiridas.

Uma primeira conclusão geral do estudo (que pode parecer óbvia) é a de que as motivações das empresas específicas de biotecnologia são diferentes das empresas que se "biotecnologizam". Enquanto as primeiras enfrentam a dura necessidade de criar mercados ou de ingressar em mercados existentes, as segundas experimentam alternativas de processos e de produtos através da biotecnologia. Esta diferença coloca, de início, condicionantes muito mais rígidos às empresas de biotecnologia, especialmente quanto à sua capacidade de sobrevivência e crescimento.

A segunda conclusão geral é a de que nenhum grande impacto das agrobiotecnologias pôde ser observado nos casos estudados, seja no avanço tecnológico em si, seja ainda em relação à difusão de novas tecnologias derivada

¹³ No que diz respeito à atuação de NEBs em biotecnologia vegetal no Brasil, Biomatrix e Bioplanta representaram os dois maiores e principais casos; por outro lado, Copersucar e Agrocerec estão entre os principais casos de investimentos de empresas estabelecidas.

destes investimentos. Os resultados obtidos nas empresas analisadas mostram uma tendência bastante cautelosa dos investimentos agrobiotecnológicos.

Para as NEBs, a influência da estrutura gerencial foi importante para explicar os caminhos trilhados, especialmente quanto à dinâmica interna de gerência (processo decisório) e o relacionamento com os grupos controladores (Agrocere e Souza Cruz). No caso da Biomatrix, embora não tenha havido uma tentativa de imposição da estrutura organizacional e decisória por parte da Agrocere, houve uma subordinação à estratégia comercial do grupo, o que acabou por vincular parte do processo decisório da Biomatrix às expectativas de entrada da Agrocere no mercado de batata semente, o principal produto desenvolvido pela NEB. Esta situação agravou o quadro já deficiente de gestão comercial da Biomatrix, que falhou ao não conseguir bons acordos comerciais e ao não promover estratégias de comercialização de curto prazo para "oxigenar" o caixa da empresa.

Já na Bioplanta a gerência comercial foi mais eficiente, pelo menos até o momento em que a empresa passou a operar segundo a lógica organizacional da Souza Cruz. Com esta modificação, houve tentativa de transferência da rotina decisória de um grupo gigante para uma pequena empresa, resultando na incompreensão por parte do grupo em relação aos prazos de maturação inicialmente previstos¹⁴. Também aqui, além dos problemas relacionados à rotina administrativa, verifica-se a subordinação de parte da estratégia comercial da empresa às expectativas do grupo controlador.

Entretanto, mesmo considerando-se o efeito negativo dessas influências sobre as duas NEBs, não parece estar aí a causa fundamental do fracasso dos investimentos, uma vez que em ambos os casos a história poderia ter sido diferente se tivesse havido uma experiência comercial melhor sucedida para os produtos biotecnológicos pesquisados e gerados por essas empresas.

Para as empresas tradicionais (Agrocere e Copersucar), a influência da estrutura gerencial foi fundamental, pois a postura dos boards condicionou a forma de entrada na biotecnologia, que foi cautelosa, utilizando-se da já existente capacidade de articulação para cooperação em pesquisa, produção e

¹⁴ A Souza Cruz passou a exigir resultados positivos em curtíssimo prazo, fato que alterou significativamente a estratégia anterior da NEB, que pretendia alcançar resultados positivos a partir do quinto ou sexto ano de operação.

comercialização, permitindo um planejamento de longo prazo para o aproveitamento das potencialidades das agrobiotecnologias. Sem esta capacidade de articulação as iniciativas em biotecnologia teriam, provavelmente, sido mais tímidas.

Assim, os indicadores que pareceram mais pertinentes na questão gerencial foram: forma e grau de articulação com os grupos controladores (quando for o caso); planejamento de curto, médio e longo prazos para geração de caixa; postura dos Conselhos Diretivos das empresas que se "biotecnologizam"; e capacidade de realizar acordos de cooperação para pesquisa, produção e comercialização.

O segundo aspecto discutido no estudo se referiu à influência do tipo de mercado privilegiado, seu tamanho, seu potencial de crescimento e sua capacidade em absorver inovações. Uma primeira observação diz respeito à conjuntura dos anos 80 em relação aos mercados de insumos para a agricultura, que estiveram relativamente estagnados, o que coloca uma dificuldade de princípio para se explorar os mercados de mudas e sementes melhoradas que foram privilegiados pelas firmas. Ademais, deve-se levar em conta que em nível nacional o país conta com uma estrutura de pesquisa e de produção de mudas e de variedades melhoradas que coloca à disposição do agricultor um conjunto razoável, em qualidade e em quantidade, destes insumos¹⁵. Tal fato torna a concorrência nestes mercados ainda mais difícil. Isto não significa que inexistam espaços a explorar, mas sim que os mercados de mudas e sementes nem estavam aquecidos, nem tampouco estavam a ponto de apresentar um esgotamento tecnológico que colocasse em xeque a estrutura de pesquisa e de produção tradicionais existentes.

Então, as características dos mercados escolhidos pelas NEBs recaem sobre um cenário pouco alentador, no sentido das dificuldades de colocação de produtos mais sofisticados na sua qualidade, ou por qualquer outra característica que tenha sido buscada pelas estratégias das NEBs. São exemplos destas dificuldades o desenvolvimento de batata-semente e de espécies florestais, dois

¹⁵ São exemplos óbvios as atividades conduzidas na Embrapa, através de seus Centros de Pesquisa e do Serviço de Produção de Sementes Básicas; nos Institutos Estaduais de pesquisa, como o Agrônomo de Campinas e o Agrônomo do Paraná; e nos Centros de Pesquisas da Organização das Cooperativas do Paraná e da Fundação de Pesquisas ligada à Fecotriga no Rio Grande do Sul.

dos principais mercados visados pelas NEBs estudadas. Evidentemente há casos em que as condições dos mercados são menos desfavoráveis. É possível, por exemplo, imaginar que a produção florestal passe a demandar inovações em genética a partir de um acirramento da concorrência internacional do setor de papel e celulose. É também possível imaginar o mesmo para a produção citrícola, ou ainda apostar no crescimento do mercado de plantas ornamentais para exportação. Há nichos de mercado a explorar, mas cujo tamanho e perspectivas de impactos são bastante restritos dentro do atual quadro econômico e tecnológico.

No caso das empresas tradicionais, os aspectos que parecem ter sido fundamentais para a análise dos mercados são os da viabilidade de substituição dos produtos tradicionais por variantes biotecnologicamente inovadas e da capacidade de diversificação das linhas tradicionais de produtos da firma, considerando-se a estrutura de produção e comercialização existentes, bem como o aprendizado acumulado em pesquisa agrícola.

Assim, parecem bons indicadores para o estudo do desempenho das firmas aqueles que focalizam o tamanho, o potencial de impacto e o dinamismo dos mercados visados pelas inovações.

O terceiro elemento discutido se referiu à questão da capacidade de sustentação financeira. É sabido que existem diferentes - e no mais das vezes longos - prazos de maturação dos investimentos em biotecnologia, sendo necessária uma estratégia voltada para a obtenção de recursos de longo prazo e a taxas de juros preferenciais. Para o caso das NEBs, o capital de risco, que seria a opção por excelência deste negócio, é hoje praticamente inexistente nos países latino-americanos, conforme já assinalamos. Os fundos públicos, a alternativa mais comum neste países, não apenas têm sido insuficientes, como também decrescentes. Daí que restam duas alternativas mais evidentes: formar associações com empresas de porte para bancar o financiamento e buscar receitas de curto prazo através da venda de produtos de desenvolvimento mais rápido (o que na maior parte dos casos significa entrar em mercados tradicionais) e vender serviços especializados. Registre-se que tais opções não são excludentes.

As NEBs estudadas optaram, fundamentalmente, pela associação com grandes empresas. Entretanto, enquanto a Bioplanta conseguiu juntar a isto uma estratégia de gerar receita no curto prazo (por meio da importação e

comercialização de sementes em mercados tradicionais, além da venda de serviços), a Biomatrix dependeu, praticamente todo o tempo, apenas de recursos provenientes de endividamento financeiro e do capital aportado pelo sócio majoritário. Não obstante tais diferenças, em ambos os casos as empresas representaram incômodo aos grupos controladores, que por motivos distintos passavam por problemas financeiros que influenciaram na desmotivação em prosseguir nos respectivos empreendimentos biotecnológicos. É importante aqui registrar que o problema da sustentação financeira no caso das NEBs remete, quase sempre, às condições do grupo mantenedor e às formas de articulação entre grupo e empresa.

No caso de empresas tradicionais o caminho utilizado foi essencialmente o dos recursos próprios, secundado por algumas associações pré-competitivas e também por fundos públicos para o desenvolvimento científico e tecnológico. Por qualquer um dos caminhos, as perspectivas são limitadas pela capacidade de investimento da firma, o que, num ambiente econômico marcado por dificuldades de toda ordem (inflação elevada, estagnação da atividade produtiva e arrocho salarial), torna-se particularmente limitante.

Assim, parecem ser importantes indicadores: a capacidade financeira do grupo controlador e a forma de relacionamento deste com a NEB; a capacidade de geração de receita de curto prazo por parte das NEBs e a capacidade das empresas tradicionais em realizar acordos pré-competitivos e cooperação em geral com outras firmas.

O quarto aspecto discutido no estudo foi o da influência da estratégia de acesso aos mercados finais. Este ponto, apesar de ligado aos anteriores, merece destaque porque é fundamental para viabilizar a geração de receita de curto prazo, melhorar o relacionamento com os grupos controladores (ou com os Conselhos Diretivos das empresas tradicionais) e para permitir uma melhor coordenação das atividades de P&D, produção e comercialização, na organização interna da firma.

Finalmente, o estudo apontou para a importância das limitações técnico-científicas, que em tese delimitaram o campo das possibilidades de atuação e de sucesso ou fracasso. Os limitantes técnicos que apontamos no início deste capítulo foram ainda mais graves em algumas situações enfrentadas pelas empresas. Dois exemplos são particularmente marcantes: o primeiro é o do

fracasso da Biomatrix em desenvolver protocolos eficientes de micropropagação de mudas de espécies florestais, o que levou a empresa ao incômodo de não conseguir cumprir certos compromissos comerciais que já haviam sido feitos com empresas florestais. O segundo exemplo foi o da Agrocere, que iniciou suas atividades em biotecnologia moderna apostando na cultura de tecidos para a geração de linhagens puras de milho para posterior hibridização, o que se mostrou inviável naquele estágio do conhecimento, devido à extraordinária variação genética que era encontrada nas progênes assim desenvolvidas.¹⁶

Em resumo, estes quatro casos servem para ilustrar alguns pontos em particular:

a) o primeiro - e talvez o mais importante do ponto de vista de uma explicação geral para a forma e o ritmo do desenvolvimento recente da biotecnologia agrícola - refere-se ao fato de que os mercados agrícolas não têm se apresentado particularmente sensíveis para sementes e mudas com característica e preços muito diferenciados em relação aos produtos existentes, denotando uma competição de trajetórias tecnológicas que ainda se apresenta favorável àquelas relativas aos produtos tradicionais;

b) o segundo ponto diz respeito à constatação de que a cumulatividade existente em P&D agrônômica - e especificamente no melhoramento genético -, embora importante para o aprendizado das novas técnicas biotecnológicas, é insuficiente para encaminhar soluções tecnológicas às potencialidades da moderna biotecnologia;

c) o terceiro ponto refere-se às dificuldades de sustentação financeira de longo prazo, mormente pela ausência de participação do capital de risco, restringindo drasticamente a exploração de potencialidades e praticamente obrigando os investidores a apostar apenas em projetos cujas expectativas de retorno sejam compatíveis com os custos financeiros dos empreendimentos. Isto significa que a maioria dos projetos deverá ser dirigida à exploração de oportunidades em mercados de menor risco e a partir de técnicas que não apenas sejam de nível intermediário de sofisticação, mas que já sejam suficientemente dominadas pelas equipes científicas dos projetos.

¹⁶ Todas estas informações foram obtidas junto à Diretoria da Agrocere.

Assim, como pode ser visto, ainda que de forma bastante resumida, o desenvolvimento recente da biotecnologia agrícola na América Latina vem revelando problemas que levantam questões sobre o que ela pode representar, em termos tecnológicos e econômicos, no desenvolvimento dos países da Região. A este respeito faremos algumas observações no item a seguir.

IV.2.2 Perspectivas de desenvolvimento das agrobiotecnologias para os países latino-americanos

Embora tivesse sido creditada uma série de vantagens iniciais para os PMDs, no que respeita às oportunidades de inserção na biotecnologia moderna, o tempo tem se encarregado de mostrar que tais "vantagens" só podem assim ser consideradas se encaradas como um bom ponto de partida para políticas de capacitação. Sozinhas, sem uma política agressiva de ocupação de possíveis nichos, elas nada representam. Patrimônio genético, condições climáticas favoráveis, grandes extensões de áreas cultiváveis e mesmo a existência de certa (e respeitável) capacitação técnico-científica em ciências agrárias são condições que, embora possam ser consideradas favoráveis do ponto de vista estritamente técnico, pouco contam do ponto de vista econômico e do desenvolvimento tecnológico. A biotecnologia agrícola está se desenvolvendo no mundo (malgrado suas dificuldades) capitaneada por grandes companhias de indústrias que se situam a montante e a jusante da agricultura e com o apoio explícito dos governos nacionais e das instâncias decisórias dos grandes blocos econômicos. Não há dúvida de que se está cavando um fosso cada vez mais profundo entre os que detêm e os que não detêm capacitação tecnológica na área.

Mas a batalha dos mercados está apenas começando, tanto que é hoje muito difícil fazer prognósticos de impactos. Entretanto, por qualquer ângulo que se analise a situação, seja pelo lado das oportunidades, seja pelo das ameaças, apresenta-se um quadro bastante desfavorável. Colocam-se perspectivas (algumas já concretizadas) de perda de mercados para produtos de exportação, como café, cacau, açúcar, baunilha, entre outros, pelo desenvolvimento de produtos substitutos biotecnológicos nos países compradores¹⁷. Paralelamente, nos países desenvolvidos cresce a possibilidade de que a colocação de variedades

¹⁷ A este respeito ver FOWLER *et alii* (1988)

melhoradas por processos biotecnológicos possa levar à redução de custos de produção e à elevação de características cada vez mais importantes, tais como menor uso de pesticidas, melhor conteúdo de substâncias de interesse agroindustrial e melhores condições de armazenagem.

Como aponta SERCOVICH (1991:9), "Os PMDs estão ficando para trás, apesar de todo o potencial para um catching up, porque faltam-lhes muitos ou todos os ingredientes que concorrem na formação da capacitação social requerida para a realização deste potencial (...) a chave para explorar efetivamente o potencial de um salto não reside apenas no domínio dos elementos científicos de uma tecnologia, mas sim no domínio da engenharia, do conhecimento industrial e comercial e na capacitação tecnológica, que tornam possível alcançar a competitividade de mercado". A isto acrescentaríamos ainda a necessidade de uma estratégia agressiva de monitoração e de ocupação dos mercados escolhidos.

Assim, se para os países desenvolvidos o investimento produtivo, público e privado, tem mostrado tendências de curto, médio e longo prazos - como o emprego decisivo de técnicas de nível intermediário de sofisticação, ao mesmo tempo em que não se perde de vista o progresso nas técnicas mais sofisticadas, malgrado seu caráter incerto e de resultados possíveis apenas no longo prazo -, para os PMDs tal condição exige um planejamento estrito e imediato, buscando promover tecnologias de curto prazo, de rápida entrada no mercado, o que significa investir em desenvolvimento nos produtos onde já existam vantagens competitivas, para não perdê-las, e em outros que se possam beneficiar das vantagens de clima, solo e recursos genéticos, de uma forma dinâmica.

PERSLEY (1990:131) sublinha a importância de investimentos no que ela chama de commodities órfãs, que são definidas como produtos para os quais "há pouca ou nenhuma possibilidade de investimentos em moderna biotecnologia em países desenvolvidos, seja pela pouca importância do produto em áreas temperadas, seja porque não há perspectivas de lucratividade para as empresas transnacionais". Estes produtos tanto podem ser culturas tradicionais de exportação dos PMDs, como outros produtos de menor volume de mercado mas de maior valor agregado, como são, por exemplo, os casos de diversas frutas tropicais e subtropicais de exportação.

Sobre estas commodities órfãs a biotecnologia apresenta oportunidades tanto para a geração de insumos à sua produção, como para conferir

características específicas aos produtos, visando a crescente segmentação dos mercados, o que vai exatamente ao encontro da segmentação dos padrões de consumo e da importância crescente que apresentam os mercados consumidores que privilegiam a qualidade nutricional, a ausência de resíduos de pesticidas, o sabor e o aroma, entre outros aspectos.

Do ponto de vista da disponibilidade de conhecimento para explorar tais oportunidades, se não se pode afirmar que há domínio das principais técnicas, também não se pode dizer que existam obstáculos muito sérios a transpor. Na verdade, vale aquilo que dissemos acima para a experiência de empresas brasileiras de agrobiotecnologia, de que a capacitação existente em ciências agrônômicas é necessária, mas insuficiente, sendo fundamental partir do princípio da necessidade de reciclagem da competência científica e tecnológica existente, porque a disponibilidade de um conhecimento genérico, como é o caso de muitas das técnicas de cultura de tecidos, não quer dizer que o processo de transferência e de aprendizado sejam automáticos para qualquer laboratório e para qualquer cultura. Dominam-se os princípios básicos destas técnicas, mas sua aplicação produtiva exige um domínio que só pode ser conseguido pela prática tecnológica. Assim, esta suposta vantagem dos países da Região poderia, de fato, assumir um papel importante para o desenvolvimento da biotecnologia. O Quadro 22 apresenta resumidamente a situação de disponibilidade genérica de técnicas para alguns produtos órfãos, e o Quadro 23 indica algumas prioridades que poderiam ser empreendidas pelos PMDs, visando o aprendizado e a aplicação comercial da biotecnologia, segundo produtos, técnicas e prazos de maturação.

Na questão da produtividade agrícola, a situação dos PMDs é singular, dado a complexidade das relações que se impõem. Como vimos, nestes países há, de fato, problemas relativos aos baixos níveis gerais de produtividade, que coexistem, por outro lado, com áreas bem desenvolvidas e que apresentam índices satisfatórios de produtividade, devidos ao emprego da mais moderna tecnologia. Do ponto de vista técnico-econômico a tecnologia relativa ao padrão vigente está integralmente disponível, seja nos mercados internos ou externos, mas não está amplamente acessível às diversas categorias de produtores. Seria incorreto dizer que nestes países não há problemas de produtividade, apesar da disponibilidade da tecnologia, mas seria igualmente incorreto desconsiderar que em muitas áreas os problemas da agricultura estão mais próximos daqueles

observados nos países desenvolvidos, ou seja, problemas de custos, de preços e ambientais.

Quadro 22 - Disponibilidade de novas tecnologias para culturas selecionadas

Cultura	Diagnóstico ¹	Sistemas de propagação rápida ²	Sistemas de transformação ³	Sistemas de regeneração ⁴	Prazo comercialização ⁵
Banana/plátano	+	+	-	+	médio
Mandioca	+	+	+	-	médio
Cacau	+	-	-	-	longo
Côco	+	-	-	-	longo
Café	+	+	-	+	médio
Dendê	+	+	-	-	longo
Batata	+	+	+	+	curto
Colza	+	+	+	+	curto
Arroz	+	+	+	+	curto
Trigo	+	+	-	-	longo

código: + disponível; - não disponível

1 Diagnóstico baseado em anticorpos monoclonais ou em provas de ácido nucléico.

2 Como de micropropagação.

3 Métodos para inserção de novas informações genéticas.

4 Sistemas de regeneração por cultura de tecidos.

5 Curto prazo até 5 anos, médio prazo entre 5 e 10, longo prazo mais que 10 anos.

Fonte: PERSLEY (1990:9)

A heterogeneidade estrutural dos PMDs, que se reflete também na agricultura, coloca um complicador a mais para a reflexão sobre o papel das novas tecnologias. A pergunta central é a de como tornar virtuosa uma onda de inovações que certamente vai ter reflexos nestes países, sobretudo se considerarmos a importância que certos agentes têm na difusão de tecnologias para a agricultura, como são as empresas multinacionais, hoje protagonistas do desenvolvimento da biotecnologia em nível mundial.

Quadro 23 - Problemas técnicos e soluções potenciais para algumas commodities

Produto	Problemas	Solução biotecnológica potencial	Prazo ¹
Banana/plátano	Mal de Sigatoka; <u>Bunchy top virus</u> ; ² Mal do Panamá	novos diagnósticos; resistência	longo curto longo
Mandioca	teor de cianeto; virus do mosaico	variedades resistentes	longo médio
Café	ferrugem; características de qualidade	resistência; novas variedades	médio longo
Cacau	propagação vegetativa lenta	cultura de tecidos;	longo
Côco	sem propagação vegetativa; doenças viróticas; <u>Lethal yellowing disease</u>	cultura de tecidos; novos diagnósticos; mapeamento genético	médio curto longo
Dendê	propagação clonal; anormalidades de floração; susceptibilidade a seca pragas e doenças qualidade do óleo	cultura de tecidos; mapeamento genético; engenharia genética; engenharia genética	médio longo longo longo longo
Batata	susceptibilidade a alta temperatura; falta de sementes livres de doenças	mapeamento genético cultura de tecidos e técnicas de diagnóstico	curto curto
Colza	qualidade do óleo	mapeamento genético	médio
Arroz	doenças viróticas	engenharia genética	médio
Trigo	doenças fúngicas; doenças viróticas	engenharia genética; engenharia genética	longo médio

1- curto prazo até 5 anos, médio prazo entre 5 e 10, longo prazo mais de 10 anos

2- não está presente na América Latina

Fonte: PERSLEY (1990:10)

A passagem para um novo método de produção na agricultura, menos intensivo em produtos químicos, mais atento aos problemas ambientais, voltado ao maior conhecimento e controle das relações solo-clima-planta-animal e pelo menos tão produtivo quanto o padrão ainda em vigor, pode tornar ainda mais anacrônica a situação da maioria dos PMDs. Para isto basta que não seja tomada uma atitude eficaz para incorporar os produtores rurais até hoje excluídos do movimento modernizador da agricultura nestes países, simplesmente porque

nesta nova perspectiva o acesso aos meios de produção e particularmente à informação especializada é ainda mais importante do que tem sido até agora.

Cabe também perguntar-se, como faz pragmaticamente PERSLEY (1990), qual biotecnologia desenvolver para quais objetivos. Empregando as palavras da autora:

- Quais são os maiores problemas a serem resolvidos em um país ou região, com relação à produtividade agrícola?
- Que novos produtos e processos são necessários para resolver tais problemas?
- Estes produtos e processos existem ou precisam ser desenvolvidos?
- Se existirem em algum lugar, seria possível transferi-los?
- Se não existirem, precisariam ser desenvolvidos nos locais onde são requeridos?
- Qual o melhor caminho para desenvolvê-los e em que lugar?

Estas, ao nosso ver, são perguntas fundamentais que devem ser consideradas na elaboração de uma estratégia para o desenvolvimento da biotecnologia agrícola em PMDs. Em termos gerais, uma política poderia observar os seguintes aspectos: a) centrar em programas de manutenção da competitividade para produtos de comércio internacional e da criação de vantagens dinâmicas a partir da transformação de vantagens que no atual estágio podem ser consideradas estáticas; b) atentar para os efeitos de escala de P&D, incentivando acordos pré-competitivos e envolvendo grandes empresas locais que, de preferência, tenham afinidades com os mercados visados; e c) contar ativamente com a participação do setor público, seja para capacitação tecnológica, seja para o financiamento de investimentos em programas de P&D, ou ainda para estabelecer a regulamentação mais adequada para as realidades sócio-econômicas internas.

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

Neste capítulo de conclusões pretendemos retomar os principais elementos discutidos em cada parte deste trabalho, voltados a elaborar uma síntese sobre a moderna biotecnologia no contexto da dinâmica de inovação tecnológica da agricultura. Deveremos então discorrer sobre questões relativas às transformações das áreas-problema e dos ambientes concorrenciais que atuam direta e indiretamente na definição de paradigmas e trajetórias tecnológicas da agricultura. Da mesma forma, procuraremos acrescentar mais algumas análises sobre os caminhos da moderna biotecnologia no que se refere às potencialidades técnicas para a produção agrícola, indicando as possíveis trajetórias a serem trilhadas no futuro próximo. Em resumo, procuraremos centrar nossa análise na intersecção entre a dinâmica de inovação tecnológica para a agricultura e as potencialidades (oportunidades) tecnológicas da moderna biotecnologia.

O eixo fundamental de nossa análise pode ser localizado nos fatores que estão determinando as transformações das trajetórias tecnológicas vigentes e as perspectivas de surgimento de novos paradigmas e novas trajetórias tecnológicas. De um lado, novas áreas-problema levam a crer no surgimento de um novo paradigma tecnológico, de um novo regime tecnológico para a agricultura; de outro lado, o esgotamento de certas trajetórias sugerem mudanças mais ou menos prementes.

Retomando algumas idéias sugeridas ao final do capítulo II, cabe perguntar quais seriam neste momento histórico as condições mais evidentes associadas à identificação de áreas-problema. Que questões um observador da agricultura moderna poderia se fazer nos dias de hoje sobre as várias ordens de "dificuldades" que se apresentam? O que mudou em relação às questões que imaginamos para um observador no início do século XIX? O que poderia ser dito hoje a respeito do controle das condições ambientais, como fertilidade dos solos, controle do clima e dos regimes de chuvas? das condições de controle de pragas e doenças? da sistematização dos solos? do melhoramento genético das espécies vegetais e animais?

Talvez o sentido das perguntas esteja, nos dias de hoje, deslocado da preocupação geral de se tornar disponível um conjunto de tecnologias eficientes para se alcançar o objetivo maior de ganhos de produtividade e de intensificação da produção, para se localizar na preocupação de que níveis adequados de

produção e de produtividade sejam logrados sob um conjunto de tecnologias mais eficazes desde os pontos de vista da racionalização técnica de seu uso, dos custos impostos à produção, dos impactos sobre o ambiente e das demandas agroindustriais, mormente daquelas relativas aos padrões nutricionais e aos aspectos da alimentação que influem na saúde dos consumidores (óleos e gorduras, fibras, etc.). Não se abandona a busca da produtividade da planta e do animal, mas ela deixa de ser um objetivo em si mesma e passa a fazer parte de um conjunto de objetivos do mesmo nível de importância. A intensificação da produção por área, que no item II.2.2 deste trabalho caracterizamos como sendo o regime tecnológico da agricultura moderna, e as trajetórias naturais por ela seguidas, parecem agora se direcionar para o que vem sendo chamado de agricultura sustentável, baseada ainda em níveis elevados de produtividade, desde que obtidos com tecnologias que não agredam o ambiente, de efeito conservacionista, de ação mais precisa e que racionalizem custos de produção. Este se prenuncia como um novo regime tecnológico, como uma nova direção geral do padrão tecnológico da agricultura.

Isto não quer dizer que as áreas-problema do controle climático, da fertilidade dos solos, do aprimoramento genético das espécies e outras que estiveram presentes na origem do padrão tecnológico moderno deixem de existir. Elas assumem outras dimensões, que podem ser exemplificadas nas seguintes questões: como resolver o problema da fertilidade dos solos com menores perdas de nutrientes (menor desperdício) e sem causar os problemas ambientais que decorrem do uso dos fertilizantes químicos? Como combater eficientemente as pragas e doenças sem que se incorra em danos ambientais e para a saúde humana e animal? Como irrigar eficientemente sem provocar salinização dos solos e com menor consumo de energia? Como sistematizar os solos com máquinas sem provocar deterioração física (compactação, perda de friabilidade, erosão)? Como prosseguir na mecanização com menor consumo de energia? Como criar novas variedades e novas raças com métodos mais precisos e de menor prazo de desenvolvimento?

Identifica-se, portanto, uma carência nocional de técnicas e conhecimentos que potencialmente requerem métodos para sua formulação e solução. Refletir sobre as soluções tecnológicas que serão desenvolvidas implica tomar em conta os paradigmas e trajetórias em curso, seus graus de esgotamento, suas perspectivas de sofrer mudanças que confirmem sobrevida ou que determinem

transformações radicais ao ponto de representar a emergência de novos paradigmas e novas trajetórias. Como vimos, há uma dupla tarefa ao se examinar as soluções tecnológicas concretas: uma a partir das transformações sobre as trajetórias existentes e outra a partir das potencialidades científicas e tecnológicas que se delineiam para a construção de um novo paradigma e de novas trajetórias.

É com esta perspectiva que devem ser discutidas as potencialidades da moderna biotecnologia. Como já afirmamos neste trabalho, tal enfoque analítico põe em destaque: a) indicadores de esgotamento das oportunidades relacionadas aos paradigmas vigentes (tais como custos de P&D, de obtenção de matérias-primas, redução no ritmo de geração de tecnologias, etc.); b) possibilidades de que inovações radicais venham a conferir sobrevida aos paradigmas em vigor; c) barreiras à entrada e à saída; d) a importância relativa das áreas-problema no âmbito da produção, que podem evoluir para situações mais ou menos críticas; e) o surgimento de novas áreas-problema; f) como se repartem e qual a importância das expectativas de lucratividade no curto, médio e longo prazos; e g) a importância das estratégias dos agentes econômicos direta e indiretamente interessados no padrão vigente, relacionadas aos seus respectivos ambientes concorrenciais.

A primeira observação que deve ser feita é a de que a moderna biotecnologia encontra, ao nível de suas trajetórias possíveis, um fértil campo de proliferação nos desafios atuais que definem as novas áreas problema (ou os novos conteúdos de velhas áreas-problema). Soluções "biológicas" fazem sentido, a priori, para o controle de pragas e doenças com menores danos ao ambiente; para a fertilização racional e menos poluidora dos solos; para o aprimoramento dos métodos de melhoramento genético das espécies; para o direcionamento de características ligadas à qualidade nutricional dos alimentos, entre outros aspectos. A identificação definitiva sobre quais soluções serão implementadas e quais assumirão o status de formas mais comuns de formular e resolver problemas, é virtualmente impossível nesse momento. Entretanto, cabe no escopo deste trabalho discutir os rumos da moderna biotecnologia no âmbito do padrão tecnológico da agricultura, arriscando prognósticos até onde nossos critérios analíticos permitem.

Como vimos, os avanços recentes que se têm verificado na biotecnologia agrícola são coerentes (salvo exceções) com os desafios que agora predominam e

que propõem mudanças no padrão tecnológico agrícola: plantas resistentes a pragas e doenças, plantas com características nutricionais específicas e métodos para o encurtamento do trabalho de melhoramento, são exemplos mostrados no capítulo IV que atestam esta afirmação. Entretanto, é difícil de prever quais as trajetórias que prevalecerão. Há um elevado grau de indefinição e o que mais se percebe hoje é a ocorrência simultânea de trajetórias que competem entre si; senão, vejamos.

Tomando inicialmente a área-problema do controle de pragas e doenças, apesar de estar claro que mudanças são inevitáveis, tanto pelo esgotamento crescente das trajetórias da indústria de pesticidas, como pelos problemas ambientais e de saúde pública aí existentes, não parecem evidentes as soluções tecnológicas que serão implementadas. De um lado, podemos pensar que o uso de pesticidas biológicos venha a ocupar o espaço dos pesticidas químicos; por outro lado, é possível imaginar que o avanço da engenharia genética de plantas chegue ao ponto de viabilizar o desenvolvimento de espécies vegetais resistentes à maior parte das pragas e doenças, levando, no limite, à eliminação do insumo pesticida. Uma terceira perspectiva é ainda possível: a evolução do conhecimento sobre a fisiologia e genética dos insetos-praga e dos microrganismos fitopatogênicos pode levar a que novas drogas químicas sejam desenhadas *ex ante* (a exemplo do que se propõe para a geração de fármacos) e que apresentem maior eficiência e menor risco, mantendo o método químico de controle como a principal ferramenta de combate às pragas e doenças.

São trajetórias tecnológicas essencialmente concorrentes, mas não necessariamente excludentes, podendo, na prática, chegar-se a uma situação onde elas co-existam. Para elas poderíamos alinhar argumentos favoráveis e contrários, prognosticando a prevalência de uma ou de outra segundo a satisfação de uma série de critérios. Hoje os dois primeiros caminhos têm sido privilegiados, com uma tendência mais favorável para o desenvolvimento de variedades resistentes. Este favoritismo se apóia no maior potencial tecnológico que tal via apresenta (crescente, com a evolução das técnicas de manipulação genética de plantas) e pelo fato de muitas das firmas líderes da indústria de pesticidas estarem inseridas na P&D destas novas variedades resistentes, o que não coloca uma contradição de interesses no longo prazo. Entretanto, há dois principais fatores que contribuem desfavoravelmente para a evolução desta trajetória: a dificuldade em praticar preços de sementes que justifiquem os

investimentos no seu desenvolvimento e os regimes de apropriabilidade. O desafio maior, além de unir na semente uma característica genética que signifique, ao mesmo tempo, um elevado potencial produtivo e uma alta resistência às principais pragas e doenças, será o de criar mercados para estas sementes, cujas dimensões econômicas justifiquem o conteúdo tecnológico que elas apresentarão; ademais, sua viabilização dependerá também da eficiência dos mecanismos de apropriabilidade, o que para nós, como já enfatizamos, se daria por meio de uma solução tecnológica, na qual as características da nova variedade não se repetiriam na descendência.

Assim, pelo que se apresenta no momento, embora se visualize um horizonte mais favorável no longo prazo para o desenvolvimento de variedades resistentes - o que se verifica também pelo número de pesquisas nesta área (ver capítulo IV) -, não se pode afirmar que aí esteja a solução tecnológica concreta para a área-problema do controle de pragas e doenças. Se a criação de mercados compatíveis para este tipo de semente se mostrar inviável e se os mecanismos de apropriabilidade não se desenvolverem a ponto de criar um dispositivo "natural" de proteção, como é por exemplo o caso do híbrido, parece então mais provável que os outros caminhos sejam privilegiados: novos pesticidas químicos e novos pesticidas biológicos. As noções de busca e seleção, em um nível microeconômico, e a noção de trajetória tecnológica da indústria são particularmente felizes para explicar este fenômeno: de um lado, as empresas desenvolvem um intenso processo de busca, sem que se tenha ainda um conjunto de eventos minimamente significativos no âmbito da seleção pelos mercados; de outro lado, identifica-se uma competição de trajetórias tecnológicas ao nível da indústria no novo paradigma da agricultura. Qualquer definição hoje parece bastante precipitada e mesmo as empresas que estão dedicadas a isto apostam em várias frentes, cercando as apostas por estratégias de monitoração tecnológica.

A curto prazo, pode-se afirmar que a tecnologia de controle de pragas e doenças passa por uma fase de transição, onde prevalecem o emprego de métodos mais racionais de uso de pesticidas químicos, o desenvolvimento de produtos com menor toxicidade e o crescimento do uso de pesticidas biológicos. Mas esta, como dissemos, é uma fase transitória.

Na área-problema do controle da fertilidade dos solos as mudanças são menos evidentes. Por um lado, o esgotamento tecnológico da indústria não é um fator tão crucial quanto na indústria de pesticidas, dado que a inovação em

produtos não constitui elemento chave na sua dinâmica concorrencial; por outro lado, embora haja problemas ambientais sérios, como a salinização dos solos e a contaminação dos lençóis freáticos com nitratos, a reação a estes problemas não tem o mesmo vigor que ocorre em relação aos pesticidas. Já no que respeita às opções tecnológicas, há poucas alternativas reais ou potenciais a serem propostas. No campo da moderna biotecnologia a principal alternativa se localiza na supressão do uso de fertilizantes nitrogenados por dois caminhos diferentes: o emprego de microorganismos que fixam o nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível às plantas; e a manipulação genética das plantas para que elas próprias desenvolvam a capacidade de fixar para si o N_2 que se encontra no ar. Estas são trajetórias concorrentes, para as quais poderíamos elaborar comentários muito semelhantes aos feitos para os pesticidas: está-se diante da substituição de um velho por um novo insumo (microorganismos fixadores *versus* formas quimicamente sintetizadas de nitrogênio)¹, ou da eliminação de um insumo típico da agricultura moderna (o fertilizante nitrogenado) por uma variedade que dele prescindia.

Atualmente os esforços se dirigem para ambas alternativas, mas com um certo favoritismo para a tentativa de incorporação de genes responsáveis pela fixação do N_2 nas plantas. As vantagens e desvantagens para a prevalência de uma ou outra trajetória, superados os limitantes técnico-científicos, são praticamente as mesmas apontadas no caso dos pesticidas: o maior interesse aparente pela obtenção de plantas que prescindam de fertilizantes nitrogenados implicaria a sofisticação tecnológica das sementes, e a atratividade para sua produção comercial passa pela capacidade em definir preços compatíveis para as novas sementes e pela definição de mecanismos de apropriabilidade mais eficientes que os atualmente existentes.

Ainda com relação aos fertilizantes, registre-se também o emprego de microorganismos e de metabólitos destes para alterar o processo de solubilização de rochas fosfatadas, que é realizado pela reação com ácidos inorgânicos (ácido sulfúrico e ácido fosfórico). Tal método teria a vantagem de propiciar uma disponibilidade "controlada" do fosfato às plantas, uma vez que a solubilização

¹ Quando dizemos novo insumo em referência a microorganismos fixadores, estamos nos referindo à perspectiva de desenvolvimento destes para a maioria das plantas cultivadas, superando a limitação atual de existirem comercialmente apenas bactérias fixadoras em leguminosas e particularmente em soja.

seria menos intensa e mais prolongada, evitando perdas do nutriente como as que ocorrem atualmente, especialmente nos solos de elevada acidez (como é boa parte dos solos tropicais), nos quais mais de 80% do fósforo aproveitável pela planta e contido no fertilizante fica indisponível nos primeiros momentos após a aplicação do fertilizante.

Aqui, ao contrário do caso acima, não ocorreria uma transformação radical (a supressão do insumo fertilizante nitrogenado), mas alterações no processo industrial e uma diversificação de produtos. Caso os métodos biotecnológicos evoluam a ponto de competir com o processo químico tradicional, colocar-se-ia uma situação de competição entre processos químicos e biológicos para a obtenção de adubos fosfatados. No momento, entretanto, não há evidências de que isto venha a ocorrer nos próximos 10 anos. De qualquer forma, o problema maior da adubação fosfatada reside em obter produtos mais eficientes e em reduzir o desperdício pela imobilização do nutriente no solo, e a solução para isto tanto pode estar no desenvolvimento de processos biológicos como em novos processos químicos.

A área-problema de melhoramento genético das espécies apresenta hoje novos desafios, que representam um conteúdo diverso daquele que norteou o desenvolvimento de variedades de alto rendimento desde o início da produção de híbridos, passando pela Revolução Verde nos anos 50 e 60. A tarefa de criação varietal é cada vez mais custosa, requerendo esforços crescentes de pesquisa para alcançar acréscimos cada vez menos expressivos de produtividade. Por outro lado, como vimos, grande parte das plantas cultivadas conta hoje com variedades ou híbridos com níveis bastante elevados de produtividade. Ocorre, na verdade, uma confluência destes dois fatos, que leva ao questionamento do tradicional trabalho de melhoramento, seja no que respeita seus métodos e técnicas, seja no que se refere aos seus objetivos. Neste horizonte, a biotecnologia, ou melhor, a engenharia genética representa a essência da possibilidade da mudança radical em direção a uma nova maneira de formular e resolver problemas. É um novo paradigma científico, porque altera drasticamente a forma e o método de buscar o conhecimento e de fazer a genética. Pode se tornar um novo paradigma tecnológico, desde que se desdobre em ferramentas necessárias e suficientes para o trabalho do melhoramento.

Assim, o melhoramento genético das espécies se destaca como o ponto focal da moderna biotecnologia. É aí que se concentram os maiores esforços e as

maiores promessas. A superação do enfoque estocástico pelo determinista se apresenta como o desafio maior: o sentido geral passa a ser o de transformar geneticamente as plantas cultivadas sem ter de recorrer a centenas ou a milhares de cruzamentos para que se possam identificar as melhores combinações. Mesmo no caso dos híbridos, a colocação de um novo material no mercado deixaria de ser precedida de centenas de provas experimentais de campo, o que representaria uma sensível mudança na composição do esforço de P&D.

Tal transformação radical dependerá, sobretudo, do alcance que terão as técnicas de manipulação direta do ADN. Como assinalamos nos capítulos III e IV, tais limites técnicos são ainda muito estreitos, havendo uma formidável distância entre o ideário da criação vegetal determinista e o que de fato vem sendo obtido, não só em nível comercial, como nos próprios laboratórios. O que se pode adiantar é que, considerando-se a possibilidade de cumprimento, ainda que parcial, deste ideário, ocorre hoje uma fase transitória de transformação do trabalho de melhoramento, onde as técnicas de cultura de tecidos vêm permitindo, basicamente, a redução nos prazos de desenvolvimento e o aumento da variabilidade genética com a qual se empreendem os programas. Ainda nesta fase, e também como já discutido no capítulo IV, começam a aparecer variedades recombinantes com características qualitativas discretas, tais como a presença de substâncias de interesse agroindustrial e a resistência a pragas e doenças.

Aqui se está falando em criar novos mercados para novas sementes, mas numa condição bastante distinta da atual, que está baseada na diversificação das variedades por melhorias incrementais do potencial produtivo. Com este novo cenário, pode-se imaginar uma diversificação muito mais intensa, provocando segmentações de mercado até agora inexistentes, o que implicaria que os mercados compradores de sementes (os produtores agrícolas) fossem sensivelmente modificados, na mesma medida em que os mercados para estes novos produtos agrícolas estejam igualmente estruturados. Vamos a alguns exemplos.

Tomemos primeiramente o caso de uma nova semente com características de interesse agroindustrial. Para que um agricultor pague mais por uma semente de soja que possa produzir um grão com maior teor de óleos ou de proteínas, é preciso que ele tenha a expectativa de que conseguirá colocar seu produto no mercado com preços maiores que o preço médio pago às sementes comuns, a

menos que este agricultor esteja integrado às agroindústrias processadoras, que lhe forneçam a semente e lhe comprem a produção. No caso de não ocorrer tal integração, a solução pode estar na forma de pagamento do grão pela agroindústria, ou seja, segundo os teores de óleo e/ou de proteína. Tal situação requereria, obviamente, uma estrutura de análise no "portão" da indústria processadora, o que tecnicamente não seria muito difícil, pelo menos para o caso do teor de óleos.

Ainda no mesmo caso, mas agora sofisticando um pouco mais: digamos que a nova semente leve à produção de um grão cujo elemento diferenciador não seja o teor de óleo ou de proteína, mas a qualidade destes, como por exemplo menor quantidade de óleos saturados que leve a um produto final diferenciado por ser, digamos, mais saudável, e/ou maior percentagem de um certo aminoácido essencial para o organismo do animal que irá consumir o farelo. Neste caso, um produtor não integrado terá de submeter seu produto a análises um tanto mais sofisticadas a serem feitas pela indústria (ou por terceiros, mas sob a vistoria da indústria), o que requereria um nível de competência ainda inexistente e talvez difícil de ser alcançado por toda a indústria, dado se tratar de procedimentos analíticos complexos.

De qualquer forma, o que deve ser destacado nestes casos é que, mesmo em situações onde já existe uma relação estreita entre a produção agrícola e o processamento agroindustrial - o que em princípio facilita as condições de comercialização do produto agrícola pela existência de uma demanda mais ou menos assegurada -, a diferenciação do mercado sementeiro implicaria alteração das relações comerciais entre o produtor e a indústria. Primeiro, porque a diferenciação do produto agrícola levaria à complexificação das relações entre produtores agrícolas e a indústria; segundo, porque esta diferenciação, nos casos em que significasse mudança qualitativa no produto agrícola do tipo daquela acima mencionada, estaria ligada também a uma diferenciação do produto processado, sendo esta uma pré-condição para aquela.²

Lembrando sempre que a semente é um bem intermediário, utilizado na produção de um produto agrícola que muitas vezes é também um bem

² O mesmo poderia ser pensado em relação a variedades de milho com maior teor de aminoácidos essenciais; a tomates com maior conteúdo de sólidos solúveis; entre outros exemplos.

intermediário, fica claro que a possibilidade de introdução de novas sementes com atributos qualitativos diferenciados dependerá da existência, ou da criação, de novos mercados para estes produtos. Em outras palavras, a idéia de cadeias produtivas que articulem, de um lado, novas demandas dos mercados finais e, de outro, novas opções de mercado surgidas da pesquisa biotecnológica vegetal, faz enorme sentido nesses casos. Tanto se pode pensar em termos de uma demanda vinda da agroindústria alimentar, derivada de suas estratégias de diversificação, como de uma oferta tecnológica vinda da pesquisa, de empresas de agrobiotecnologia. Não importa muito para a presente discussão onde se origina a inovação; importa mais anotar que o desenvolvimento desta linha de pesquisas exige uma certa coordenação das atividades de P&D.

Mesmo se raciocinarmos com o caso de produtos agrícolas cujos canais de comercialização não sejam estreitamente ligados à agroindústria processadora - como por exemplo o tomate de mesa "flavr savr" da Calgene, de maturação retardada (ver item IV.1.2) -, também haverá necessidade desta articulação, basicamente porque o produtor agrícola, que irá pagar mais por esta semente, deverá contar com preços diferenciados para seu produto junto aos atacadistas ou junto às grandes cadeias de supermercados, e estas junto aos consumidores finais³. Fica assim evidente que a vantagem tecnológica per se não é suficiente, devendo ser, na maior parte dos casos, mediada pelas articulações com os mercados à frente.

Há ainda uma outra questão a ser sublinhada. As empresas que estão investindo na geração destas novas variedades geneticamente modificadas, com vistas à obtenção de produtos agrícolas diferenciados, sabem que a venda das sementes, por mais lucrativa que seja, tem uma dimensão econômica reduzida frente à venda do produto agrícola que se obtém dessas sementes e, mais ainda, frente ao negócio do processamento deste produto agrícola. Assim, a atuação das empresas engajadas na agrobiotecnologia não deve se restringir ao negócio da semente, mas estende-se à produção agrícola e, em alguns casos, ao processamento agroindustrial, situações que podem ser concretizadas não somente pela participação direta na produção, mas principalmente por contratos de participação na venda dos produtos agrícolas in natura e processados.

³ A Calgene espera que o tomate produzido com sua semente venha a ter o dobro do preço da média dos tomates comercializados.

No que diz respeito à geração de novas variedades que apresentem resistência a pragas, a doenças e a condições edafo-climáticas adversas, a situação é diferente. Nestes casos o interesse sobre o novo produto se encerra na produção agrícola, na figura do produtor, que objetiva, com o uso destas variedades, reduzir riscos à lavoura, suprimir o uso de certos insumos e simplificar o processo produtivo pela própria redução de certas operações agrícolas (pulverizações, correção do solo, irrigação, etc.). Aqui se coloca uma condição de mercado para as novas sementes, que está ligada às vantagens e desvantagens para o agricultor em termos de riscos e custos de produção associados ao uso da nova variedade⁴. Coloca também, em determinadas situações, perspectivas de produção agrícola em áreas e em períodos do ano antes problemáticos, ampliando as opções agrícolas para diversas regiões que apresentam problemas de solo e clima inapropriados à maioria dos cultivos de interesse comercial, e possibilitando a flexibilização de épocas de plantio.

Comentando agora alguns aspectos relativos à agricultura animal, o principal exemplo de aplicação comercial da moderna biotecnologia é o do hormônio bovino de crescimento, o BST, que aumenta em cerca de 20% a produção de leite por animal. O uso deste produto em países que já apresentam problemas de superprodução de leite tem como finalidade manter a produção reduzindo o tamanho dos rebanhos e, conseqüentemente, os custos de produção leiteira. Trata-se portanto de um novo insumo de origem biotecnológica que aumenta drasticamente a produtividade, permitindo o afrouxamento das restrições de custos e menor pressão sobre os gastos com subsídios que são mantidos, por exemplo, na Comunidade Européia. Mas apesar do apelo positivo à difusão deste produto junto aos pecuaristas, há ainda restrições de ordem institucional a romper, dada a existência de movimentos de grupos de pressão contrários à comercialização do BST (ver item III.3.1).

Outro tipo de aplicação da biotecnologia que vem ganhando espaço é o do desenvolvimento de novos imunoterápicos e de kits de diagnóstico para doenças em bovinos, aves e suínos. Aparentemente, esta seria uma trajetória bastante viável de se consolidar, porque está ligada à ampliação do arsenal de técnicas de

⁴ Há casos em que o interesse comercial do produto obtido com uma semente com estas características pode também ser diferenciado. Por exemplo, se se suprime ou se reduz drasticamente o uso de pesticidas, o valor comercial do produto assim obtido pode ser aumentado, já que este aspecto é hoje cada vez mais valorizado pelos consumidores.

diagnóstico, prevenção e terapêutica de doenças, o que deve continuar a ser feito pelas empresas farmacêuticas e veterinárias que estão investindo na moderna biotecnologia, e também por NEBs que desenvolvem tecnologia e que se associam às grandes companhias, bem ao estilo do que ocorre na área de saúde humana, conforme discutido nos capítulos III e IV. Esta seria uma tendência de continuidade, que não romperia com as trajetórias vigentes.

Por outro lado, é possível encontrar uma série de exemplos de novas técnicas e de novos produtos que concorrem com os tradicionais, rompendo o padrão tecnológico atual. Por exemplo, o desenvolvimento de animais transgênicos que alcancem maior volume de carcaça em menor tempo, ou que produzam maior quantidade de leite com a mesma dieta alimentícia, concorre com o desenvolvimento de hormônios de crescimento produzidos por microorganismos geneticamente transformados, como o hormônio de crescimento bovino. Esta mesma disjuntiva pode ser pensada para a prevenção e cura de doenças através da engenharia genética, pois há a perspectiva de substituição de medicamentos veterinários, tanto aqueles de origem químico-farmacêutica quanto os de origem biológica, por raças e indivíduos imunes ou por terapias genéticas que dispensem o uso de certos medicamentos.

A questão que se pode colocar é semelhante a outras já formuladas para a biotecnologia vegetal: que trajetórias deverão prevalecer? a dos novos insumos para a produção animal, ou a da exploração das possibilidades da genética? Esta última implica, em vários casos, a supressão de certos mercados de insumos, em face da incorporação aos organismos de novas características genéticas que dispensam o uso de insumos.

A possibilidade de prevalecer a criação genética nos leva a refletir sobre como seria a estrutura de produção e comercialização de raças obtidas por engenharia genética. No caso de bovinos, onde a grande quantidade de raças e de mistura de raças, desenvolvidas em uma estrutura pulverizada de centros de melhoramento genético, não permite um controle do material genético como o que ocorre, por exemplo, no caso de aves para corte e postura, é possível que comece a existir uma maior concentração das atividades de P&D e de produção e comercialização de matrizes genéticas. A questão crucial para uma concentração técnica e econômica deste tipo é, além de desenvolver raças com características novas, desenvolver mecanismos de apropriabilidade e ampliar os mercados para matrizes, superando a heterogeneidade genética da grande maioria dos rebanhos.

No caso de aves e suínos a situação é também indefinida, mas por outros motivos. A genética de aves é atualmente desenvolvida por quatro grandes empresas que atuam na maior parte dos mercados produtores de carne de aves e de ovos e não se sabe ao certo que mudanças estão aí se processando. Contando com mecanismos de apropriabilidade altamente eficientes, pelos quais é impossível se reproduzir o potencial produtivo existente nas chamadas "avós" (os veículos genéticos comercializados para a geração de matrizes, que por sua vez gerarão os animais de abate e postura), estas empresas se encontram, provavelmente, às voltas com as novas tecnologias de base biológica. Mas em face de um nível muito baixo de informações sobre suas atividades de P&D, é particularmente difícil prognosticar que mudanças poderão se processar neste segmento, o mesmo ocorrendo em relação às matrizes genéticas de suínos.

Especulativamente, poderiam ser aventadas duas hipóteses gerais, definidas em função do grau de importância que a capacitação e a cumulatividade sobre a tecnologia em uso apresenta para o emprego das novas tecnologias. Supondo-se que com as novas tecnologias se possa prescindir do conhecimento acumulado, vale imaginar que se abre a possibilidade de contestação da atual estrutura de produção, desde que evoluam técnicas de melhoramento que permitam o desenvolvimento de material genético com padrões de qualidade e mecanismos de apropriabilidade cujos níveis de eficiência sejam pelo menos semelhantes àqueles atualmente existentes. Ao contrário, se a capacitação existente for importante para a aplicação de métodos da engenharia genética, então é mais provável que a atual estrutura de pesquisa e produção seja reforçada.

Todos esses aspectos relativos à conformação de novas trajetórias tecnológicas refletem bem o estágio pouco definido das situações de mudança que estão em curso. Há um intenso processo de busca de inovações, movido pelos mais diversos fatores, como já discutimos anteriormente; entretanto, os processos de seleção pelo mercado e de construção de novas relações entre usuário e produtor de tecnologia, encontram-se ainda em estágios incipientes.

Neste contexto, em nosso entender a biotecnologia deverá, nos próximos 10 anos, apresentar uma evolução gradual de um conjunto de opções tecnológicas que contribuam à transição do padrão tecnológico moderno da agricultura para um novo regime tecnológico, que definimos acima como sendo o da "agricultura sustentável", em oposição ao do regime da intensificação da produção por área.

Esta perspectiva em muito se assemelha à proposta por BONNY & DAUCÉ (1987; 1989) e que foi discutida no final do segundo capítulo deste trabalho.

A biotecnologia, juntamente com a informática aplicada à agricultura, devem ser desenvolvidas e empregadas, num primeiro momento, para a racionalização do uso de fertilizantes, pesticidas, irrigação e energia; para a redução do potencial de degradação ambiental das práticas agrícolas; para a recuperação de solos e águas de superfície e subterrâneas; e para a ampliação da diversificação de produtos agrícolas visando atender aos novos mercados, tanto de consumo in natura, como de produtos agroindustrializados.

Neste movimento, duas variáveis principais contribuem para regular o grau de transformação das trajetórias tecnológicas vigentes, ou seja, se elas seriam mais ou menos radicais: a primeira se refere à superação de limitações técnico-científicas, ao ponto de tornar rotineiras as técnicas de engenharia genética, desde a identificação dos genes e grupos de genes, até sua clonagem e completa expressão; a segunda diz respeito à reestruturação do mercado de sementes, já que uma tal sofisticação tecnológica em variedades recombinantes exigiria uma modificação na capacitação científica e tecnológica das empresas, a instituição de mecanismos de apropriabilidade de elevada eficiência, e novas relações de comercialização, porque tais sementes teriam maior conteúdo tecnológico, maior preço e estariam dirigidas a mercados bem mais segmentados que os atualmente existentes.

A importância desta última variável pode ser relativizada na hipótese da pesquisa pública seguir desempenhando um papel central na geração de novas variedades, porque nesse caso tanto a capacidade de definir preços quanto a apropriabilidade deixam de ser tão fundamentais como o são para o investimento privado. Mas mesmo que a pesquisa pública participe da P&D e produção de variedades geneticamente transformadas, as circunstâncias institucionais que hoje a envolvem dão mostras de que está havendo, em nível internacional, uma recomposição das relações público/privado.

A direção desta recomposição aponta para maior autonomia financeira das instituições juntamente com menor dependência de recursos institucionais do Estado; ou, em outras palavras, é cada vez mais evidente que os arranjos institucionais da pesquisa pública, num futuro próximo (durante a década de 90), estarão voltados para a captação de recursos, que pode se dar de diversas

formas, entre elas a venda de variedades e de serviços de P&D segundo uma percepção comercial mais próxima da lógica privada que da lógica que prevaleceu nas instituições públicas de diversos países durante todo o período de formação e consolidação do padrão tecnológico moderno da agricultura. Isto quer dizer, de um lado, que os objetivos dos programas de P&D das instituições públicas devem se aproximar, cada vez mais, dos interesses do setor privado e, de outro lado, que a perspectiva comercial dos resultados destes programas passa a ter peso crescente nas estratégias institucionais.

Assim, também para as instituições públicas assume importância poder contar com melhores condições de apropriabilidade e de definição de preços - talvez sem os mesmos critérios empregados pelas empresas privadas de sementes, pois se espera que tal tendência não signifique o completo empresariamento da pesquisa pública -: mas certamente sem os mesmos efeitos reguladores que o setor público vem de há muito exercendo sobre o mercado, ao difundir, a preços irrisórios, as variedades que desenvolve.

Entretanto, se supusermos que a evolução das técnicas de engenharia genética e os mecanismos de apropriabilidade alcancem seus pontos "ideais" na ótica das empresas privadas, então pode-se instituir uma situação de competição entre setor público e setor privado na P&D e produção de variedades recombinantes, cujo resultado deverá ser a aceleração da tendência a que a atividade de melhoramento genético deixe de ser predominantemente pública e passe a ser predominantemente privada.

Por fim, gostaríamos de lembrar que as observações que estamos fazendo são gerais, de âmbito global, referidas aos locais onde a agricultura se modernizou seguindo a evolução do padrão moderno que descrevemos e discutimos em toda a primeira parte deste trabalho. Para os países menos desenvolvidos, especialmente os latinoamericanos e o Brasil em particular, que contam com uma significativa competência na pesquisa agrônômica e que mantêm uma importante base econômica na produção agrícola e agroindustrial, parece-nos fundamental dominar esta ampla realidade mais geral e nela procurar os caminhos mais profícuos, para que sua inserção, nesse futuro que se avizinha de forma intensa mas imprecisa, se dê essencialmente como um participante ativo, capaz de contribuir para definir o próprio rumo das mudanças.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMOVAY, R. Paradigmas do capitalismo agrário em questão. HUCITEC / Ed. UNICAMP, São Paulo / Campinas, 1992, 275pp.
- ACHILLADELIS, B.; SCHWARZKOPF, A. & CINES, M. A study of innovation in the pesticide industry: analysis of the innovation record of an industrial sector. *Research Policy*, 16, 1986:175-212.
- ALEXANDRATOS, N.(ed.) L'Agriculture mondiale: horizon 2000. Etude de la FAO. Economica, Paris, 1989, 399pp.
- AMENDOLA, M. & GAFFARD, J-L. The Innovative Choice. An economic analysis of the dynamics of technology. Oxford, Basil Blackwell, 1988, 116pp.
- ARAUJO, N. B.; WEDEKIN, I. & PINAZZA, L. P. Complexo Agroindustrial: o agribusiness brasileiro. Agrocere, São Paulo, 1990.
- ARORA, A. & GAMBARDELA, A. Complementarity and external linkages: the strategies of the large firms in biotechnology. *The Journal of Industrial Economics*, XXVIII, June 1990.
- ARROYO, G.; ARIAS, S.; PACHECO, C. G.; OROZCO, M. C. & PENSADO, M. R. Biotecnologia: ¿ una salida para la crisis agroalimentaria? Universidad Autónoma Metropolitana y Plaza y Valdés, Mexico-DF, 1988, 390pp.
- AVALOS GUTIÉRREZ, I. Biotecnologia y industria - un ensayo de interpretación teórica. Serie Documentos de Programas (18). IICA, San José de Costa Rica, 1990.
- BERLAN, J. P. L'industrie de semences, economie et politique. *Revue d'Economie Rurale*, (158), 1983.
- BEUS, C. E. & DUNLAP, R. E. Conventional versus alternative agriculture: the paradigmatic roots of the debate. *Rural Sociology*, 55 (4), 1990.
- BINSWANGER, H. P. The microeconomics of induced technical change. in Binswanger, H. P. & Ruttan, V. W. Induced Innovation. Technology, Institutions and Development. John Hopkins U.P., Baltimore, 1978a, 423pp.
- BINSWANGER, H. P. Measured biases of technical change: The United States. in Binswanger, H. P. & Ruttan, V. W. Induced Innovation. Technology, Institutions and Development. John Hopkins U.P., Baltimore, 1978b, 423pp.
- BIO/TECHNOLOGY, Julho e Agosto de 1992.

- BONACELLI, M. B. M. Desenvolvimento da biotecnologia vegetal no Brasil: uma análise de dois estudos de caso de investimentos privados. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas, 1991.
- BONNY, S. & DAUCE, P. Recherches et innovations en agriculture: essai de bilan des changements techniques susceptibles de se diffuser au cours des prochaines années. INRA-Grignon/Rennes, Notes et Documents nº 18, 1987.
- BONNY, S. & DAUCÉ, P. Les nouvelles technologies en agriculture. Une approche technique et économique. Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales, (13), 4^e Trimestre, 1989.
- BOSERUP, E. Evolução Agrária e Pressão Demográfica. HUCITEC/POLIS, São Paulo, 1987, 141pp.
- BRENNER, C. Biotecnologie et agriculture dans les pays en développement: le cas du maïs. Les Éditions de L'OCDE, Paris, 1991.
- BROCKWAY, L. H. Science and colonial expansion. The role of the British Royal Botanic Gardens. Academic Press, New York, 1979, 215pp.
- BROWN, L. R. Seeds of Change. The green revolution and development in the 1970's. Praeger Publishers, New York, 1970, 205pp.
- BURRILL, G. S. & LEE Jr., K. B. Biotech 91: a changing environment. Ernst & Young, San Francisco, 1990.
- BUSH, L.; LACY, W.; BURKHAND, J. & LACY, L. Plants Power and Profit. Basil Blackwell, Cambridge, 1991, 275 pp.
- BUSH, L. & SACHS, C. The agricultural sciences and the modern world system. in Bush, L. Science and Agricultural Development. Allanheld, Osmun Publishers, New Jersey, 1981.
- BUSINESS WEEK, 2 de março de 1992.
- BUTTEL, F. H.; KENNEY, M.; & KLOPPENBURG Jr. Geração e aplicação de biotecnologia nos países em desenvolvimento: o papel dos centros internacionais de pesquisa agrícola (CIPAs). Cadernos de Difusão de Tecnologia da EMBRAPA, 7 (1-3), 1990.
- BYÉ, P.; CHANARON, J. J. & PERRIN, J. Les determinants de l'innovation en agriculture à travers de la littérature sur le machinisme et les engrais. Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales, (10), 1^{er} trimestre, 1989.
- CANUTO, O. Mudança técnica e concorrência: um arcabouço evolucionista. IE/UNICAMP, Texto para Discussão (6), 1992.

- CASSIOLATO, J. E. & ANCIÃES, A. W. F. Os condicionantes do desenvolvimento das novas biotecnologias: algumas observações sobre sua relação com o ciclo atual e com os avanços em microeletrônica. in Martine, G. & Castro, C. M. Biotecnologia e Sociedade. Ed. UNICAMP / ALMED, Campinas, 1985.
- CERANTOLA, W. A. Estratégias tecnológicas das empresas de biotecnologia no Brasil: um estudo exploratório. Dissertação de Mestrado, FEA/USP, São Paulo, 1991.
- CHRISTOU, P.; FORD, T. L. & KOFRON, M. Production of transgenic rice plants from agronomically important indica and japonica varieties via electric discharge particle acceleration of exogenous DNA into immature zygotic embryos. *Bio/technology*, 9, october 1991.
- CLARK, N. Similarities and differences between scientific and technological paradigms. *Futures*, 19 (1), Feb.1987.
- COOMBS, R.; SAVIOTTI, P. & WALSH, V. Economics and Technological Change. Macmillan Press, London, 1987.
- DA SILVA, E. J. The social cultural impact of applied microbiology and biotechnology for development. in FAST Seminaire sur "L'impact des biotechnologies sur le Tiers Monde. Paris, 2-4 Février, 1987.
- DI PRISCO, M. C. & TEXERA, Y. Biotecnologia: oportunidades para a Venezuela. Fondo Editorial Acta Cientifica Venezuelana, Caracas, 1986.
- DOSI, G. Technical change and industrial transformation: the theory and a application to the semi-conductor industry. London, Macmillan, 1984a.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. The determinants and directions of technical change and the transformation of the economy. in Freeman, C. Long Waves in the world economy. Frances Pinter, London, 1984b.
- DOSI, G. The nature of the innovative process. in Dosi *et alii* Technical change and economic theory, London, Frances Pinter, 1988.
- DOSI, G. & ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. in Dosi *et alii* Technical change and economic theory, London, Frances Pinter, 1988.
- DOSI, G.; PAVITT, K. & SOETE, L. The Economics of Technical Change and International Trade. Harvester Wheatsheaf, London, 1990.
- DUCOS, C. & JOLY, P-B. Les Biotechnologies. Ed. La Découverte, Paris, 1988, 127pp.

- FANFANI, R.; GREEN, R. H. & RODRIGUES ZUÑIGA, M. Biotechnologies et technologies de l'information, le problème de l'innovation dans l'agroalimentaire. INRA, Paris, 1992.
- FAO - Catálogo Regional de Laboratórios de Biotecnologia Vegetal. Encuesta Regional 1989-90, Santiago de Chile, 1990.
- FONSECA, M. G. D. Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para a agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas. Tese de Doutorado, Instituto de Economia, UNICAMP, 1990.
- FOWLER, C.; LACHKOVICS, E.; MOONEY, P. & SHAND, H. The laws of life. Another development and the new biotechnologies. *Development Dialogue*, (1-2), 1988.
- FREEMAN, C. The economics of industrial innovation. Cambridge University Press, 1982.
- FREEMAN, C.; CLARK, J. & SOETE, L. Unemployment and technical innovation. London, Frances Pinter, 1982.
- FREEMAN, C. & PEREZ, C. The diffusion of technical innovations and changes of techno-economic paradigm. Paper presented at the Conference on Innovation Diffusion, Venice, 17-21 March, 1986.
- FURTADO, A.; FREITAS, A.; RACHID, A.; RUIZ, A.; RALILLO, F.; VASQUEZ, G.; SILVEIRA, J. M.; BAQUÉ, J.; GITHAY, L.; FINHO, M.; BONACELLI, M. B.; DA COSTA, M. C.; FERREIRA, O.; FAJNZYLBER, P.; CORRÊA, P.; QUEIROZ, S.; SALLES FILHO, S. Capacitação tecnológica e competitividade: uma abordagem setorial e por empresas líderes. Convênio IPEA/PNUD/DPCT-UNICAMP, 1992.
- GADELHA, C. A. G. Biotecnologia em saúde: um estudo da mudança tecnológica na indústria farmacêutica e das perspectivas de seu desenvolvimento no Brasil. Dissertação de Mestrado, Campinas, IE/UNICAMP, 1990.
- GAFFARD, J-L. Mutations technologiques et choix stratégiques des entreprises. in Arena, R.; Benzoni, L. De Bandt, J. & Romani, P-M. *Traité d'Economie Industrielle*. Economica, Paris, 1988.
- GEBM - Genetic Engineering and Biotechnology Monitor. UNIDO, (32), 1990.
- GOLD, B. Technological diffusion in industry: research needs and shortcomings. *The Journal of Industrial Economics*, XXIX (3), March 1981.
- GONZALES, R. L. & QUINTERO, R. Biotecnologia e alimentos: perspectiva mexicana. *Cadernos de Difusão de Tecnologia da EMBRAPA*, 3 (3), 1986.

- GOODMAN, D.; SORJ, B. & WILKINSON, J. Da lavoura às biotecnologias. Ed Campus, Rio de Janeiro, 1990.
- GRANRUT, C. & SAMANIEGO, L. Les entreprises chimiques Europeennes et les biotechnologies. Monitor. FAST, 1990, 71pp.
- GRAZIANO DA SILVA, J. O progresso técnico na agricultura. Instituto de Economia da UNICAMP, Campinas, 1988.
- GREENAWAY, F.; ANDERSON, R. G. W.; MESSHAN, S. E.; NEWMARK, A. M. & ROBINSON, D. A. The chemical industry. in Singer, C.; Holmyard, E. J.; Hall, A. R. & Williams, T. I. A history of technology - Chapter 21. Clarendon Press, Oxford, 1958.
- GRIFFIN, K. La economia politica del cambio agrário. Fondo de Cultura Economica, México, 1982, 321pp.
- GRILICHES, Z. El maíz híbrido y la economía de la innovación. in Rosenberg, N. Economía del cambio tecnológico. Fondo de Cultura Económica, México-DF, 1979.
- GUIMARÃES, A. P. A crise agrária. Paz & Terra. Rio de Janeiro, 1979, 362pp.
- HABER, L. F. The chemical industry during the nineteenth century. Clarendon Press, Oxford, 1958a, 291pp.
- HABER, L. F. The chemical industry: a general survey. in Singer, C.; Holmyard, E. J.; Hall, A. R. & Williams, T. I. A history of technology - Chapter 20. Clarendon Press, Oxford, 1958b.
- HAGEDOORN, J. & SCHAKENRAAD, J. Inter-firm partnerships and co-operative strategies in core technologies. in Freeman, C. & Soete, L. New explorations in the economics of technological change. Pinter Publishers, London, 1990.
- HAYAMI, Y. & RUTTAN, V. W. Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais. Brasília, Depto de Publicações da EMBRAPA, 1988, 583pp. (primeira versão em inglês de 1971; primeira versão revisada de 1985)
- HIGTOWER, J. Hard Tomatoes. Hard Times. Schenkman Publishing Co., Cambridge, 1978, 332pp.
- JAFFÉ, W. R. La problematica del desarrollo de las agrobiotecnologias en América Latina. IICA, San José de Costa Rica, Série Documentos de Programas, (23), 1991.

- JAFFÉ, W. R. (coord) Estratégias gerenciais de empresas de agrobiotecnologias em América Latina. mimeo, IICA, San José de Costa Rica, 1992a.
- JAFFÉ, W. R. Agricultural biotechnology research and development investment in some Latin American countries. Science and Public Policy, 19 (4), 1992b.
- JOHNSTON, B. F. & KILB, P. Agricultura e transformação estrutural. Zahar, Rio de Janeiro, 1977, 458pp.
- JOLY, P-B. & DUCOS, C. Les artifices du vivant. Stratégies d'innovation dans l'industrie des semences (Prova tipográfica para impressão obtida com os autores), Abril de 1992.
- KAGEYAMA, A.; BUAINAIN, A. M.; REYDON, B. P.; SILVA, J. G.; SILVEIRA, J. M. J.; FONSECA, M. G. D.; RAMOS, P.; FONSECA, R. B. & BELIK, W. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. in Delgado, G. C.; Gasques, J. G. & Villa Verde, C. M. Agricultura e Políticas Públicas. IPEA, Brasília, 1990, 574pp.
- KAGEYAMA, A.; MELLO, M. T. L.; & SALLES FILHO, S. L. M. Biotecnologia e propriedade intelectual para novos cultivares. IPEA/PNUD, Projeto BRA 91/014. Brasília, DF, 1992.
- KAMIEN, M. I. & SCHWARTZ, N. L. Market Structure and Innovation. Cambridge University Press, Cambridge, 1982, 241pp.
- KATZ, J. & BERCOVICH, N. Innovacion genética, esfuerzos publicos de investigación y desarrollo y la frontera tecnológica internacional: nuevos híbridos en el INTA. Desarrollo Económico, 28 (110), 1988.
- KAUTSKY, K. A questão agrária. Ed. Nova Cultural, São Paulo, 1986, 401pp. (primeira edição em alemão de 1899).
- KENNEY, M. Biotechnology: The University-Industrial Complex. Yale University Press. New Haven, 1986, 306 pp.
- KENNEY, M. Biotechnology and the public sector. in Sasson, A. & Costarini, V. Biotechnologies in perspective. UNESCO, 1991.
- KLEINE, S. J. & ROSENBERG, N. An overview of innovation. in Landau, R. & Rosenberg, N. The Positive Sum Strategy. National Academy Press, Washington D.C, 1986.
- KLEINKNECHT, A. & VERSPAGEN, B. Demand and innovation: Schmookler re-examined. Research Policy, 19:387-97, 1990.
- KLOPPENBURG, JR., J. R. First the Seed. The Political Economy of Plant Biotechnology 1492-2000. Cambridge Univ. Press, New York, 1988, 349 p.

- KOHLMEYER, F. W. & HERUN, F. L. Science and engineering in agriculture: a historical perspective. Technology and Culture, 2. 1961:368-380.
- KONDO, M. Japanese R&D in robotics and genetic engineering. in Sigurdson, J. Measuring the dynamics of technological change. Pinter Publishers, London, 1990. 227 pp.
- KUHN, T. S. A Estrutura das Revoluções Científicas. Editora Perspectiva, São Paulo, 1978.
- LANDES, D. S. The Unbound Prometheus. Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present. Cambridge University Press, Cambridge, 1980, 566pp.
- LE BIHAN, J. Vertical integration and development of farms: the perfecting and diffusion of innovations in integrated systems. in Papi, U. & Nunn, C. Economic problems of agriculture in industrial societies. Proceedings of a conference held by the International Economic Association. Macmillan, London, 1969.
- LE VEEN, P. & de JANVRY, A. La economia política del cambio tecnológico en las economías desarrolladas. in Piñeiro, M. & Trigo, E. Cambio técnico en el agro latinoamericano. Editorial IICA, San José de Costa Rica, 1985.
- LENIN, V. I. Capitalismo e agricultura nos E.U.A. Ed. Debates. São Paulo, 1980.
- LENZ, M. H. A categoria econômica renda da terra. Teses-1. Fundação de Economia e Estatística, Porto Alegre, 1986, 102pp.
- LUNDVALL, B-A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. in Dosi et alii Technical change and economic theory, London, Frances Pinter, 1988.
- MALASSIS, L. Economie agro-alimentaire. Vol. I e III. Éditions Cujas, Paris, 1973.
- MANN, S. A. & DICKINSON, J. M. Obstáculos ao desenvolvimento da agricultura capitalista. The Journal of Peasant Studies, 5 (4), July, 1978. (versão em português produzida por Zander Navarro da UFRGS para o Programa de Pós-Graduação em Sociologia Rural)
- MANSFIELD, E. El cambio técnico y la tasa de imitación. in Rosenberg, N. Economía del cambio tecnológico. Fondo de Cultura Económica, México-DF, 1979 (versão do original em inglês de 1961).

- MANTOUX, P. A revolução industrial no século XVIII. UNESP/Hucitec, São Paulo, 1988, 552pp (tradução da versão de 1927).
- MARX, K. O Capital - Crítica da economia política. Difusão Editorial S/A, Rio de Janeiro, 1987 (primeira edição alemã de 1894).
- MELLOR, J. W. The Economics of Agricultural Development. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, 1966, 403pp.
- METCALFE, J. S. Impulse and diffusion in the study of technical change. in Freeman, C. Long Waves in the world economy. Frances Pinter, London, 1984.
- METCALFE, J. S. The diffusion of innovation: an interpretative survey. in Dosi et alii Technical change and economic theory, London, Frances Pinter, 1988.
- MOHAMMADI, S. B. American capitalism and agricultural development. in Bush, L. Science and agricultural development. Allanheld, Osmun Publishers, New Jersey, 1981, 188pp.
- MONTAGNER, P. Agroindústria: evolução de um instrumento analítico. Dissertação de Mestrado, IE/UNICAMP, Campinas, 1989.
- MOONEY, P. R. Seeds of the Earth. Inter Pares, Ottawa, 1980, 126pp.
- MOWERY, D. & ROSENBERG, N. The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. in Rosenberg, N. Inside the Black Box - Technology and economics. Cambridge University Press, 1982.
- MOWERY, D. C. & ROSENBERG, N. Technology and the pursuit of economic growth. Cambridge University Press, Cambridge, 1989, 330pp.
- MOWERY, D. C. Conclusions and policy implications. in Mowery, D. C. International Collaborative Ventures in U.S. Manufacturing. Ballinger Publishing Co., Cambridge/Massachusetts, 1988.
- MÜLLER, G.; MAGALHÃES, L. C. & VIAL, S. A. H. As relações micro-macro e a noção de complexo agroindustrial. Rascunho (4), Araraquara, FCA/UNESP, 1989.
- MÜLLER, G. Complexo agroindustrial e modernização agrária. HUCITEC, São Paulo, 1989, 149pp.
- NELSON, R. & WINTER, S. In search of useful theory of innovation. Research Policy, 6:36-76, 1977.
- NELSON, R. & WINTER, S. A evolutionary theory of economic change. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1982.

- OAKEY, R.: FAULKNER, W.: COOPER, S. & WALSH, V. New firms in the Biotechnology Industry - their contribution to innovation and growth. Pinter Publishers, London, 1990, 174 pp.
- OAKEY, R. P. & COOPER, S. Y. The relationship between product technology and innovation performance in high technology small firms. Technovation, 11 (2), 1991.
- OCDE L'Evolution des dépenses de science et technologie dans le zone OCDE au cours des années 1970, Paris, 1982.
- OCDE Biotechnologie: effets économiques et autres répercussions. Paris, 1989.
- ORSENIGO, L. The Emergence of Biotechnology - institutions and markets in industrial innovation. Pinter Publishers, London, 1989, 230 pp.
- OTA - Office of Technology Assessment - Commercial Biotechnology: an international analysis. Congress of the United States, Washington, 1984.
- OTA - Office of Technology Assessment - New developments in biotechnology N.5: Patenting Life. Congress of the United States, Washington. 1989.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: uma reformulação. Pesquisa e Planejamento Econômico, 5 (1), 1975.
- PALMER, I. Science and agricultural production. UNRISD, Geneva. 1972, 100pp.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. Research Policy, 13, (6), 1984.
- PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social system. in Freeman, C. Design, innovation and long cycles in economic development. Frances Pinter, London, 1986.
- PEREZ, C. & SOETE, L. Underdevelopment and catching-up in the international economy. in Dosi, G. et alii Technical Change and Economic Theory. Pinter Publishers, London, 1988.
- PEREZ, C. & SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. in Dosi et alii Technical change and economic theory, London. Frances Pinter, 1988.
- PERSLEY, G. J. Beyond Mendel's Garden: biotechnology in the service of world agriculture. C.A.B International, Oxon, UK, 1990, 155pp.
- PIÑEIRO, M. & TRIGO, E. Processos Sociais e Inovação Tecnológica en la agricultura de América Latina. Editorial IICA, San José de Costa Rica. 1983, 567pp.

- PIÑEIRO, M. & TRIGO, E. Cambio técnico e modernización en América Latina: un intento de interpretación. in Piñeiro, M. & Trigo, E. Cambio Técnico en el Agro Latinoamericano. Editorial IICA. San José de Costa Rica, 1985, 490pp.
- PISANO, G. P.; SHAN, W. & TEECE, D. Joint ventures and collaboration in the biotechnology industry. in Mowery, D. C. International Collaborative Ventures in U.S. Manufacturing. Ballinger Publishing Co., Cambridge/Massachusetts, 1988.
- PISANO, G. P. The governance of innovation: vertical integration and collaborative arrangements in the biotechnology industry. Research Policy, 20, 1991.
- POSSAS, M. L. Complexos industriais: uma proposta de metodologia. mimeo., IE/UNICAMP, Campinas, 1984.
- POSSAS, M. L. Estruturas de Mercado em Oligopólio. HUCITEC, São Paulo, 1985, 202pp.
- POSSAS, M. L. Concorrência, inovação e complexos industriais: algumas questões conceituais. Seminário "Mudança Técnica e Reestruturação Agroindustrial". NPCT/UNICAMP, Campinas, 24 a 26 de setembro de 1990.
- POTRYKUS, I. Gene transfer to cereals: an assessment. Bio/technology, 8, june 1990.
- PRIOLI, L. M. & SÖNDAHL, M. R. Plant regeneration and recovery of fertile plants from protoplasts of maize. Bio/technology, 7, june 1991.
- QUINTERO, R. Introducción al programa sobre el desarrollo de la biotecnología en México. in Robert, M. L. & Loyola, V. M. El Cultivo de Tejidos Vegetales en México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1985.
- QUINTERO, R. Estado del arte de la aplicación de la biotecnología a nivel internacional. Instituto de Estudos Avançados - USP, 1991.
- R.I.I.A - Royal Institute of International Affairs. World Agriculture: an international survey. Oxford University Press, London, 1932, 314pp.
- RASMUSSEN, W. D. The mecanization of agriculture. Scientific American, 247, (5), 1982:76-89.
- RATNER, M. Identifying quantitative traits in plants. Bio/technology, 8, may 1990.

- RENBORG, U. Tendencies towards concentration and specialization in agriculture. in Papi, U. & Nunn, C. Economic problems of agriculture in industrial societies. Proceedings of a conference held by the International Economic Association. Macmillan, London, 1969.
- ROSENBERG, N. The direction of technical change: inducement mechanisms and focusing devices. Economic Development and Cultural Change, 18, 1969.
- ROSENBERG, N. Inside the Black Box - Technology and economics. Cambridge University Press, 1982.
- ROTHWELL, R. The role of small firms in the emergence of new technologies. in Freeman, C. Design, Innovation and Long Cycles in Economic Development. Frances Pinter, London, 1986.
- RUIZ OLALDE, A. Capacitação tecnológica na agroindústria canavieira: o caso da COPERSUCAR. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências/UNICAMP, 1992.
- RUTTAN, V. W. Agricultural Research Policy. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1983, 369pp.
- RUTTAN, V. La teoría de la innovación inducida del cambio técnico en el agro de los países desarrollados. in Piñeiro, M. & Trigo, E. Cambio Técnico en el Agro Latinoamericano. Editorial IICA, San José de Costa Rica, 1985. 490pp.
- SAGB - Senior Advisory Group on Biotechnology. Economic benefits & European competitiveness. Brussels, 1990.
- SAHAL, D. Alternative conceptions of technology. Research Policy, 10 (1), 1981a.
- SAHAL, D. The farm tractor and the nature of technological innovation. Research Policy, 10, 1981b.
- SALLES FILHO S. L. M. Fundamentos para um programa de biotecnologia na área alimentar. Cadernos de Difusão de Tencologia, EMBRAPA, 3 (3), 1986.
- SALLES FILHO, S. L. M. & POFFO FERREIRA, O. O processo inovativo na agricultura: uma proposta de interpretação. Apresentado no Seminário Mudança Técnica e Reestruturação Agroindustrial. NPCT/UNICAMP, 24 a 26 de setembro de 1990, Campinas, São Paulo, Brasil.

- SALLES FILHO, S. L. M. & SILVEIRA, J. M. F. J. A teoria da inovação induzida e os modelos de "demand pull": uma crítica com base no enfoque neo-schumpeteriano. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural da SOBER, Florianópolis, 22 a 27 de julho de 1990.
- SALLES FILHO, S. L. M. & SILVEIRA, J. M. F. J. Relações agricultura indústria, complexos agroindustriais e a dinâmica concorrencial. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural da SOBER, Campinas, 28 de julho a 1º de agosto de 1991.
- SALLES FILHO, S. L. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; BONACELLI, M. B. M.; & RUIZ OLALDE, A. Estratégias empresariais em agro-biotecnologias no Brasil: um estudo de casos relevantes. Revista de Economia e Sociologia Rural, 30, 1992.
- SALTER, W. E. G. Productivity and Technical Change. Cambridge U.P., 1969.
- SANTOS, R. F. Presença de vieses de mudança técnica na agricultura brasileira. IPE-USP, São Paulo, 1986, 176pp.
- SASSON, A. & DA SILVA, E. J. Biotechnologies: un problème de société. La Recherche, 14 (147), 1983.
- SCHERER, F. M. Demand-pull and technological invention: Schmookler revisited. The Journal of Industrial Economics, XXX (3), 1982.
- SCHMOOKLER, J. Fuentes económicas de la actividad inventiva. in Rosenberg, N. Economía del cambio tecnológico. Fondo de Cultura Económica, México-DF, 1979 (versão original em inglês de 1962).
- SCHULTZ, T. W. La organización económica de la agricultura. Fondo de Cultura Económica, México, 1965a, 429pp. (primeira edição em inglês de 1953)
- SCHULTZ, T. W. A transformação da agricultura tradicional. Zahar ed., Rio de Janeiro, 1965b, 207pp.
- SCHUMPETER, J. A. Capitalism, Socialism and Democracy. Counterpoint, London, 1987, 437pp.
- SCRIP. Italian R&D spend up 10% in 1990. SCRIP (1666) november, PJB Publications Ltd, 1991.
- SERCOVITCH, F. C. Industrial biotechnology policy: guidelines for semi-industrial countries. UNIDO, 1991.
- SHARP, M. Biotechnology: watching and waiting. in Sharp, M. Europe and the new technologies, Frances Pinter, London, 1985.

- SHILLITO, R. D.; CARSWELL, G. K.; JOHNSON, C. M.; DIMAIO, J. J. & HARMS, C. T. Regeneration of fertile plants from protoplasts of elite inbred maize. Bio/technology, 7, june 1991.
- SILVEIRA, J. M. F. J.; SALLES FILHO, S. L. M.; FUTINO, A.; & BONACELLI, M. B. M. Inovações biotecnológicas e a indústria de sementes. in Coutinho, L. (coord.) Desenvolvimento Tecnológico da Indústria e a Constituição de um Sistema Nacional de Inovação no Brasil. Convênio IPT/FECAMP, mimeo, 1990.
- SILVEIRA, J.M.F.J. & SALLES FILHO, S.L.M. Desenvolvimento da biotecnologia no Brasil: uma análise de casos relevantes. Revista de Economia e Sociologia Rural, 26 (3) 317-41, 1988.
- SOETE, L. International diffusion of technology, industrial development and technological leapfrogging. World Development, 13 (3), 1985.
- STANKIEWICZ, R. Basic technologies and the innovation process. in Sigurdson, J. Measuring the Dynamics of Technological Change. Pinter Publishers, London, 1990, 227 pp.
- STONEMAN, P. L. Technological diffusion: the viewpoint of economic theory. Paper presented at the Conference on Innovation Diffusion, Venice, 17-21 March, 1986.
- SUNDQUIST, W. B. Emerging maize biotechnologies and their potential impact. OCDE, Technical Papers (8), 1989.
- SWADA, S. Technological stages in agricultural development, their determinants and perspective. Fifteenth International Conference of Agricultural Economists. São Paulo, Brazil, 19-30 August, 1973. Alden Press, Oxford, England, 1974.
- SWAMINATHAN, M. S. Perspectives in biotechnology research from the point of view of Third World agriculture. in Priorities in biotechnology research for international development - Proceedings of a Workshop, Washington D.C., National Academy Press, Washington, 1982.
- TEECE, D. J. Capturing value from technological innovation: integration, strategic partnering, and licensing decisions. in Guile, B. R. & Brooks, H. Technology and Global Industry. National Academic Press, Washington DC, 1987.
- TRIGO, E.; PIÑEIRO, M. & ARDILLA, J. Organización de la Investigación agropecuaria en América Latina. Editorial IICA, San José de Costa Rica, 1985, 537pp.