

**LEIDE ALBERGONI DO NASCIMENTO**

**DA REVOLUÇÃO VERDE À AGRIBIOTECNOLOGIA: RUPTURA OU  
CONTINUIDADE DE PARADIGMA TECNOLÓGICO?**

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências  
Econômicas. Curso de Ciências Econômicas.  
Setor de Ciências Sociais Aplicadas.  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Victor Manoel Pelaez  
Alvarez

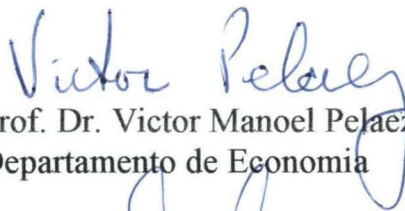
CURITIBA  
2004

## TERMO DE APROVAÇÃO

LEIDE ALBERGONI DO NASCIMENTO

DA REVOLUÇÃO VERDE À AGRIBIOTECNOLOGIA: RUPTURA OU  
CONTINUIDADE DE PARADIGMAS TECNOLÓGICOS?


Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Ciências Econômicas do curso do Departamento de Economia, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Victor Manoel Pelaez Alvarez  
Departamento de Economia



Prof. Dr. Nilson Maciel de Paula  
Departamento de Economia



Prof. Dr. Paris Yeros  
Departamento de Economia

Curitiba, 27 de janeiro de 2004.

A meus pais Onofre e Zinha que, quase sem perceber,  
deixaram que eu fosse quem sou hoje.

Agradecimentos ao Orientador, Victor Pelaez  
pela paciência, tolerância e incentivos.

Agradecimentos também às amigas, Joselis e Ruth.  
pelos ouvidos e risos.

*“Se viemos do nada, é claro que vamos para o tudo”*  
Guimarães Rosa

*“para quem pediu sempre tão pouco  
o nada é positivamente um exagero”*  
José Paulo Paes

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E MUDANÇA DE PARADIGMAS</b> .....	3
2.1 TAXONOMIA DAS INOVAÇÕES.....	3
2.2 TRANSIÇÃO DE PARADIGMAS.....	8
2.2.1 Transição de paradigmas científicos ou revoluções científicas.....	8
2.2.2 Transição de paradigmas tecnológicos.....	10
2.3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA.....	12
<b>3 A REVOLUÇÃO VERDE</b> .....	14
3.1 O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA.....	15
3.2 A DIFUSÃO DA AGRICULTURA MODERNA: A REVOLUÇÃO VERDE.....	17
3.4 ESGOTAMENTO DO MODELO TECNOLÓGICO.....	23
3.3 A INDÚSTRIA DE AGROQUÍMICOS.....	26
<b>4 A BIOTECNOLOGIA</b> .....	29
4.1 O SURGIMENTO DA AGRIBIOTECNOLOGIA: A POSSIBILIDADE DE EXPLORAÇÃO COMERCIAL DA ENGENHARIA GENÉTICA.....	29
4.2 A ESTRATÉGIA DE DIVERSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE AGROQUÍMICOS.....	33
4.3 A DIFUSÃO DAS PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS.....	38
<b>5 CONCLUSÕES: RUPTURA OU CONTINUIDADE?</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	47

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	- FASES DE UM PARADIGMA.....	6
FIGURA 2	- TAXA DE APROVEITAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TESTADAS PARA CADA INGREDIENTE ATIVO COLOCADO NO MERCADO.....	27
GRÁFICO 1	- USO DE FERTILIZANTES E ÁREA CULTIVADA <i>PER CAPTA</i> - 1950-1988.....	22
GRÁFICO 2	- EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CEREAIS – 1961-2001 (EM MILHÕES DE TONELADAS) .....	23
GRÁFICO 3	- TAXA DE INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE.....	24
GRÁFICO 4	- EVOLUÇÃO DA ÁREA DAS PRINCIPAIS VARIEDADES TRANSGÊNICAS.....	39
GRÁFICO 5	- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA GLOBAL DE LAVOURAS TRANSGÊNICAS EM 2002 (EM MILHÕES DE HECTARES).....	40
GRÁFICO 6	- LAVOURAS TRANSGÊNICAS DOMINANTES.....	40
GRÁFICO 7	- VENDAS DAS EMPRESAS DE AGROQUÍMICOS E SEMENTES – 1999 E 2000 (US\$ BILHÕES).....	42
QUADRO 1	- TIPOS E ATORES DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA....	13
QUADRO 2	- TECNOLOGIA DA REVOLUÇÃO VERDE.....	14
QUADRO 3	- FUNDAÇÃO DE CENTROS DE PESQUISA PARA A AGRICULTURA NAS DÉCADAS DE 1960 E 1970.....	20
QUADRO 4	- AQUISIÇÕES DE COMPANHIAS DE SEMENTES POR GRUPOS DE AGROQUÍMICOS.....	35
QUADRO 5	- AUTORIZAÇÃO DE COMERCIALIZAÇÃO DE SEMENTES GENETICAMENTE MODIFICADAS NOS EUA. ....	38
TABELA 1	- NÚMERO DE PATENTES POR CATEGORIA DE FIRMAS	32
TABELA 2	- DESPESAS EM P&D DE EMPRESAS SELECIONADAS DOS RAMOS DE SEMENTES E AGROQUÍMICOS – 1988 (US\$ milhões) .....	36

## RESUMO

A idéia de paradigma tecnológico foi definido por Giovanni Dosi em 1982 como o padrão ou modelo de princípios derivados de conhecimentos das ciências naturais e da tecnologia existente, o qual define o campo de investigação, os problemas a serem resolvidos e os procedimentos para resolvê-los. A Revolução Verde pode ser caracterizada como um paradigma tecnológico cujo problema a ser resolvido era o aumento da produção de alimentos. Esse paradigma deriva da evolução dos conhecimentos da química e da biologia, que definiram uma trajetória tecnológica baseada no uso intensivo de insumos químicos (fertilizantes e pesticidas). A partir da década de 1970, essa trajetória passou a mostrar sinais de esgotamento do modelo, cristalizados na identificação dos problemas ambientais ocasionados pelo uso intensivo de agroquímicos e no limite de crescimento da indústria de insumos químicos. A evolução do conhecimento científico resultou na descoberta da técnica de DNA recombinante no início da década de 1970, possibilitando o desenvolvimento de técnicas de melhoramento que superam as barreiras sexuais existentes na técnica de melhoramento genético tradicional. Se por um lado essa mudança significou a possibilidade de superação dos limites alcançados pelo modelo tecnológico da Revolução Verde, ela representou, por outro lado, a oportunidade de diversificação de atividades das empresas do ramo químico. A questão que se discute neste trabalho é se essa oportunidade tecnológica está sendo explorada para a construção de um novo modelo tecnológico baseado na redução do uso de insumos químicos, ou se está representando uma continuidade da trajetória do paradigma anterior, a partir de uma estratégia de valorização de ativos das empresas do ramo químico.

**PALAVRAS-CHAVE:** paradigma tecnológico; mudança tecnológica; Revolução Verde; biotecnologia agrícola



## 1 INTRODUÇÃO

A Revolução Verde, ocorrida a partir da década de 1950, consistiu na adoção de práticas agrícolas baseadas no uso intensivo de insumos químicos e instrumentos mecânicos pelos países de Terceiro Mundo. Essas técnicas já eram utilizadas nos países desenvolvidos desde o final do século XIX, cujas indústrias de produtos químicos e equipamentos mecânicos agrícolas já vinham se desenvolvendo. Apoiada em uma promessa de aumento da oferta de alimentos que proporcionaria a erradicação da fome, a Revolução Verde resultou em um novo modelo tecnológico de produção agrícola que implicou na criação e no desenvolvimento de novas atividades de produção de insumos ligados à agricultura. Esse modelo produtivo passou no entanto a apresentar limites de crescimento a partir da década de 1980, com a diminuição do ritmo de inovações e o aumento concomitante dos gastos em P&D, bem como o surgimento de problemas ecológicos advindos do uso intensivo de químicos, entre outros.

Neste contexto, a possibilidade de exploração comercial da biotecnologia baseada na utilização da engenharia genética, surgiu como oportunidade de superar esses limites através do desenvolvimento de organismos geneticamente modificados com maior resistência a determinados produtos químicos ou que dispensam o uso desses produtos. A questão que se coloca é se a biotecnologia agrícola poderia estar rompendo com o paradigma da Revolução Verde – modificando as práticas de produção baseadas no uso intensivo de defensivos sintéticos – ou se estaria representando uma continuidade, ao acentuar as práticas anteriores. Mais sucintamente, a agribiotecnologia baseada na engenharia genética faz parte de uma nova trajetória tecnológica de eliminação ou redução dos insumos químicos utilizados, ou representa a continuidade da trajetória desenvolvida na Revolução Verde?

O objetivo deste trabalho é a comparação do modelo tecnológico adotado a partir da Revolução Verde com o representado pela biotecnologia agrícola, apontando os elementos de mudança e de continuidade. Esse tipo de análise considera a inovação

tecnológica como um processo de formulação e de solução de problemas produtivos que se constitui e se transforma tanto em função de uma dinâmica interna de aquisição do conhecimento quanto em função de uma dinâmica externa de acumulação de capital. Para tanto será utilizado como instrumental de análise o referencial neo-schumpeteriano que discute a dinâmica do progresso técnico a partir dos conceitos de paradigma e de trajetória tecnológica.

O trabalho está estruturado em três capítulos, além da introdução e conclusão: o referencial teórico utilizado é exposto no segundo capítulo, a partir de uma revisão dos conceitos pertinentes ao trabalho oriundos da literatura neo-schumpeteriana; a caracterização do paradigma tecnológico representado pelo modelo adotado na Revolução Verde é construída no terceiro capítulo, que tenta mostrar a origem e os limites de tal modelo; o quarto capítulo discute o surgimento de um novo paradigma tecnológico a partir do processo de diversificação de atividades das empresas do ramo químico, que resultou na configuração atual da trajetória tecnológica da agricultura.

## **2 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E MUDANÇA DE PARADIGMAS**

Na perspectiva schumpeteriana o processo concorrencial ocorre não apenas em função da maximização de lucros, mas da própria sobrevivência e permanência da firma no mercado. Para tanto, a firma deve procurar adquirir vantagens competitivas através de novas mercadorias, novas tecnologias, novas fontes de oferta e novos tipos de organização. Nessa busca por vantagens competitivas, a firma é uma organização que influencia o ambiente em que atua por meio de inovações – sejam elas tecnológicas, mercadológicas, organizacionais ou institucionais. Esse processo concorrencial através de inovações traduz-se em mudanças estruturais que são verificadas no surgimento de novas demandas, novos hábitos dos consumidores e novas formas de se organizar a produção, configurando uma mudança tecnológica. (FERRARI; PAULA, 1999).

Neste capítulo faz-se uma revisão da literatura neo-schumpeteriana em três seções: na primeira, faz-se uma taxonomia das inovações; na segunda, discute-se os fatores sócio-econômicos que influenciam a firma na busca por inovações que traduzem-se em mudança de paradigma; e na terceira, coloca-se como ocorre a transição de paradigmas tecnológicos.

### **2.1 TAXONOMIA DAS INOVAÇÕES**

As inovações introduzidas por uma firma podem ser incrementais ou radicais. Inovações incrementais são aquelas que derivam de melhorias em produtos e processos já existentes. Este tipo de inovação está presente em todas as atividades econômicas, dependendo da pressão da demanda, de fatores sócio-culturais, de oportunidades e trajetórias tecnológicas. Essas inovações são mais ou menos contínuas e ocorrem não como resultado de uma pesquisa deliberada, mas como consequência de invenções e aperfeiçoamentos sugeridos pelos engenheiros e/ou usuários ocupados no

processo produtivo (*learning by doing* e *learning by using*) (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Inovações radicais, por sua vez, são inovações de produtos ou processos que não têm como antecedente melhorias de produtos e processos existentes. Seria o caso do *nylon*, que não poderia ter surgido a partir de melhoramentos na indústria de lã, ou ainda da energia nuclear que não poderia ter emergido de melhoramentos incrementais nas estações de carvão ou de petróleo. Essas inovações radicais são frutos de atividade deliberada de P&D das empresas, universidades ou centros de pesquisa governamentais. Elas aumentam a produtividade e trazem novos produtos e materiais, porém seu impacto econômico pode ser localizado ou restrito a alguns setores, não implicando em mudanças fundamentais no conjunto das organizações industriais (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Por vezes uma inovação induz a uma mudança tecnológica que afeta vários setores da economia ou faz surgir ramos novos, concentrados em um setor da economia. Essas mudanças são definidas como mudança no sistema tecnológico e são uma combinação de inovações radicais e incrementais, acompanhadas de inovações organizacionais e administrativas, que afetam várias firmas, ou seja, têm um longo alcance na economia (FREEMAN; PEREZ, 1988).

Por outro lado, a introdução de um conjunto de inovações radicais e incrementais com um efeito em toda a economia de forma direta ou indireta, constituiu uma mudança de paradigma tecnológico ou revolução tecnológica. As mudanças envolvidas vão além da trajetória da engenharia para um processo ou produto: afetam os custos de insumos, a estrutura de produção e a distribuição através do sistema (FREEMAN; PEREZ, 1988).

O conceito de paradigma tecnológico foi proposto por Giovanni Dosi (1982), a partir da idéia de paradigma científico de Thomas Kuhn em 1962. KUHN (1975) em sua obra "*A estrutura das revoluções científicas*" analisa a emergência de uma nova teoria ou descoberta com padrões completamente opostos à "ciência normal". A chamada "ciência normal" é a prática da ciência através de um determinado conjunto de regras e padrões tácitos definido como paradigma científico. De outra forma, o

paradigma científico coloca os problemas a serem resolvidos e o método para enfrentá-los. A mudança de paradigma, ou seja, o surgimento de um problema científico que não pode ser resolvido pelos instrumentos existentes, resulta em uma revolução científica.

DOSI (1982) define paradigma tecnológico como o “padrão” ou “modelo” de princípios derivados de conhecimentos das ciências naturais e da tecnologia existente, o qual define o campo de investigação, os problemas a serem resolvidos e os procedimentos para resolvê-los. Um paradigma tecnológico depende do conhecimento científico dominante<sup>1</sup>. “[T]he generation and utilization of part of the scientific knowledge is internal to, and often a necessary condition of the development of new technological paradigms” (DOSI, 1988, p. 1136).

Um paradigma tecnológico possui um poderoso efeito de exclusão: os esforços de pesquisa são relativamente focados em um caminho tecnológico, fechando-se à outras direções (DOSI, 1982). De fato, quando um paradigma tecnológico começa a estabilizar-se, os objetivos e heurísticas da pesquisa técnica geralmente tendem a divergir da investigação puramente científica. De certo modo, “... the technologies less directly depend on science.” (DOSI, 1988, p. 1137).

Dentro de um paradigma tecnológico desenvolvem-se trajetórias tecnológicas, definidas como o padrão da atividade normal de solução de problemas colocados pelo paradigma. A trajetória tecnológica pode ser representada pelo movimento de trocas multidimensionais entre as variáveis tecnológicas definidas como relevantes pelo paradigma. A mudança de um paradigma geralmente implica na mudança da trajetória tecnológica (DOSI, 1982, 1988).

Uma trajetória pode ser forte ou fraca, restrita ou mais genérica. Geralmente há complementaridade entre as trajetórias, uma vez que as diferentes formas de conhecimento, experiência e habilidade são interrelacionadas. Uma trajetória possui uma fronteira tecnológica, definida como o mais alto nível alcançado dentro de um

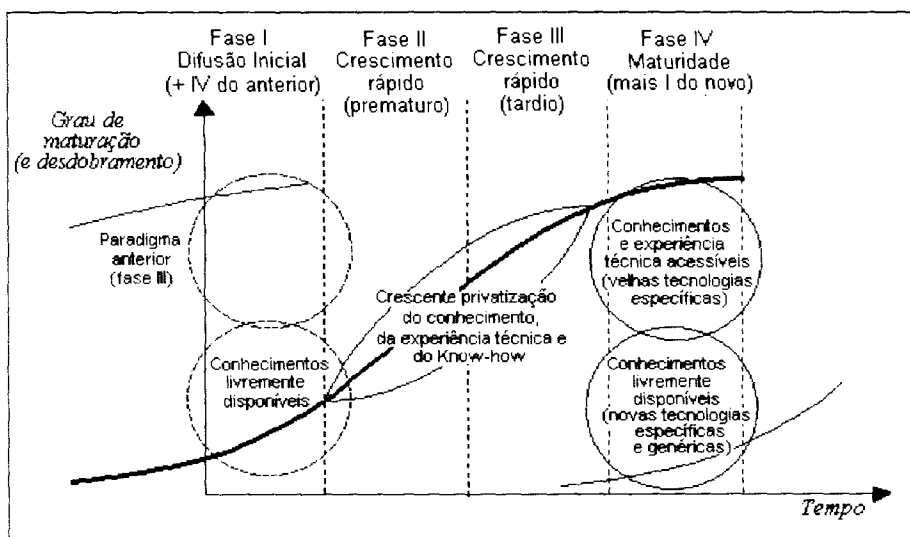
---

<sup>1</sup> Neste século em particular os paradigmas tecnológicos têm sido diretamente dependentes e vinculados ao principal pensamento científico, como foi o caso do motor a combustão interna, da química sintética e da microeletrônica (DOSI, 1988)

caminho tecnológico com respeito a uma tecnologia relevante e dimensão econômica (DOSI, 1982).

Um paradigma tecnológico também possui certos limites, estabelecido por seu ciclo de vida de quatro períodos: i) difusão inicial, quando surgem as inovações radicais em produtos e processos, proporcionando múltiplas oportunidades de novos investimentos e surgimento de novas indústrias e novos sistemas tecnológicos; ii) crescimento rápido (premature) quando as novas indústrias vão se firmando e explorando inovações sucessivas; iii) um crescimento tardio, quando o crescimento das novas indústrias começa a desacelerar-se e o paradigma difunde-se para os setores menos receptivos; iv) fase de maturação, ou a última fase do ciclo de vida do paradigma, na qual os mercados começam a saturar-se, os produtos e processos se padronizam, o conjunto de produtos chegam a um ponto de esgotamento e as inovações incrementais nos processos trazem pouco aumento de produtividade. Nesta última fase, a experiência acumulada em cada indústria e no mercado é tal que cada novo produto alcança a maturidade cada vez mais rápido (PEREZ, 1992). A figura 1 mostra graficamente as fases de um paradigma:

FIGURA 1: FASES DE UM PARADIGMA



FONTE: PEREZ, C. *Cambio técnico, restructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. El Trimestre Económico*, v. 61, p. 23-64, 1992

Observa-se que ocorrem dois momentos de coexistência de paradigmas. Na fase de difusão inicial, o novo paradigma coexiste com o anterior. E na fase de

maturação, haverá a emergência de um novo paradigma. O conhecimento passa por uma crescente privatização nas fases de crescimento do paradigma nas quais as inovações estão protegidas por patentes ou segredos, dificultando a entrada de novas empresas no mercado. Na primeira fase, os princípios científicos e técnicos necessários para a inovação estão disponíveis em universidades de centros de pesquisa, sendo portanto de domínio público. Na última fase, as técnicas e experiências já estão difundidas e as patentes expiradas, de forma que o conhecimento passa a ser novamente de domínio público (PEREZ, 1992).

Quando a última fase do paradigma é atingida, as firmas não permanecem inativas: buscam adotar estratégias que as mantenham no mercado, através de uma vantagem competitiva. Dentre as estratégias possíveis, a busca por novas tecnologias que possibilite a criação de novos produtos pode provocar uma mudança de tão longo alcance que implica em um novo paradigma tecnológico. “Son precisamente los éxitos sucesivos en esta búsqueda múltiple, emprendida por más y más empresas e industrias a medida que éstas enfrentan los límites de las trayectorias conocidas de innovación en productos y mejoras en procesos, los que finalmente llevan a la conformación gradual del nuevo paradigma.” (PEREZ, 1992).

A introdução de um novo insumo-chave dentro de uma estrutura geral de custos que provoca um salto quantitativo na produtividade, pode ser vista como uma revolução tecnológica, desde que siga as seguintes condições:

- a) uma redução drástica e claramente perceptível nos custos de vários produtos e serviços;
- b) capacidade de reduzir o custo do capital, da mão-de-obra e dos produtos, bem como um melhoramento dramático nas características técnicas de diversos produtos e processos;
- c) oferta ilimitada para ser aplicado em todos os setores possíveis;
- d) aceitabilidade social, política e ambiental;
- e) efeito penetrante no sistema econômico. (PEREZ, 1983; FREEMAN, 1984)

## 2.2 TRANSIÇÃO DE PARADIGMAS

Na medida em que o conceito de paradigma tecnológico inspira-se no conceito de paradigma científico, pode-se começar a entender o processo de transição de paradigmas tecnológicos a partir da análise proposta por Kuhn.

### 2.2.1 Transição de paradigmas científicos ou revoluções científicas

Um paradigma científico surge geralmente a partir de uma crise do paradigma vigente na solução de um problema que não pode ser resolvido com os instrumentos da ciência “normal”. Esse novo paradigma geralmente é iniciado por cientistas jovens que estão pouco engajados com a ciência normal e acaba por provocar uma reação de resistência dos adeptos do paradigma vigente. Essa resistência reflete a certeza de que o paradigma antigo será capaz de resolver todos os problemas que surgem (KUHN, 1975).

Para KUHN (1975) as crises indicam o momento de renovação dos instrumentos. Elas são uma condição necessária para a emergência de novas teorias e podem terminar de três maneiras:

- a) o problema que provocou a crise acaba sendo resolvido pela “ciência normal”;
- b) nem mesmo as novas abordagens aparentemente radicais são capazes de resolver o problema, que é rotulado e posto de lado para ser resolvido pela futura geração;
- c) a crise pode terminar com a emergência de um novo candidato a paradigma e com uma conseqüente batalha por sua aceitação (KUHN, 1975, p. 116).

A coexistência de paradigmas concorrentes resulta em discussões e tentativas de provar a superioridade de cada paradigma. No entanto, o novo paradigma surge para resolver um problema que o anterior não era capaz de fazê-lo e, assim sendo, não está preocupado em resolver os problemas que aquele dava conta. Deste modo, cada paradigma resolve um tipo de problema e, como um problema não pode ser resolvido



por dois paradigmas, um paradigma geralmente não é capaz de resolver os dois problemas.

Para que uma teoria possa ser aceita como paradigma ela deve ser mais bem sucedida na solução dos problemas julgados sobrepujantes, mas não precisa resolver todos os problemas. “De início, o sucesso de um paradigma (...) é, em grande parte, uma promessa de sucesso que pode ser descoberto em exemplos selecionados e ainda incompletos.” (KUHN, 1975, p. 44).

A escolha entre paradigmas concorrentes é uma escolha entre teorias geralmente incompatíveis, portanto não pode ser determinada pelos procedimentos de avaliação característicos da ciência normal, uma vez que esses dependem parcialmente de um determinado paradigma que está em questão. O papel de um paradigma no debate de escolha é circular pois “... cada grupo utiliza seu próprio paradigma para argumentar em favor desse mesmo paradigma” (KUHN, 1975, p.128). Por sua natureza circular, cada paradigma revela-se capaz de resolver os critérios que dita para si mesmo e incapaz de satisfazer aqueles impostos por seu oponente: “... quando duas escolas científicas discordam sobre o que é um problema e o que é uma solução, elas inevitavelmente travarão um diálogo de surdos ao debaterem os méritos relativos dos respectivos paradigma.” (KUHN, 1975, p. 137).

A concorrência de paradigmas não é o tipo de batalha que possa ser resolvido por meio de provas. A solução da competição não pode ser resolvida simplesmente contando-se o número de problemas resolvidos por cada um deles, uma vez que o conjunto de padrões científicos para a solução de problemas não é único. Além disso, cada escola defende a relevância de seu problema com sua solução. Trata-se de uma escolha entre incomensuráveis (KUHN, 1975).

Os debates entre paradigmas não tratam, portanto, da habilidade relativa para resolver problemas. “Requer-se uma decisão entre maneiras alternativas de praticar a ciência e nessas circunstâncias a decisão deve basear-se mais nas promessas futuras que nas realizações passadas.” (KUHN, 1975, p. 198).

A transição de paradigmas científicos consiste em um processo de técnicas de persuasão ou argumentos e contra-argumentos em uma situação que não pode haver

provas, o que exigiria uma espécie de estudo que ainda não foi empreendido. Não ocorre portanto baseada apenas em avaliações lógicas, mas também em técnicas de argumentação persuasiva eficazes (KUHN, 1975, p. 128).

### 2.2.2 Transição de paradigmas tecnológicos

Segundo PEREZ (1983, 1992) um novo paradigma tecnológico surge a partir de esforços de pesquisa de uma indústria que encontra seu limite de crescimento dentro do paradigma vigente, ou seja, como resposta à demanda persistente por tecnologias capazes de superar o limite da trajetória tecnológica baseada no uso de um insumo-chave. De início os paradigmas coexistem, em uma sobreposição entre a fase de maturidade do paradigma predominante e a “infância” do novo, em um processo de mudança estrutural chamado período de transição.

Os novos paradigmas emergem portanto a partir de uma inovação propositalmente introduzida por uma firma cujo objetivo é obtenção de vantagem competitiva. Uma vez que esta firma realizou investimentos vultosos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), é de seu interesse difundir a tecnologia para recuperar o investimento. Neste caso, a transição de um paradigma para outro também pode ser influenciada pelo discurso e pelos instrumentos de persuasão que a empresa possui, do que por vantagens empíricas. Mesmo porque, na fase pré-paradigmática o desenho do novo produto ainda não está consolidado, o que dificulta a comprovação das vantagens prometidas. Assim a escolha do paradigma pode dar-se pelas promessas futuras que podem revelar-se menos vantajosas que as de outros paradigmas.

A consolidação de um paradigma como um novo modelo prático passa por um longo período de gestação. “Se introduce en forma de inovaciones aisladas, por ensayo y error en muchos puntos del sistema económico, a menudo como solución a algunas de las limitaciones del antiguo paradigma, a medida que industrias, empresas o países los van enfrentando” (PEREZ, 1992, p. 28).

O sucesso de uma nova oportunidade tecnológica reflete não apenas as oportunidades tecnológicas governadas pelo paradigma, mas também a extensão da competência sócio-econômica possuída pela sociedade (ANDERSEN, 1998, p. 13).

Mesmo depois de estabelecido, existem forças de inércia, sejam econômicas, institucionais ou culturais, que impedem a plena aplicação do paradigma. A propagação é portanto lenta e desigual: nos setores em que o paradigma surgiu há uma receptividade maior e a difusão é mais rápida; nos setores mais distantes e menos tecnificados a propagação é lenta e ocorre geralmente nas fases em que o paradigma está mais maduro. Além disso, cada paradigma requer uma infra-estrutura facilitadora, o que implica em mudanças institucionais. Essas mudanças são muito lentas e difíceis de serem feitas (PEREZ, 1983, 1992).

O novo paradigma está baseado em conhecimentos específicos que o paradigma anterior não tinha acesso (PEREZ, 1992). Assim sendo, a comparação e avaliação da superioridade de paradigmas tecnológicos pode tornar-se difícil (DOSI, 1982, 1988). Neste caso, o papel de fatores econômicos, sociais e institucionais precisam ser considerados na transição de paradigmas. A escolha de um paradigma envolve portanto fatores racionais (avaliação técnica e econômica) e não racionais (imagem, costumes, valores simbólicos, gostos, etc.) (BIONDI; GALLI, 1992).

Da perspectiva puramente econômica, um novo paradigma surge em um ambiente ainda dominado pelo paradigma anterior e, para consolidar-se, precisa satisfazer três condições: i) redução de custos; ii) crescimento rápido da oferta, explicitando a inexistência de barreiras no longo prazo aos investidores; iii) apresentar claramente um potencial para uso ou incorporação desta tecnologia em vários processos e produtos dentro do sistema econômico. Se o novo paradigma cumpre estas condições, ele prova suas vantagens comparativas. Inicia-se destarte um processo de reestruturação das variáveis-chave até que ele torne-se predominante (FREEMAN; PEREZ, 1988).

## 2.3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA

A agricultura pode ser classificada como um setor dominado pelos fornecedores (*supplier dominated sector*) de acordo com a taxonomia de setores proposta por PAVITT (1978). Segundo esse autor, em um setor dominado pelos fornecedores as inovações ocorrem principalmente em processos (insumos, equipamentos, etc.) e não produtos, uma vez que são originadas das atividades de inovação de outros setores (máquinas, insumos químicos, etc.) (PAVITT, 1978).

A capacidade de inovação da agricultura é limitada pelas condições de apropriabilidade dos lucros, pois a estrutura de mercado é marcada por um grande número de produtores, baixa capacidade de diferenciação de produtos e intensa difusão de novos conhecimentos. Desta forma os gastos em P&D por parte de produtores são inexpressivos, de tal modo que a contribuição desses agentes para a introdução de inovações no setor é insignificante<sup>2</sup>. As inovações são então introduzidas por setores fornecedores de insumos – tais como máquinas, agroquímicos e sementes – ou pelo setor público – através de agências de pesquisa, com o objetivo de aumentar a competitividade da agricultura do país. (DOSI, 1988; ALSTON; PARDEY; ROSEBOOM, 1998; POSSAS; SALLES-FILHO; SILVEIRA, 1996).

As formas e os atores de inovação na agricultura podem ser classificadas de acordo com o quadro 1.

---

<sup>2</sup> BYÉ e FONTE (1992), argumentam que historicamente a evolução das práticas agrícolas foi muito mais o resultado de convergências de experiências do que de pesquisas direcionadas a esse fim.

QUADRO 1 – TIPOS E ATORES DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA

TIPO DE INOVAÇÕES	CONDIÇÕES DE APROPRIAÇÃO	SETOR PRIVADO	SETOR PÚBLICO
Relacionadas às práticas do processo de produção	Fraca	- Firms de suporte técnico e consultorias - Unidades produtivas (fazendas)	- Instituições públicas de pesquisa (universidades, centros e institutos) - Organizações coletivas (cooperativas, associações, sindicatos) - Instituições internacionais e sem fins lucrativos (FAO, CGIAR)
Relacionadas à tecnologia do processo de produção	Geralmente média (depende do tipo de tecnologia)	- Indústria de insumos e equipamentos agrícolas (pesticidas, máquinas e equipamentos, fertilizantes e sementes) - Agroindústria (indústria de processamento) - Unidades produtivas (fazendas)	- Organizações coletivas (cooperativas, associações, sindicatos) - Instituições internacionais e sem fins lucrativos (FAO, CGIAR)

FONTE: Elaboração própria a partir de dados de POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; SILVEIRA, J. M.: An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research Policy*, v. 25, n. 6, p. 933-945, 1996

De acordo com o quadro 1, as inovações no processo produtivo podem ocorrer através de mudanças das práticas de produção (por exemplo campos de rotação, entre outras), ou da tecnologia envolvida no processo produtivo (insumos e equipamentos). Por estar baseado em conhecimentos técnicos que são facilmente difundidos entre os produtores, o primeiro tipo de mudança caracteriza-se pela impossibilidade de apropriação de lucros. Assim sendo, é praticamente impossível garantir a apropriação dos lucros através dos mecanismos de mercado, pois não é possível impedir o acesso ao uso desses conhecimentos por parte daqueles que não estão dispostos a pagar por eles (BIFANI, 1992).

O segundo tipo de inovação envolve alguma espécie de produto a ser utilizado, o qual deve ser comprado e assim sendo possui maior possibilidade de apropriação. O setor público envolve-se em ambos tipos de inovação, enquanto que o setor privado está presente de forma mais significativa nas inovações em produtos. A pesquisa privada inclui tanto as firmas dedicadas às atividades de insumos e equipamentos agrícolas quanto as firmas de processamento agrícola interessadas em melhores matérias-primas. A participação das unidades produtivas, sobretudo em inovações em produtos, é inexpressiva, apesar de possível (POSSAS; SALLES-FILHO; SILVEIRA, 1996).

### 3 A REVOLUÇÃO VERDE

A Revolução Verde consistiu na internacionalização das práticas agrícolas utilizadas em países desenvolvidos - baseadas no uso intensivo de agroquímicos e mecanização do processo produtivo - a partir da década de 1950. "Em grande medida, a Revolução Verde, através da difusão internacional das técnicas de pesquisa agrícola, marca uma homogeneização maior do processo de produção agrícola em torno de um conjunto compartilhado de práticas agronômicas e de insumos genéricos." (GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 1990, p. 34)

A Revolução Verde significou a adoção de um pacote tecnológico baseado em inovações mecânicas, químicas e biológicas, cujo objetivo maior era aumentar a produção mantendo-se a área de cultivo e reduzindo-se a mão-de-obra utilizada. O pacote tecnológico da Revolução Verde pode ser visualizado no quadro 2.

QUADRO 2 – TECNOLOGIA DA REVOLUÇÃO VERDE

TECNOLOGIA	INSUMOS INCORPORADOS A TECNOLOGIA	TENDÊNCIA DE ECONOMIA NO USO DE FATORES
Mecânica	Tratores e implementos Colheitadeiras	Mão-de-obra Mão-de-obra
Química	Fertilizantes Pesticidas Herbicidas	Terra - Mão-de-obra
Biológica	Sementes	Terra

FONTE: Adaptado de RUTTAN, V. La teoría de la innovación inducida del cambio técnico en el agro de los países desarrollados. In: MARTIN, P.; TRIGO, E. (Eds.) *Cambio técnico en el agro latinoamericano: situación y perspectivas en la década de 1980*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1983

A difusão desse pacote no mundo possibilitou a expansão de uma indústria de insumos químicos para a agricultura, que passou a apresentar limites de crescimento a partir da década de 1970 (HARTNELL, 1996). Frente a esse limite de crescimento, essas indústrias passaram por um processo de diversificação de suas atividades, adotando processos produtivos que possibilitassem a criação de novos produtos. Dentre essas indústrias, vale destacar a indústria de agroquímicos, cujo fortalecimento remonta à década de 1940. Após um período áureo, o crescimento desta indústria

começou a declinar a partir de meados da década de 1960 (HARTNELL, 1996; ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2001).

Neste capítulo pretende-se fazer um resgate da Revolução Verde, juntamente com a trajetória da indústria de agroquímicos, procurando identificar os limites do modelo tecnológico. O capítulo está dividido em quatro seções: nas duas primeiras será feito um resgate da origem do processo de modernização agrícola e sua propagação pelos países de Terceiro Mundo; na terceira serão apontados os sinais de esgotamento do modelo tecnológico da Revolução Verde e a discussão da necessidade de uma agricultura sustentável; e por último far-se-á uma revisão da trajetória da indústria de insumos químicos.

### 3.1 O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO AGRÍCOLA

Desde que Thomas Malthus publicou sua obra *Ensaio sobre a população* em 1790, com a previsão pessimista de escassez de alimentos, uma grande preocupação surgiu no imaginário coletivo de muitos países: garantir alimentos suficientes para o mundo todo. Diversas pesquisas foram engendradas neste sentido, buscando aumentar a produtividade mantendo-se a área cultivada (BORÉM, 1998; RONZENELLI, 1996).

Até final do século XVIII a agricultura dependia quase que exclusivamente de força humana e tração animal. A partir do século XIX foram criadas máquinas a vapor e, no século XX, a agricultura passou a utilizar equipamentos de motor à combustão (DERRY; WILLIAMS, 1977). O uso desses equipamentos mecânicos era no entanto limitado pelas barreiras biológicas das lavouras (GOODMAN; REDCLIFT, 1991).

A partir da comprovação empírica por Justus Von Liebig no final do século XIX de que a produtividade das plantas era diretamente proporcional à quantidade de insumos químicos colocados no solo, desenvolveu-se uma indústria de fertilizantes sintéticos (potássio, nitrogênio e fósforo), substituindo o uso de fertilizantes naturais (húmus e estercos) na Europa (GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 1990; VEIGA, 1994). Nessa época, importantes lavouras norte-americanas e européias começaram a sofrer grandes ataques de fungos e insetos devastadores, fato que estimulou a pesquisa

em substâncias que eliminassem ou reduzissem esses tipos de peste (STETTER, 1993).

No final do século XIX a produtividade física das lavouras passou por uma fase de tendência ao declínio. Diversas pesquisas foram iniciadas buscando superar essa propensão, resultando no desenvolvimento do milho híbrido por volta de 1914 (COSTABEBER, 1999; GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 1990).

Devido à superioridade do híbrido intervarietal em relação às variedades parentais, a hibridização já surgia como um método de aumentar a produtividade do milho. (MIRANDA FILHO; VIEGAS, 1987, p. 279)

A utilização de variedades híbridas contribuiu de modo significativo para a interrupção da tendência declinante da produtividade física acontecida no final do século passado e início do século XX, e exerceu importante "papel catalisador" na expansão dos mercados de fertilizantes e produtos químicos para a proteção fitossanitária. Ademais, a criação de plantas com características especiais minimizou as perdas em colheitas mecanizadas e abriu caminho à mecanização completa do cultivo. (COSTABEBER, 1999, p. 3)

A partir da década de 1930 o pacote comercial representado pelo milho híbrido foi difundido nos Estados Unidos<sup>3</sup> (GOODMAN; REDCLIFT, 1991). As pesquisas de melhoramento genético prosseguiram e foram estendidas a outras culturas tais como o tomate, a beterraba e o algodão; para as quais foram desenvolvidas variedades resistentes à manipulação mecânica. (GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 1990). Os resultados da adoção desses pacotes foi um aumento expressivo da produtividade agrícola nos EUA. Nesse período, apesar de o governo norte-americano executar políticas visando a redução dos estoques agrícolas através do estímulo à redução da área plantada, a produção de alimentos aumentava. "Entre 1940 e os últimos anos da década de 1960, por exemplo, a extensão de terra cultivada declinou 15%, mas o rendimento por acre aumentou mais de 70%." (HEILBRONER, 1980, p. 207)

Ao final da Segunda Guerra Mundial o modelo tecnológico estava consolidado nos EUA e começou a ser difundido nos demais países<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Durante a Segunda Guerra Mundial os EUA tornaram-se o celeiro do mundo, criando possibilidades ainda maiores para a difusão do pacote tecnológico.

<sup>4</sup> "Diffusion of the US agri-food model occurred within the international framework of fordist regulation established after the Second World War, and epitomized by the commitment to private enterprise, free trade and multilateralism as mechanism to consolidate American hegemony." (GOODMAN; REDCLIFT, 1991, p. 135)



### 3.2 A DIFUSÃO DA AGRICULTURA MODERNA: A REVOLUÇÃO VERDE

Ao findar a Segunda Guerra Mundial, o mundo viu-se dividido entre dois sistemas econômicos representados pelos dois países vencedores: de um lado, os Estados Unidos, liderando o bloco capitalista; de outro a União Soviética, representando a proposta socialista. Diversas foram as estratégias desses países para atrair aliados. O bloco capitalista começou a criar mecanismos de supressão do “perigo vermelho”, entre eles a proposta de desenvolvimento dos países atrasados, materializado por exemplo na criação da *Comisión Económica para la América Latina* – CEPAL (MAGALHÃES FILHO, 1978; BEAUD, 1994)

Essas estratégias serviam tanto para conter a expansão do socialismo quanto para assegurar a ampliação dos mercados. O desfecho da II Guerra Mundial abriu grandes perspectivas de expansão do capitalismo, uma vez que as possibilidades de investimentos, tanto nos países centrais quanto nos subdesenvolvidos, multiplicaram-se. A substituição da agricultura tradicional por uma agricultura moderna representou a abertura de importantes canais para a expansão dos negócios dessas grandes corporações, como por exemplo através do fornecimento das máquinas e de insumos modernos (BEAUD, 1994; BRUM, 1988). Concomitantemente, “...the US could promote repression of reds while promoting technical revolution as the option.” (INTERNATIONAL RURAL DEVELOPMENT POLICY, 2000, 2000)

“A partir dos anos 50, impulsionado pelo discurso alarmista da explosão demográfica e da ameaça de fome generalizada e suas conseqüências para a segurança alimentar dos países em desenvolvimento, o modelo produtivista<sup>5</sup> recebeu grande apoio institucional. (...) Por outro lado, países europeus, que também haviam sofrido os efeitos perversos da privação de alimentos, notadamente no período das grandes guerras, já haviam desencadeado, em décadas precedentes, processos semelhantes de intensificação de sua agricultura, mudando radicalmente a face de suas regiões agrícolas.” (TEIXEIRA: LAGES, 1996, p. 348)

---

<sup>5</sup> A “ideologia produtivista” segundo BUTTEL (1993, p. 306) é “a doutrina de que produção aumentada é, intrinsecamente, socialmente desejável e de que todas as partes se beneficiam de um produto aumentado.”

Nos países em desenvolvimento esse discurso de ameaça de fome generalizada era corroborado pelo processo de urbanização<sup>6</sup>, advindo da recente industrialização. Essa industrialização, baseada na substituição das importações, necessitava de alimentos a baixo custo, de forma que o salário real dos trabalhadores não comprometesse os lucros e desestimulasse o investimento na produção industrial: “...cheap food was the *sine qua non* of cheap labour, the cornerstone of peripheral industrialization” (GOODMAN; REDCLIFT, 1991, p. 137).

Na Europa “...las tierras agrícolas no devastadas habían sido sometidas a sobreproducción y estaban carentes de los fertilizantes habituales, mientras las existencias granaderas se habían agotado debido a la presión de la demanda alimentícia” (CLOUGH; RAPP, 1984, p. 505). A política agrícola comum (PAC) adotada a partir do Tratado de Roma celebrado entre os seis países que compunham a nascente Comunidade Econômica Européia em 1957, determinou como um dos objetivos a ser perseguido o aumento da produtividade através da promoção do progresso técnico (FONSECA, 1994).

A difusão da Revolução Verde foi guiada pelos governos dos países desenvolvidos, sobretudo dos EUA, bem como por instituições sem fins lucrativos, como a Fundação Ford e a Fundação Rockefeller, que patrocinaram projetos pilotos em alguns países, entre eles o México, as Filipinas e em menor escala o Brasil<sup>7</sup> (BRUM, 1987). “The GR was sponsored by the Rockefeller Foundation, a time when the Red Revolution was the big fear.” (INTERNATIONAL RURAL DEVELOPMENT POLICY, 2000.) “The first mechanism of technology transfer combined private philanthropy and US government funding.” (GOODMAN; REDCLIFT, 1991, p. 151).

---

<sup>6</sup> A taxa de urbanização da América Latina aumentou de 25% em 1925 para 41% em 1950 e 60% em 1970. Na Ásia a taxa de urbanização aumentou de 10% em 1925 para 15% em 1950 e 30% em 1970. (MARTINO, 1994)

<sup>7</sup> Além do financiamento aos países que adotavam o pacote tecnológico, o grupo Rockefeller instalou subsidiárias em diversos países a partir da década de 1940. No Brasil por exemplo houve a instalação da Cargill (comercialização de alimentos); a Agrocerec (pesquisa genética e produção de semente de milho) e a EMA - Empresa Agrícola (voltada para fabricação de equipamentos agrícolas) (BRUM, 1987).

A Revolução Verde iniciou-se no México, onde o governo já desenvolvia um programa de pesquisa para melhoramento de trigo e milho desde a década de 1930 (GOODMAN; REDCLIFT, 1991). A partir de 1943 o programa de pesquisa começou a contar com o suporte da Fundação Rockefeller<sup>8</sup> que, em 1944, contratou Norman Bourlaug para conduzir pesquisas em melhoramento genético do trigo e do milho bem como controle de pestes (GOODMAN; REDCLIFT, 1991; HERDT, 1998).

Na década de 1950, a Fundação Rockefeller expandiu o programa de suporte à pesquisa agrícola para outros países, tais como Chile (1955), Equador e Índia (1956) e Filipinas (1960), quando então foi criado o primeiro centro internacional de pesquisa agrícola, o *International Rice Research Institute* - IIRI (ROCKFELLER FOUNDATION, 2003).

A partir da década de 1960 a pesquisa agrícola adquiriu uma dinâmica internacional. Diversos outros centros de pesquisa<sup>9</sup> (IARCs – *international agricultural research centers*) foram instalados em vários países (quadro 3), contando com financiamento do Banco Mundial, de Fundações sem fins lucrativos como a Fundação Rockefeller e a Fundação Ford, e outras instituições de financiamento. Em 1971 foi criado o *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR), a agência de pesquisa que dirigia os esforços de pesquisa dos vários centros envolvidos no melhoramento genético (BRUM, 1987; BOREM, 1998; CGIAR, 2003). Vários outros centros foram criados desde então, totalizando dezesseis centros atualmente (CGIAR, 2003).

---

<sup>8</sup> Esse suporte contou com a aprovação de Henry Wallace, então vice-presidente dos EUA e secretário da agricultura no governo de Roosevelt, bem como fundador da Pioneer Hi-Breed (GOODMAN; REDCLIFT, 1991)

<sup>9</sup> Os centros de melhoramento genético foram instalados nas regiões de acordo com a definição de centros de origem das plantas por Nicolai Ivanovich Vavilov em 1926, nos quais as plantas seriam encontradas ainda em seu estado selvagem e com máxima diversidade genética (RONZENELLI, 1996).

QUADRO 3 – FUNDAÇÃO DE CENTROS DE PESQUISA PARA A AGRICULTURA NAS DÉCADAS DE 1960 E 1970

ANO DE FUNDAÇÃO	CENTRO	PAÍS	ÁREA (PRODUTO)
1960	IRRI – <i>International Research Rice Institute</i>	Filipinas	Arroz
1966	CIMMYT – <i>Centro Internacional para el Mejoramiento de Maiz y Trigo</i>	México	Trigo e Milho
1967	IITA – <i>International Institute of Tropical Agriculture</i>	Nigéria	Milho, mandioca e soja
1967	CIAT – <i>Centro Internacional de Agricultura Tropical</i>	Colômbia	Arroz, feijão, mandioca
1970	WARDA – <i>West Africa Rice Development Association</i>	Costa do Marfim	Arroz
1970	CIP – <i>Centro Internacional de la Papa</i>	Peru	Batata
1972	ICRISAT – <i>International Crops Researchs Institute for the Semi-arid Tropics</i>	Índia	Milheto e sorgo
1974	IPGRI – <i>International Plant Genetic Resources Institute</i>	Itália	Recursos genéticos
1974	IFPRI – <i>International Food Policy Research Institute</i>	Washington D.C.	
1975	ICARDA – <i>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas</i>	Síria	Trigo e cevada

FONTE: Elaborado a partir de INTERNATIONAL RURAL DEVELOPMENT POLICY. Agriculture and the Green Revolution. *Environmental Science Policy and Management*, v. 165, 2000.; CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH – CGIAR. *History of the CGIAR*, 2003; BOREM, A. *Melhoramento de plantas*, 2. ed. Viçosa: UFV, 1998;

As pesquisas de melhoramento vegetal foram conduzidas pelo setor público, através dos programas de pesquisa estabelecidos nos países em desenvolvimento. O setor privado realizava apenas melhoramentos em variedades de milho, sorgo e milheto, representando menos de 5% das variedades melhoradas. Mais de 35% das variedades adotadas foram baseadas em cruzamentos feitos em IARCs (EVENSON; GOLLIN, 2000, p. 7) Os demais melhoramentos foram conduzidos pelos governos locais.

Assim, a difusão do pacote tecnológico da Revolução Verde foi direta ou indiretamente viabilizada pelos governos locais. “O Estado, através do crédito com taxas de juros negativas ou subsídios diretos, favorece[u] o crescimento do mercado dos pesticidas, adubos, sementes, tratores, sistemas de irrigação... Também subsidiou bastante em certos casos a instalação de capacidades locais de produção de defensivos.” (ASSOULINE, 1989, p. 27). Outro tipo de participação dos governos locais foi a criação de sistemas de adaptação e de difusão tecnológica. No caso do Brasil houve em 1973 a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(EMBRAPA), e em 1974 da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) (ASSOULINE, 1989).

Este pacote tecnológico constituiu um novo paradigma<sup>10</sup>, em que o problema a ser solucionado era a baixa produtividade das colheitas. Os instrumentos propostos para solucionar esse problema estavam centrados no uso de variedades de alto rendimento com resposta ao uso de químicos (fertilizantes e pesticidas) e que permitiam a utilização de instrumentos agrícolas mecânicos, tais como tratores e colheitadeiras, assim como o uso de equipamentos de irrigação em áreas críticas. O pacote libertou o processo de produção agrícola de sua exclusiva dependência de matérias orgânicas e dos ciclos naturais de fertilidade (BRUM 2000; GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 1990; PARAYIL, 2002).

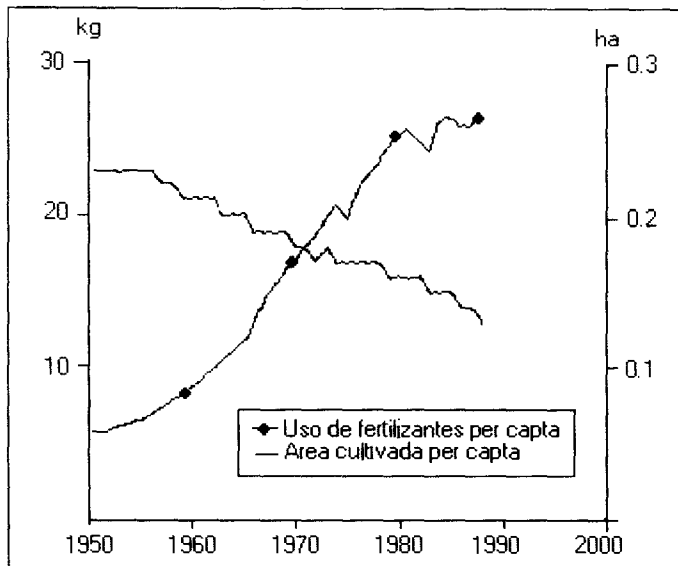
Dentro desse paradigma, três trajetórias tecnológicas são de fundamental importância: a de químicos, de sementes e de equipamentos mecânicos, todas interligadas e dependentes dos avanços da trajetória do melhoramento genético de sementes. A trajetória de químicos pode ser dividida em duas: de fertilizantes e de pesticidas.

Visto como responsáveis diretos pela produtividade das lavouras, os fertilizantes sintéticos foram maciçamente adotados durante a Revolução Verde. Entre os anos de 1961 e 1971, o consumo total de fertilizantes nos países desenvolvidos aumentou aproximadamente 112% (de 25.511.218,7 para 58.308.406 toneladas) enquanto que nos países em desenvolvimento o aumento foi de aproximadamente 309% (de 3.671.057 para 15.001.836 toneladas) (FAOSTAT, 2003). O resultado foi a redução da área cultivada *per capita* - conforme se observa no gráfico 1, que ilustra o *trade-off* entre consumo de fertilizantes e área cultivada *per capita* (ambos).

---

<sup>10</sup> “The technical capacity to modify the basic biological characteristics of major commercial crops, allied to the increasing privatization of plant breeding research, transformed hybrid varieties into truly *industrial* [grifo do autor] seeds, opening up a new terrain of accumulation.” (GOODMAN; REDCLIFT, 1991, p. 150, grifado no original)

GRÁFICO 1 - USO DE FERTILIZANTES E ÁREA CULTIVADA *PER CAPTA* - 1950-1988

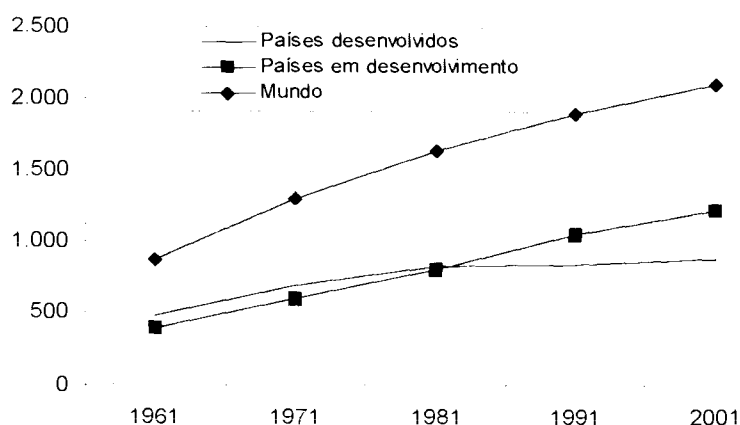


FONTE: USDA. In: MUIR, P. *The Green Revolution*. Oregon State University, 1998. Disponível em: <<http://oregonstate.edu/instruction/bi301/greenrev.htm>> Acesso em 05 nov. 2003

Quanto aos pesticidas, a idéia era combater insetos, fungos e ervas-daninhas através de componentes químicos de forma a otimizar a produtividade das plantações. Três segmentos foram criados de acordo com os tipos de pestes existentes: fungicidas, pesticidas e herbicidas (HARTNELL, 1996; JOLY; LEMARIE, 2002).

Como resultado da adoção desses insumos, a produtividade média dos cereais dobrou em 30 anos (gráfico 2), o que significou um aumento de cerca de 7% no total de alimentos *per capita* produzidos nos países de Terceiro Mundo (PRETTY, 1995, p. 30). O México, primeiro país em desenvolvimento a realizar pesquisas de melhoramento, importava em 1944 cerca de metade do trigo consumido; em 1956 já era auto-suficiente na produção e, em 1964, exportava cerca de 500 mil de toneladas de trigo (MUIR, 1998).

GRÁFICO 2 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CEREAIS – 1961-2001 (EM MILHÕES DE TONELADAS)



FONTE: FAO

Apesar da ampla difusão das técnicas agrícolas, que caracterizam a Revolução Verde, nos países em desenvolvimento a produtividade da agricultura permaneceu menor que nos países desenvolvidos e o modelo passou a apresentar resultados decrescentes a partir da década de 1980, em função da desaceleração de sua difusão.

### 3.3 ESGOTAMENTO DO MODELO TECNOLÓGICO

A partir da década de 1960, os efeitos nocivos das práticas intensivas da Revolução Verde passaram a ser identificados e divulgados através da mídia e de publicações científicas. A partir da publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson, que identifica uma série de impactos ambientais associados ao uso intensivo de agrotóxicos, o uso deste tipo de produto tornou-se o principal argumento contra o modelo tecnológico da Revolução Verde (TEIXEIRA; LAGES, 1996; STETTER, 1993)

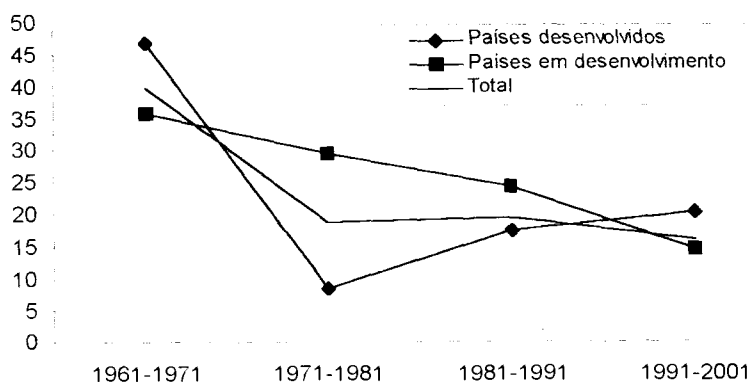
Além das críticas ambientais, a Revolução Verde recebeu críticas sociais e econômicas devido ao efeito de exclusão que provocava. A mecanização marginalizou produtores que não tinham capital suficiente para investir em equipamentos mecânicos. Dessa forma os pequenos e médios fazendeiros foram absorvidos por grandes produtores, resultando em uma concentração da produção. Nos Estados

Unidos, por exemplo, no período de 1945 a 1978, o número de fazendas caiu de 5.9 para 2,5 milhões (BUTTEL; YOUNGBERG, 1982).

A aplicação maciça e crescente de fertilizantes e inseticidas provocou problemas de intoxicação humana e animal; surgimento de mutantes, de pragas mais resistentes e de novas pragas, devido à eliminação de predadores naturais e parasitas benéficos à agricultura; contaminação de abelhas, resultando na redução da polinização nas plantas; contaminação da água e do solo, entre outros. Quanto aos pesticidas, entre os problemas advindos por seu uso intensivo e inadequado estão erosão e perda de fertilizantes naturais do solo, contaminação de lençóis d'água e contaminação humana e animal (PIMENTEL, 1996; ILBERY; BOWLER, 1998; TRIGO, 1994).

Além disso, o modelo começou a apresentar limites econômicos. A utilização de equipamentos movidos a combustíveis fósseis sofreu os impactos dos choques do petróleo da década de 1970, encarecendo o modelo (MUIR, 1998) . Apesar do uso crescente de insumos químicos, a produtividade das lavouras aumentou menos que o esperado, uma vez que a produtividade marginal a nível mundial declinou de uma taxa de aproximadamente 40% no período 1961-71 para uma taxa próxima de 15% no período de 1991-2001, conforme se observa no gráfico 3 (BUTTEL; YOUNGBERG, 1982; MARTINE, 1987; MUIR, 1998).

GRÁFICO 3 - TAXA DE INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE



FONTE: FAO. Dados trabalhados.



“A adequação das tecnologias de manejo do solo, importadas de países temperados, aos solos e climas tropicais foi repetidamente questionada. As perdas irreparáveis de bilhões de quilos de húmus sedimentados foram retratadas como nitidamente antieconômicas. Os resultados obtidos no Terceiro Mundo, em nenhum momento, chegaram a ameaçar os níveis de produtividade observados nos países criadores dessa tecnologia” (MARTINE, 1987, p. 261.263)

Começou-se então a discutir a necessidade de uma agricultura ecológica e sustentável, indicando uma crise do modelo tecnológico da Revolução Verde (BUTTEL; YONGBERG, 1982; ILBERY; BOWLER, 1998).

Surgiram propostas de práticas alternativas, baseadas na redução ou na eliminação dos insumos químicos, e na conservação do solo. As práticas da Revolução Verde foram enquadradas dentro de um “paradigma produtivista”, que enfatiza a quantidade de alimentos, enquanto que as propostas alternativas, que valorizam a qualidade dos mesmos, passaram a fazer parte do paradigma pós-produtivista<sup>11</sup> (ILBERY; BOWLER, 1982; TEIXEIRA; LAGES, 1996; ALMEIDA, 1989)

Dentre as várias alternativas que se apresentavam, a biotecnologia passou a ser vista como um possível instrumento capaz de viabilizar um novo modelo sustentável. “Biotechnology in agriculture has considerable promise for making ecologically sound agriculture more feasible and in enabling ‘conventional farmers to move closer to ecological, sustainable farming practices.” (BUTTEL; YOUNGBERG, 1982, p. 377).

A engenharia genética passou então a ser vista como um instrumento para viabilizar o desenvolvimento de novas variedades que dispensassem o uso de pesticidas e fertilizantes, reduzindo a pressão sobre o meio ambiente mas proporcionando, paralelamente, aumentos de produtividade (TRIGO, 1994; VEIGA, 1994).

---

<sup>11</sup> Entre as propostas criadas, pode-se citar a agricultura biológica, a biodinâmica, a orgânica e a regenerativa. “Apesar de possuírem um denominador comum, ou seja, o da redução dos impactos sociais e ecológicos próprios ao modelo produtivista, estes tipos de agricultura distinguem-se sutilmente entre si pelos fundamentos teóricos ou filosóficos que as idealizam.” (TEIXEIRA e LAGES, 1996, p. 352)

### 3.4 A INDÚSTRIA DE AGROQUÍMICOS

A indústria de agroquímicos sintéticos fortaleceu-se a partir da década de 1940, como uma das trajetórias tecnológicas do paradigma da Revolução Verde. A função dessa indústria foi desde o início criar componentes químicos que melhorassem a produtividade e o manejo das plantações, através do combate das pestes: insetos, fungos e ervas-daninhas (HARTNELL, 1996; JOLY; LEMARIE, 2002).

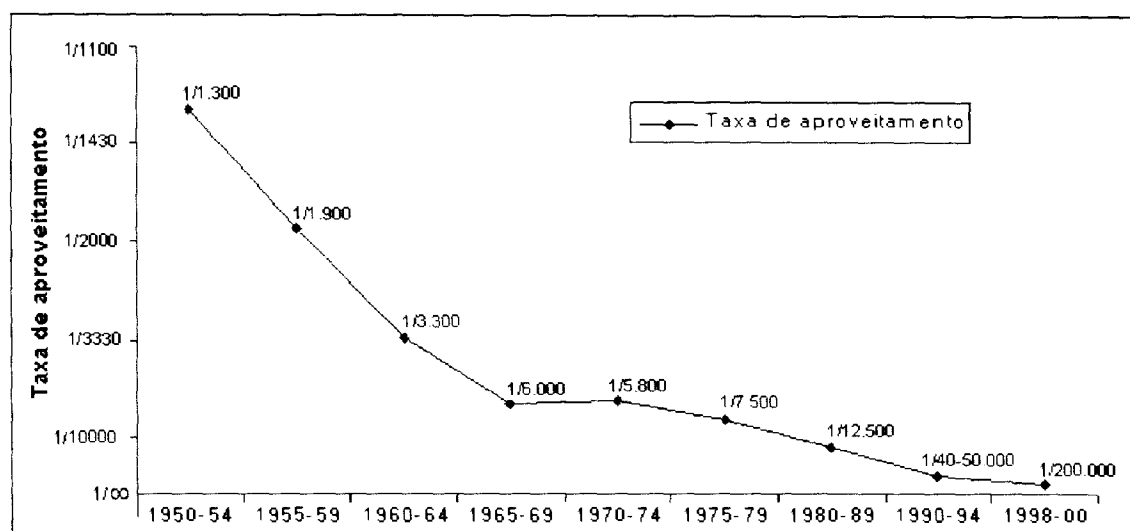
Até meados da década de 1960 a indústria de agroquímicos passou por sua fase áurea. O número de ingredientes ativos colocados no mercado anualmente era crescente. Após meados da década de 1960 iniciou-se a fase intermediária da indústria, em que a taxa de introdução de novos ingredientes ativos declinava rapidamente. A concorrência começou então a ser focada em custos e diferenciação de produto, através de características secundárias como formulação e embalagem. A competição de custos favorecia a introdução de ingredientes ativos com taxa de dosagem menor, enquanto que a diferenciação, através de formulação e novas embalagens, conduzia a produtos mais fáceis de serem aplicados e menos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente (HARTNELL, 1996).

Após a metade da década de 1980 as patentes dos ingredientes ativos introduzidos durante os anos 60 e 70 começaram a expirar e os produtos ficaram expostos à competição de genéricos. “Differentiation on secondary features, such as formulations and packaging, is the only competitive option when the AIs [Active Ingredients] are the same. Mixtures formulations based on two or more AIs became more prolific.” (HARTNELL, 1996)

Concomitantemente, as pestes resistentes que começaram a aparecer estimulavam o lançamento de novos produtos no mercado. No entanto, a necessidade de sustentabilidade econômica e ambiental trazida pelos debates em torno da Revolução Verde limitava esse processo, devido ao aumento dos custos de pesquisa e colocação do produto no mercado em função das regulações ambientais nascentes (JOLY; LEMARIE, 2001).

Os problemas advindos do uso intensivo dos agroquímicos resultavam em uma rápida depreciação dos produtos no mercado, requerendo maiores esforços em P&D de forma a manter-se uma certa regularidade das vendas. Por outro lado, encontrar novos ingredientes ativos tornou-se cada vez mais difícil (HARTNELL, 1996; JOLY; LEMARIE, 2001; POSSAS, SALLES-FILHO e SILVEIRA, 1996), conforme observa-se na figura 2.

FIGURA 2 - TAXA DE APROVEITAMENTO DE SUBSTÂNCIAS TESTADAS PARA CADA INGREDIENTE ATIVO COLOCADO NO MERCADO



FONTE: Dados trabalhados a partir de STETTER, J. Trends in the future development of pest and weed control: a industrial point view. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* v. 17 p. 346-370, 1993; JOLY, P. B.; LEMARIE, S. The technological trajectories of the agrochemical industry: change and continuity. *Science and Public Policy*, v. 29, n. 4, p. 259-266, 2002.

A figura 2 mostra uma aproximação da trajetória da indústria de agroquímicos de sua fronteira tecnológica. Enquanto que no final da década de 1950 a taxa de aproveitamento de substâncias testadas anualmente era de 1 para 1.900, na década de 1980 essa taxa caiu de 1 para 12.500 e no final da década de 1990 o número de substâncias testadas para cada ingrediente ativo colocado no mercado era mais de cem vezes maior que em 1950.

Portanto a lucratividade das empresas de agroquímicos passava por uma fase de decréscimo, uma vez que os custos aumentavam e as receitas reduziam-se. A possibilidade de exploração comercial da biotecnologia passou a ser uma oportunidade para as firmas de agroquímicos manterem-se no mercado, seja através da

diversificação das atividades (sementes), seja através da criação de produtos complementares ao uso dos químicos tradicionais (sementes tolerantes a herbicidas) (JOLY; LEMARIE, 2001; POSSAS; SALLES-FILHO; SILVEIRA, 1996; TAIT; CHATAWAY; WIELD, 2001).

## 4 A BIOTECNOLOGIA

Em meados da década de 1970, com a descoberta da técnica de DNA recombinante, pequenas firmas de pesquisa em biotecnologia proliferaram-se nos países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos.

A perspectiva de patentear os organismos geneticamente modificados a partir de processos baseados no uso da engenharia genética, bem como a possibilidade de criar sementes que não permitissem o plantio do grão, atraiu o interesse de diversas firmas de outros setores, sobretudo do ramo químico, que viram na biotecnologia agrícola a oportunidade de diversificação de suas atividades.

Na década de 1980 e 1990 diversas estruturas foram realizadas no ramo de insumos químicos agrícolas, através de fusões e de parcerias de pesquisa entre empresas dos setores químico e de sementes. Esse processo resultou no predomínio da produção de sementes por empresas tradicionalmente presentes no ramo químico.

Nesse capítulo procura-se mostrar a configuração do modelo agrícola representado pela biotecnologia a partir da estratégia de diversificação de atividades das empresas do ramo químico. Para tanto faz-se um resgate do surgimento da biotecnologia na primeira seção; descreve-se o processo de diversificação das empresas do ramo químico na segunda seção; e, por último, apresenta-se a difusão das sementes geneticamente modificadas.

### 4.1 O SURGIMENTO DA AGRIBIOTECNOLOGIA: A POSSIBILIDADE DE EXPLORAÇÃO COMERCIAL DA ENGENHARIA GENÉTICA

A biotecnologia pode ser definida como a utilização de seres vivos na produção de bens e serviços através da aplicação dos princípios científicos e da engenharia genética (PENGUE, 2000; VARELLA, 1996).

A biotecnologia moderna, baseada na engenharia genética, deriva da evolução da biologia genética, a qual teve origem em 1906 quando William Bateson informou

ao Congresso Internacional de Botânica a criação de um novo ramo da fisiologia, a genética. A identificação do DNA como portador do material genético e a estrutura de funcionamento de dupla hélice identificada por James Watson e Francis Crick em 1953, foi de fundamental importância para o desenvolvimento da engenharia genética (KELLER, 2003).

A pedra fundamental da exploração comercial da biotecnologia foi no entanto a descoberta da técnica de DNA recombinante (rDNA) por Cohen e Boyer em 1973, a qual permitiu a união e transferência de genes (informação genética) entre organismos diferentes. Esses avanços possibilitaram a exploração comercial da engenharia genética, também viabilizada pelos avanços dos computadores na década de 1980 (PARAYIL, 2003; THOMPSON, 1986). Em 1979 cientistas da Cornell University (NY) iniciaram a primeira tentativa de recombinação de *somatotropin* bovino (rBST) – um hormônio de crescimento sintético que injetado diariamente nas fêmeas aumentava sua capacidade de produção de leite (UZOGARA, 2000).

O entusiasmo gerado entre os cientistas pelas novidades científicas e pelos potenciais produtos comerciais, deu à biotecnologia um *status* de “alta tecnologia”, atraindo o interesse de investidores de capital de risco que formaram parcerias com os cientistas engajados na área para desenvolver novos produtos (BUTTEL, 1992; THOMPSON, 1986; MACMILLAN; NARIN; DEEDS, 2000). “A aplicabilidade aparentemente direta das grandes descobertas da pesquisa básica contribuiu para a proliferação de pequenas empresas de biotecnologia nos Estados Unidos.” (JUNNE, 1992, p. 393-4).

As grandes companhias começaram a investir na biotecnologia quase uma década depois da aplicação comercial. Muitas das pequenas firmas de biotecnologia foram absorvidas pelas grandes empresas, principalmente devido às dificuldades de levantar capital suficiente para financiar despesas em P&D, falta de experiência em produção em grande escala, dificuldades de obtenção de recursos financeiros e falta de prática em lidar com as exigências legais (regulamentação e fiscalização) para colocar os novos produtos no mercado (JUNNE, 1992).

Na década de 1980 as empresas de agroquímicos passaram a utilizar a engenharia genética em seus processos de produção de ingredientes ativos e a investir em pesquisas para o desenvolvimento de sementes geneticamente modificadas (PARAYIL, 2002; THOMPSON, 1986). Nesta época, a *Monsanto Corporation* (EUA), o *Max Planck Institute for Plant Breeding* (West Germany) e o *Genetic Plant System* (Bélgica) encontraram um método de criar plantas transgênicas utilizando a bactéria patogênica *Agrobacterium tumefaciens*, que funciona como um vetor de transferência de genes a partir da indução a produção de tumores. (UZOGARA, 2000; ROTILI, 2001; RIVAS, 2003). A primeira planta transgênica foi obtida em 1983, com a introdução de um gene codificante para a resistência à canamicina em plantas de fumo (GANDER; MARCELLINO, 1997).

A principal técnica de melhoramento genético vegetal desenvolvida foi a transgenia. Essa técnica representa um grande avanço no melhoramento genético de sementes em relação às técnicas convencionais. Enquanto que a técnica de melhoramento convencional consiste na seleção de melhores variedades obtidas a partir de cruzamento sexual entre espécies diferentes (hibridização), que por vezes resulta em incorporação de características indesejáveis, a transgenia permite a inserção de genes (que pode não ser da mesma espécie ou família da planta receptora) correspondentes à característica que se deseja obter sem que haja cruzamento sexual. A transgenia representa portanto um melhoramento genético preciso e rigoroso, que reduz o tempo necessário para a obtenção de novas variedades (LAJOLO; NUTTI, 2003; PARAYIL, 2002; PENGUE, 2000).

Por outro lado, é possível inserir um gene que impede a germinação do grão – o gene *terminator* – como uma proteção biológica aos direitos de propriedade dos melhoristas (PENGUE, 2000). Essa característica atrai os investimentos em P&D pelo setor privado em melhoramento genético vegetal, modificando a composição do sistema nacional de inovação. Se na Revolução Verde o setor privado participou com cerca de 5% do melhoramento das variedades adotadas, atualmente mais de três quartos das patentes de plantas transgênicas pertencem à empresas, conforme se observa na tabela 1:

TABELA 1 – NÚMERO DE PATENTES POR CATEGORIA DE FIRMAS

CATEGORIA	NÚMERO DE ORGANIZAÇÕES	NÚMERO DE PATENTES	PATENTES %	PATENTES POR ORGANIZAÇÃO
DBF*	17	183	21,71	10,76
DC**	44	451	53,50	10,25
Instituições públicas	15	115	13,64	7,67
Universidades	15	94	11,15	6,27
Total	91	843	100	9,26

FONTE: INRA/SERD. In: JOLY, P. B.; LOOZE, M. A.: An analysis of innovation strategies and industrial differentiation through patent applications: the case of plant biotechnology. *Research Policy*, v. 25, n. 7, p. 1027-1046, 1996

NOTAS: \* DBF: Dedicated Biotechnology Firms

\*\*DC: Diversified Corporation

Observa-se portanto uma participação maior do setor privado na pesquisa de melhoramento genético, estimulada pelos mecanismos de apropriação dos lucros possibilitados pela biotecnologia. “Private sector actors, which are predominantly multinational corporations, play the leading role in the innovation and diffusion of agricultural biotechnology related to the Genetic Revolution. The technological trajectory is shaped by the imperatives of private property institutions, marked forces, global finance, and transnational (and in certain cases national) regulatory institutions” (PARAYIL, 2003, p. 982-983).

Essa predominância do setor privado nos investimentos em P&D está ligada às garantias de apropriação dos lucros através dos direitos de propriedade intelectual estendidos aos organismos geneticamente modificados. Segundo PAALBERG (2002 *apud* PARAYIL, 2003, P. 980), “...the green signal for corporate investment in genetic technology came only after governments like the US extended intellectual property protection to transgenic organisms.” (PARAYIL, 2003, p. 980). Essa mudança no arcabouço legal da propriedade intelectual tornou-se internacional a partir da inserção do assunto na revisão do Acordo Geral de Tarifas e Comércio da Rodada Uruguai, através da cláusula TRIPS (*Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights*), que possibilitou o reconhecimento de patentes de sementes biologicamente modificadas: “...Members shall provide for the protection of plant varieties either by patents or by an effective *sui generis* system or by any combination thereof.” (WTO, 1994).



A participação pouco expressiva dos governos locais no melhoramento genético vegetal pode ser explicada como consequência da redução dos investimentos em P&D na agricultura tanto em razão do alcance das metas da Revolução Verde (aumento da oferta de alimentos) quanto pela crise do estado keynesiano (ALSTON; PARDEY; ROSEBOOM, 1998; MCMILLAN; NARIN; DEEDS, 2000).

#### 4.2 A ESTRATÉGIA DE DIVERSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE AGROQUÍMICOS

Durante a década de 1980 iniciou-se um movimento de diversificação de atividades de empresas ligadas aos ramos químico e petroquímico<sup>12</sup> para agricultura (proteção vegetal, fertilizantes e sementes), em uma fase de reestruturação global em decorrente do fim do *boom* de crescimento do pós-guerra. A indústria química atingiu sua fase de maturação – o que pode ser verificado na figura 5 da seção anterior, a qual mostra o aumento da taxa de substâncias testadas para cada ingrediente ativo colocado no mercado – e, além disso, o aumento do preço do petróleo levou ao aumento dos custos de insumos utilizados nessa indústria<sup>13</sup> (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2002; BUTTEL, 1992; OTA, 1991).

A crise dos mecanismos de financiamento da Revolução Verde (juros subsidiados) levou a dificuldades de se manter o nível de consumo de insumos – até então crescente – reduzindo assim as vendas das empresas de insumos químicos e mecânicos (ASSOULINE; JOLY; LEMARIÉ, 2002). Por outro lado, as promessas da biotecnologia representavam uma ameaça às empresas de insumos químicos, uma vez que havia a possibilidade de desenvolvimento de produtos com proteção vegetal genética, ou seja, sementes que dispensassem o uso de pesticidas (DUCOS; JOLY, 1988).

---

<sup>12</sup> "...historiquement, ces groupes [chimiques] son très liés aux filières pétrochimiques. Suite aux crises pétrolières, une stratégie de diminution des risques les amène à se recentrer sur la chimie fine, ou chimie de spécialités." (DUCOS; JOLY, 1988, p. 54)

<sup>13</sup> "Oil supplied by the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) constituted about 80 percent of the raw materials used by the U.S. chemical industry." (OTA, 1991, p. 122)

Outro agravante para a crise que se desenhava na indústria química foi a criação de regulação ambiental decorrente da preocupação com a degradação do meio ambiente surgida na década de 1970. Esse fator implicou em aumento dos custos de desenvolvimento e de comercialização de novas substâncias<sup>14</sup> (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2002; DEN HOND, 1998; HARTNELL, 1996).

Face a esses fatores, as empresas do ramo químico – sobretudo o segmento presente na atividade de produção de insumos agrícolas – passaram a procurar alternativas para manterem-se no mercado através de investimento em biotecnologia para o desenvolvimento de sementes transgênicas, realizando para tanto reestruturações organizacionais, fusões e aquisições de pequenas firmas de biotecnologia ou de empresas de sementes (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2002; DUCOS; JOLY, 1988).

Esses novos grupos formaram-se em torno do que passou a ser denominado *ciências da vida*, ou seja, a exploração de sinergias entre os ramos agroquímico e farmacêutico (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2002). “Early interpretations of the term ‘life science’ assumed that, by using biotechnology to gain a better understanding of the functioning of cells across a wide spectrum of species, there would be useful cross-fertilization of ideas between the development of new drugs and new crop protection products.” (TAIT; CHATAWAY; WIELD, 2002, p. 255)

O quadro 4 apresenta um resumo das principais reestruturações ocorridas na construção dos “mega-grupos” no ramo de sementes.

---

<sup>14</sup> Os custos de regulação para o desenvolvimento e comercialização de ingredientes ativos é superior aos mesmos para sementes (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2001)

QUADRO 4 – AQUISIÇÕES DE COMPANHIAS DE SEMENTES POR GRUPOS DE AGROQUÍMICOS

GRUPO	BIOTECNOLOGIA	SEMENTES	ATIVIDADES A JUSANTE DA AGRICULTURA
Monsanto	Participação acionária: - Calgene - Agracetus	Participação acionária: - Holden's - Dekalb - Asgrow - Agroceres - PBI - Cargill International - Hybritech (de 50% p/ 90%)	Criação da Renessen (parceria com a Cargill)
DuPont		Participação acionária: - Pioneer - Hybrinova	- Criação da Optimum Quality Grain - Participação acionária na Protein Technology International - Participação acionária na CRIC - Qualicon
Dow Agro-Sciences	Participação: - Verncuil	Participação acionária na Mycogen	
Zeneca	Fusão da atividade de sementes com VanderHave (Advanta)	Mogen	
Novartis		Participação - Maisadour - Benoist - Secobra	Acordo com Eridinia Beghin Say
Aventis	- Rhobio: cooperação de pesquisa entre RPA e Biogemma - Participação acionária na PGS by Agrevo	- Participação acionária em sementes vegetais (Nuhmens) and cultivos industriais em países em desenvolvimento	
BASF	BASF <i>plant science</i>	Weibull	

FONTE: ASSOULINE, G.; JOLY, P-B.; LEMARIE, S. Plant biotechnology and agricultural supply industry restructuring. *International Journal of Biotechnology*, v. 4, n. 2/3, p. 194-210, 2002

Grande parte das empresas que passaram a investir no desenvolvimento de sementes geneticamente modificadas na década de 1980, originaram-se desses grupos, e apresentavam até então um nível de investimento em melhoramento genético vegetal tradicional pequeno ou nulo, conforme se observa na tabela 2.

TABELA 2 – DESPESAS EM P&D DE EMPRESAS SELECIONADAS DOS RAMOS DE SEMENTES E AGROQUÍMICOS – 1988 (US\$ milhões)

EMPRESAS	DESPESAS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO		ATIVIDADE PRINCIPAL EM 1985
	Melhoramento Tradicional	Biotecnologia Vegetal	
Pioneer	46	7	Sementes
Sandoz	41	16	Químicos
Upjohn	24	3	Químicos
Limagrain	22	5	Sementes
ICI	21	17	Químicos
Shell	19	3	Químicos
KWS	18	5	Sementes
Dekalb-Pfizer	16	6	Sementes
Ciba-Geigy	9	17	Químicos
Monsanto	1	15	Químicos
Du Pont	0	20	Químicos
Enimont	0	15	Químicos
Agrigenetics	6	12	?
Maribo	7	12	?
Calgene <sup>1</sup>	1	10	?
DNAP	0	11	?

FONTE: Dados trabalhados a partir de: JUNNE, G. O ritmo das grandes corporações em biotecnologia agrícola. *Ensaio FEE*. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 393-406, 1992; DUCOS, C.; JOLY, P-B. *Les biotechnologies*. Paris: Édition La Découvert, 1988

NOTAS: <sup>1</sup> Comprada pela Monsanto (ASSOULINE, JOLY e LEMARIÉ, 2002)

A tabela acima ilustra a estratégia de diversificação das empresas do ramo químico no mercado de sementes, através do desenvolvimento da biotecnologia vegetal. Com exceção da Sandoz e da ICI, presentes de forma expressiva no melhoramento tradicional e cujo nível de investimento em P&D em biotecnologia vegetal foi dos mais elevados, as principais empresas que investiram em melhoramento através da biotecnologia migraram dos ramos químico e farmacêutico. A lógica de mercado que se desenvolveu na criação de novos produtos foi decorrente desta configuração.

Para essas empresas, que migraram do ramo de agroquímicos para o de sementes geneticamente modificadas, duas trajetórias são possíveis: i) desenvolvimento de proteção genética, ou seja, sementes resistentes a insetos e outras pragas, eliminando o uso de pesticidas; e ii) continuidade da proteção química, ou seja, sementes tolerantes a determinados agroquímicos que desempenham papel complementar a alguns pesticidas específicos, como o caso das sementes tolerantes a herbicidas (ASSOULINE; JOLY; LEMARIÉ, 2001; DUCOS; JOLY, 1988).

“Some interactions between agrochemicals and biotechnology could be antagonistic rather than synergistic from the company’s point of view, especially for the inputs traits developed in the first generation of GM crops. GM-based disease and pest resistance would diminish the market for insecticides and fungicides. Herbicide resistance, on the other hand, reinforces the market potential of some herbicides, and no GM developments are currently envisaged that could substitute for herbicides.” (TAIT; CHATAWAY; WIELD, 2002, p. 256)

Dois tipos de sementes concretizam as trajetórias mencionadas:

- a) as variedades resistentes a insetos – nas quais foi inserido um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) – que emitem uma substância tóxica aos insetos quando estes atacam as folhas. A primeira variedade resistente a insetos desenvolvida foi o tabaco, em 1986 nos EUA, mas atualmente as principais espécies com esta característica são o milho e o algodão, que juntos representam cerca de 17% das lavouras transgênicas em 2002 (DUCOS; JOLY, 1988; JAMES, 2002)
- b) as variedades tolerantes a herbicidas, cujo gene inserido também é de uma bactéria que permite a resistência da planta ao ingrediente ativo do herbicida. A principal espécie tolerante a herbicida é a soja, com 62% das lavouras transgênicas em 2002 (DUCOS; JOLY, 1988; JAMES, 2002).

“La résistance aux herbicides offre un potentiel d’extension du marché que le cabinet américain L. W. Teweless estime à plus de 2 milliards de dollars en l’an 2000. De plus, elle permettrait d’amortir les coûts de développement des nouvelles molécules herbicides (estimés à 40 millions de dollars en moyenne) sur des marchés plus larges. Les calculs effectués selon les paramètres techniques actuels montrent en effet que la tolérance du soja à l’atrazine permettrait une augmentation des ventes annuelles de Ciba Geigy de 120 millions de dollars; l’extension des plantes résistantes au Roundup (premier herbicide mondial) pourrait accroître les ventes de Monsanto de 150 millions de dollars; les travaux de Plant Genetic System (en Belgique) sur l’herbicide Basta de Hoechst permettraient d’augmenter les ventes de 200 millions de dollars.” (DUCOS; JOLY, 1988, p. 61-62).

As primeiras sementes geneticamente modificadas tiveram a comercialização autorizada nos EUA a partir de 1995, conforme se observa no quadro 5.

QUADRO 5 - AUTORIZAÇÃO PARA COMERCIALIZAÇÃO DE SEMENTES GENETICAMENTE MODIFICADAS NOS EUA

PRODUTO	EMPRESA	CARACTERÍSTICA	NOME COMERCIAL	ANO DE APROVAÇÃO
Milho	Ciba	Proteção contra insetos	<i>Maximizer</i>	1995
Milho	Mycogen	Proteção contra insetos	<i>Nature Gard</i>	1995
Milho	Sandoz/Northrup King	Proteção contra insetos	Desconhecido	1995
Algodão	Calgene/Rhone-Poulenc	Resistência a herbicida	<i>BXN Cotton</i>	1995
Algodão	Monsanto	Proteção contra insetos	<i>Bollgard</i>	1995
Algodão	Monsanto	Resistência a herbicida	<i>Roundup Ready</i>	1996
Batata	Monsanto	Proteção contra insetos	<i>New Leaf</i>	1995
Soja	Monsanto	Resistência a herbicida	<i>Roundup Ready</i>	1995
Tomate	Agritopa	Retarda alteração	Desconhecido	1996
Tomate	Calgene	Retarda alteração	<i>Flavr Savr</i>	1994
Tomate	DNA Plant Technology	Retarda alteração	<i>Endless Summer</i>	1995
Tomate	Monsanto	Retarda alteração	Desconhecido	1995
Tomate	Zeneca/Peto Seed	Retarda alteração	Desconhecido	1995

FONTE: *Agribusiness*, Dez/1996. In: PELAEZ, V.; PONCET, C. Estratégias industriais e mudança técnica: o processo de diversificação da Monsanto. *História Econômica e História de Empresas*, v. 2, n. 2, p. 139-160, 1999.

Dentre os principais produtos liberados para comercialização até 1996, cerca de 38% tinham como característica a resistência a insetos, enquanto que apenas 23% tinham como característica a tolerância a herbicidas. Portanto até esse momento predominava a trajetória de eliminação de insumos químicos. A difusão dessas sementes em nível mundial modifica essa configuração.

#### 4.3 A DIFUSÃO DAS PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

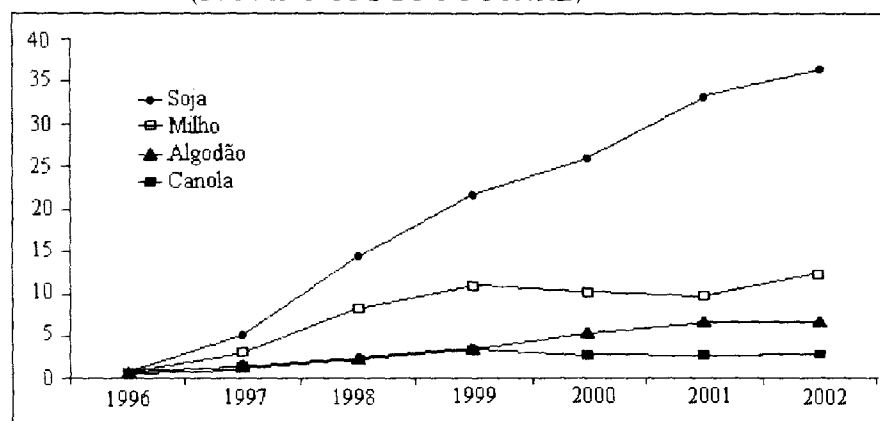
Os principais argumentos utilizados na difusão dos produtos transgênicos centraram-se nas promessas de solução de problemas provocados e/ou não resolvidos pela Revolução Verde. Essas promessas estão baseadas tanto em fatores econômicos (redução de custos, aumento da produtividade) quanto não econômicos (ambientais, nutricionais, sociais). Dentre as promessas da biotecnologia, vale destacar as seguintes:

- a) aumento da oferta mundial de alimentos;
- b) alimentos enriquecidos de proteínas e carboidratos (aumento da qualidade nutricional) e de fácil processamento;
- c) aumento do ciclo de vida dos produtos (menor perecibilidade);

- d) redução dos custos de produção, aumento da produtividade e facilidade no controle de ervas-daninhas e insetos;
- e) defesa biológica contra pestes e agroquímicos;
- f) proteção ao meio ambiente através de: redução da dependência de alguns pesticidas químicos arriscados; incentivo a adoção do sistema de plantio direto, contribuindo para a conservação do solo e oferecendo sustentabilidade ao meio ambiente ao reduzir a erosão do solo, melhorar a qualidade da água, melhorar o habitat dos animais silvestres, aumentar a retenção de carbono reduzindo o efeito estufa; e otimizar a produtividade. (MONSANTO, 2000; UZOGARA, 2000)

As primeiras lavouras transgênicas foram cultivadas a partir de 1996. Desde então a área global de cultivos transgênicos cresceu mais de trinta vezes: de 1,7 milhões de hectares em 1996 para 58,7 milhões de hectares em 2002 (JAMES, 2002). As principais espécies cultivadas são soja, milho, algodão e canola, e as principais características incorporadas nestas espécies são resistência a insetos e tolerância a herbicidas, conforme se observa nos gráficos 4 e 5.

GRÁFICO 4 - EVOLUÇÃO DA ÁREA DAS PRINCIPAIS VARIEDADES TRANSGÊNICAS (EM MILHÕES DE HECTARE)

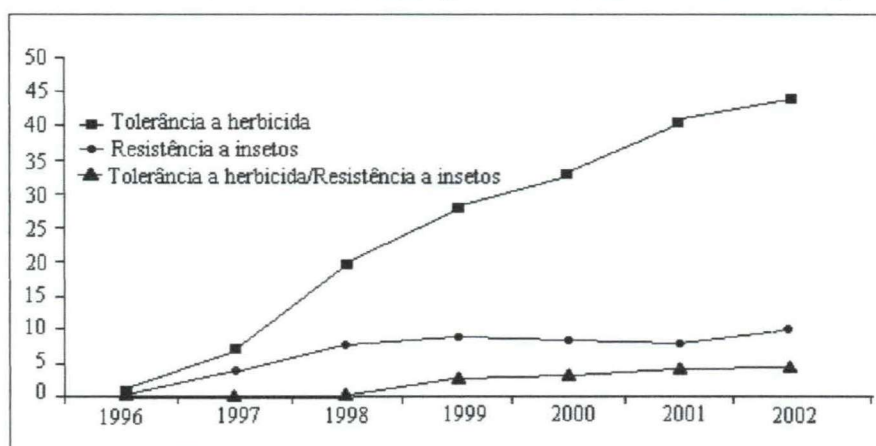


FONTE: JAMES, C. *Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas em 2002*. ISAAA: Ithaca (NY), 2002. (ISAAA Briefs, n. 27).

Observa-se que a soja é a principal variedade transgênica, com participação de 61% da área de lavouras transgênicas e cujo índice de adoção atingiu 51% das lavouras mundiais de soja em 2002. O milho é a segunda espécie transgênica, com

participação de 21% nas lavouras transgênicas, mas cujo índice de adoção em relação à área global de lavouras de milho atinge apenas 9% (JAMES, 2002).

GRÁFICO 5 – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA GLOBAL DE LAVOURAS TRANSGÊNICAS (EM MILHÕES DE HECTARES)

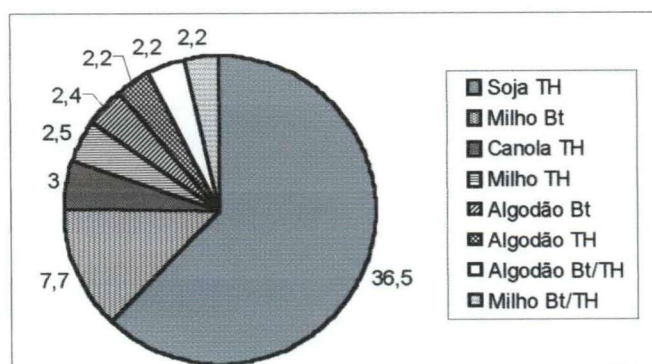


FONTE: JAMES, C. *Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas em 2002*. ISAAA: Ithaca (NY), 2002. (ISAAA Briefs, n. 27).

O gráfico 5 mostra a predominância de lavouras tolerantes a herbicidas, que representavam 75% da área global em 2002. Em segundo lugar vêm as variedades resistentes a insetos, com 17% da área global. As demais variedades (resistência a vírus, fungos, etc.) representam menos de 9% da área global (JAMES, 2002).

Entre as lavouras transgênicas dominantes, a soja tolerante a herbicida é a predominante, com 62% da área global de transgênicos, seguida do milho Bt, com 13% da área global, conforme se observa no gráfico 6.

GRÁFICO 6 – LAVOURAS TRANSGÊNICAS DOMINANTES – 2002 (EM MILHÕES DE HECTARE)



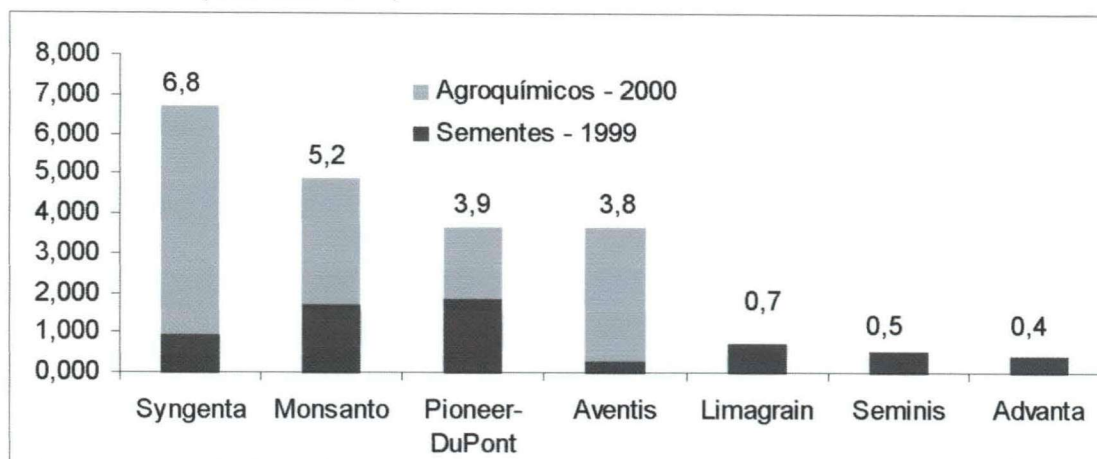
FONTE: JAMES, C. *Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas em 2002*. ISAAA: Ithaca (NY), 2002. (ISAAA Briefs, n. 27)



A adoção das sementes geneticamente modificadas está baseada em promessas de benefícios agrônômicos e econômicos, principalmente em termos de redução dos insumos químicos utilizados resultando em redução de custos (NIELSEN; ROBINSON; THIERFELDER, 2001). BENBROOK (2003), com base em dados do *United States Department of Agriculture - USDA*, compara os efeitos dos cultivos de variedades tolerantes a herbicidas e resistentes a insetos nos EUA de 1996 a 2003. Segundo este trabalho, as variedades resistentes a insetos produzem seu próprio inseticida, reduzindo a necessidade de aplicação de pesticidas sintéticos. Entretanto, para as variedades tolerantes a herbicida, o volume de pesticidas aplicados nas culturas de milho, soja e algodão tem aumentado desde 1996. Estima-se que o consumo de pesticidas nas lavouras com tolerância a herbicida aumentou mais que 70 milhões de libras nos últimos oito anos, enquanto que para as lavouras resistentes a insetos o uso de agroquímicos reduziu-se em torno de 19,6 milhões de libras. O aumento do consumo total de pesticidas no período estudado foi maior que 50,6 milhões de libras (BENBROOK, 2003, p. 3). Observa-se portanto uma tendência de intensificação do uso de agroquímicos, para o caso das variedades tolerantes a herbicida.

Em sendo a característica de tolerância a herbicida a predominante, esse fato significa uma continuidade da trajetória do paradigma anterior, resultante da estratégia de valorização dos principais ativos das empresas do ramo de agroquímicos que dominam o mercado de sementes, uma vez que as vendas de pesticidas representam a maior parte da fonte de receitas destas empresas, conforme se observa no gráfico 7 (CHATAWAY; TAIT, 2000; PELAEZ; PONCET, 1999)

GRÁFICO 7 – VENDAS DOS GRUPOS DE AGROQUÍMICOS E SEMENTES – 1999 E 2000 (US\$ BILHÕES)



FONTE: Dados trabalhados a partir de WOOD MACKENZIE GLOBAL CONSULTS (2001) e RAFI (2000). In: BIJMAN, J. JOLY, P-B. Innovation challenges for the European agbiotech industry. *AgBioForum*, v. 4, n. 1, p. 4-13, 2001.

NOTA: Syngenta é resultado da fusão das atividades de agroquímicos da Novartis e da AstraZeneca em 2000. (ASSOULINE; JOLY; LEMARIE, 2002)

Entre as dez principais empresas de sementes do mundo (que detêm aproximadamente 90% do mercado mundial), as três principais (Pioneer-Dupont, Monsanto e Syngenta) têm como principal atividade o ramo de agroquímicos (ASSOULINE, JOLY; LEMARIE, 1999; CHATAWAY; TAIT, 2000).

Pode-se dizer que o ramo de sementes geneticamente modificadas é dominado pela Monsanto. “Para tener una idea del grado de concentración tecnológica existente en el campo de los OGM, cabe decir que Monsanto tiene casi el 40% de los permisos para liberación de estos organismos al medioambiente emitidos en los EEUU hasta febrero de 2002, en tanto otras cuatro firmas – Pioneer, Agrevo, Dupont y Dekalb – poseen outro 20%.” (TRIGO *et al.*, 2002, p. 26). Segundo a Wood Mackenzie Global Consults, a Monsanto detém cerca de 80% do mercado de agribiotecnologia<sup>15</sup> (RAFI, 2000). Em 1999 aproximadamente 87% (34,8 milhões de hectares) da área total de lavouras transgênicas eram cultivadas com sementes da Monsanto (MONSANTO, 2001).

<sup>15</sup> “In RAFI’s opinion, Monsanto’s true market share for GM seeds is larger: Wood Mackenzie’s estimate includes biotech seeds that are not genetically modified.” (RAFI, 2000, p. 2)

A atuação da Monsanto no ramo de sementes e da engenharia genética “... tem sido motivada fundamentalmente pelo interesse em aumentar o espectro de utilização de seu principal produto, o *Roundup*.” (PELAEZ; PONCET, 1999, p. 143). Este herbicida, descoberto na década de 1970, tornou-se o herbicida mais vendido no mundo e a principal fonte de receita da empresa. Criar sementes geneticamente modificadas como produto complementar ao herbicida foi uma estratégia de valorização do *Roundup*, cuja patente expirou no ano 2000 (PELAEZ; PONCET, 1999).

A dinâmica da mudança tecnológica no campo da agribiotecnologia, que ora se observa, resulta portanto da combinação de um conjunto de fatores. Ela ocorre não apenas em função da evolução do conhecimento científico e tecnológico, mas também da dinâmica de concorrência dos respectivos mercados, bem como da lógica de valorização dos ativos das empresas oriundas principalmente do ramo químico.

## **5 CONCLUSÕES: RUPTURA OU CONTINUIDADE?**

A Revolução Verde representou uma mudança de paradigma tecnológico em relação ao modelo anterior, baseado no uso de força humana e animal e insumos orgânicos. O novo paradigma teve como base científica a descoberta de Liebig da relação direta entre substâncias sintéticas (nitrogênio, potássio e fósforo) aplicadas no solo e o aumento da produtividade, bem como a técnica de hibridização descoberta no final do século XIX.

O problema que este paradigma propunha-se a resolver era o aumento da produtividade, mantendo-se a área cultivada constante. Os instrumentos utilizados para tal propósito eram: equipamentos mecânicos, insumos químicos (fertilizantes sintéticos e pesticidas) e sementes melhoradas resistentes à manipulação mecânica e com resposta aos insumos químicos.

O esgotamento do modelo a partir da década de 1970 mostra a aproximação do paradigma de sua fronteira tecnológica, ou seja, a fase IV do ciclo de vida do paradigma definido por PEREZ (1992). Esse limite apresentou-se tanto pelo esgotamento da eficiência dos produtos no mercado, quanto pela dificuldade de as firmas obterem novos produtos.

Nesta fase as empresas começaram a investir em P&D de novos processos e produtos de forma a manterem-se no mercado. A possibilidade de exploração da engenharia genética possibilitou o surgimento de um novo paradigma tecnológico, no qual o problema a ser solucionado, colocado pela crescente manifestação ambiental, era a construção de uma agricultura ecologicamente sustentável. A base científica desse novo paradigma é a engenharia genética e os instrumentos para solucionar o problema são as sementes geneticamente modificadas. Esse novo paradigma propõe-se portanto a solucionar os problemas criados e não-resolvidos pelo paradigma dominante. A promessa de produtos capazes de viabilizar práticas agrícolas mais ecológicas é o principal argumento em que está baseado a difusão deste paradigma.

Nesse novo paradigma as pesquisas de melhoramento genético concentram-se no setor privado, enquanto que na Revolução Verde as principais variedades adotadas tiveram origem em melhoramentos realizados pelo setor público (governo e instituições sem fins lucrativos), devido à mudança nas condições de apropriação dos frutos do progresso técnico.

Para as empresas de agroquímicos a biotecnologia representou inicialmente uma ameaça aos produtos químicos. O movimento de diversificação de atividades para o ramo de sementes reflete tanto a busca por novos mercados, face aos limites do mercado tradicional, quanto a tentativa de defender-se de uma ameaça de perda de mercado, uma vez que havia a possibilidade de se desenvolver sementes que dispensassem o uso de agroquímicos. Além disso, a possibilidade de assegurar a apropriação dos lucros, através de mecanismos legais (patentes) e biológicos (*gene terminator*), atraiu essas empresas, cujos principais produtos começavam a ter suas patentes expiradas na década de 1980 e ficando portanto à mercê da concorrência de produtos genéricos.

Observa-se nos dois paradigmas a subordinação do conhecimento científico à lógica comercial, sobretudo do ramo de agroquímicos. A difusão da Revolução Verde – baseada no discurso neo-malthusiano em um momento oportuno de forte preocupação com o abastecimento alimentar – teve como consequência a expansão de uma indústria nascente de insumos químicos e mecânicos. Atualmente, a difusão das sementes geneticamente modificadas – que novamente aborda o mesmo discurso neo-malthusiano, mas explora principalmente as preocupações com a preservação ambiental e a necessidade de sustentabilidade na agricultura – faz parte de uma estratégia concorrencial das firmas de agroquímicos para sobrevivência no mercado.

Entre as duas trajetórias possíveis dentro do novo paradigma, predomina a de intensificação do uso de agroquímicos, ou seja, a continuidade da proteção química, representada pelas variedades tolerantes a herbicida. Essa configuração é resultado da estratégia de exploração de complementaridade entre as sementes geneticamente modificadas e os principais ingredientes ativos produzidos pelas firmas de agroquímicos. A dinâmica da inovação tecnológica obedece portanto mais a uma lógica concorrencial, que procura valorizar os principais ativos das empresas inovadoras, do que a uma lógica de evolução do conhecimento científico e tecnológico voltado à exclusiva resolução dos problemas produtivos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. Propostas tecnológicas “alternativas” na agricultura. *Caderno de Difusão Tecnológica*, v. 6, n.2/3, p. 183-216, 1989.
- ALSTON, J. M.; PARDEY, P. G.; ROSEBOOM, J. Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives. *World Development*, v. 26, n. 6, p. 1057-1071, 1998
- ANDERSEN, B. The evolution of technological trajectories : 1890-1990. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 9, n. 1 , p. 5-34, 1998.
- ASSOULINE, G. Dinâmica agrícola e estratégias da indústria agroquímica nos países em desenvolvimento: casos de Brasil e Tailândia. *Cadernos de Difusão Tecnológica*, Brasília, v. 6, n.1, p. 9-28, jan./abr. 1989
- ASSOULINE, G.; JOLY, P.; LEMARIE, S. Interactions between public policies and company innovation strategies: overview of the company monographs. *PITA Project: policy influences on technology for agriculture: chemicals, biotechnology and seeds*. Disponível em <<http://technology.open.ac.uk/cts/pita/AnnC1-Over-monographs.pdf>> . Acesso em 27 set. 2003
- ASSOULINE, G.; JOLY, P.; LEMARIE, S. Plant biotechnology and agricultural supply industry restructuring. *International Journal of Biotechnology*, v. 4, ns. 2/3, p. 194-210, 2002
- BEAUD, M. História do capitalismo: de 1500 até nossos dias. 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- BENBROOK, C.M. 2003. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the United States: the first eight years, *BioTech InfoNet: Technical Paper n. 6*, 2003, <[http://www.biotech-info.net/Technical\\_Paper\\_6.pdf](http://www.biotech-info.net/Technical_Paper_6.pdf)>
- BIJMAN, J. JOLY, P-B. Innovation challenges for the European agbiotech industry. *AgBioForum*, v. 4, n. 1, p. 4-13, 2001. Disponível em: <<http://www.agbioformm.org/v4n1/v4n1a02-bijman.pdf>> Acesso em 10 jan. 2004
- BIONDI, L.; GALLI, R. Technological trajectories. *Futures*, v.24, n. 6, p. 580-591, 1992.

- BOREM, A. *Melhoramento de plantas*. 2. ed. Viçosa: UFV. 1998.
- BRUM, A. *Modernização da agricultura: trigo e soja*. Petrópolis: Vozes. 1988.
- BRUM, A. *O mercado de máquinas e implementos agrícolas: momento atual e tendências*. Centro Gestor de Inovação: máquinas e implementos agrícolas. Ijuí: UNIJUI, 2000. Disponível em [http://www.cgimaq.unijui.tche.br/estudos/mercado/revolucao\\_verde.php](http://www.cgimaq.unijui.tche.br/estudos/mercado/revolucao_verde.php) Acesso em 26 jul. 2003.
- BUTTEL, F. H.; YOUNGBERG, I. G. Implications of biotechnology for the development of sustainable agricultural systems. In: LOCKERETZ, W. *Environmentally sound agriculture*. Massassuchets: Praeger. 1982
- BUTTEL, F. H. Ideologia e tecnologia agrícolas no final do século XX: biotecnologia como símbolo e substância. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 14, n. ., p 303-322, 1993
- CHATAWAY, J.; TAIT, J. Monsanto monograph. *PITA Project: policy influences on technology for agriculture: chemicals, biotechnology and seeds*. Disponível em <http://technology.open.ac.uk/cts/pita/AnnC1-Over-monographs.pdf> . Acesso em 27 set. 2003
- CLOUGH, S. B.; RAPP, R. T. *Historia económica de Europa: el desarrollo económico de la civilización occidental*. 3. ed. Barcelona: Omega. 1984
- CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH – CGIAR. *History of ilhe CGIAR*. 2003. Disponível em [http://www.cgiar.org/who/wwa\\_history.html](http://www.cgiar.org/who/wwa_history.html)>. Acesso em 10 out. 2003.
- COSTABEBER, J. A. Transição agroecológica: do produtivismo à ecologização. In: BRACAGIOLI NETO, A. (org.): *Sustentabilidade e cidadania: o papel da extensão rural*. Porto Alegre: EMATER/RS, 1999, p.67-117 (Série Programa de Formação Técnico-Social).
- DEN HOND, F. On the structuring of variation in innovation processes: a case of new product development in the crop protection industry. *Research Policy*, v. 27, n. ., p. 346-367, 1998
- DERRY, T. K.; WILLIAMS, T. K. D *Historia de la tecnologia: desde 1750 hasta 1900*. v. 3. Madri: Siglo Veinteuno Editores, 1977.

- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 2, p. 147-162, 1982. North Holland Publishing Company
- DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 26, p. 1120-1171, 1988.
- DOSI, G. Algumas questões sobre a inovação biotecnológica. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 368-371, 1993.
- FAO. *Means of production: fertilizers*. Disponível em <<http://apps.fao.org>> Acesso em 01 out. 2003
- DUCOS, C.; JOLY, P.B. *Les biotechnologies*. Paris: Édition la Decouverte, 1988
- EVENSON, R. E.; GOLLIN, D. The Green Revolution: an end of century perspective. *Economics at Williams College*, 2002. Disponível em: <<http://www.williams.edu/Economics/wp/Gollin%20The%20Green%20Revolution.pdf>> Acesso em 10 set. 2003.
- FERRARI, M. A. R.; PAULA, T. H. P. Inovação tecnológica e dinâmica econômica: uma síntese de algumas contribuições evolucionistas. *Revista de Economia UFPR*, n. 23, p. 139-157, 1999.
- FONSECA, R. B. *A reforma das políticas agrícolas dos países desenvolvidos*. Campinas: 1994. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.
- FREEMAN, C. Prometheus unbound. *Futures*, v. 16, n. 5, p. 494-507, 1984. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>> Acesso em 12 jun. 2003
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. (1988) "Structural crises of adjustment : business cycles and investment behavior ". in DOSI, G. et all. *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988. (pp. 38-66 )
- GANDER, E. S.; MARCELLINO, L. H. Plantas transgênicas: por quê? *Biotecnologia*, n.1, mai. 1997. Disponível em: <[http://www.biotecnologia.com.br/bio01/1hp\\_12.asp](http://www.biotecnologia.com.br/bio01/1hp_12.asp)> Acesso em 15 out. 2003
- GOODMAN, D.; SORJ, B.; WILKINSON, J. *Da lavoura às biotecnologias*. São Paulo: Campus, 1990



- GOODMAN, D.; REDCLIFT, M. *Refashioning nature: food, ecology and culture*. Londres: Routledge, 1991
- HARTNELL, G. The innovation of agrochemicals: regulation and patent protection. *Research Policy*, v. 25, n. 3, p. 379-395, 1996.
- HEILBRONER, R.L. *A formação da sociedade econômica*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984. (Biblioteca de Ciências Sociais)
- HERDT, R. W. *Norman Borlaug life 's*. Rockefeller Foundation, 1998. Disponível em: <[www.rodkfound.org/display.asp?context=38collection=08subcollection=08DocID=87&SectionTypeID=17&Preview=0&ARCcurrent=1](http://www.rodkfound.org/display.asp?context=38collection=08subcollection=08DocID=87&SectionTypeID=17&Preview=0&ARCcurrent=1)>. Acesso em 15 out. 2003
- ILBERY, B.; BOWLER, I. From agricultural productivism to post-productivism. In: ILBERY, B. *The geography of rural change*. Essex (UK): Addison Wesley Longman Limited, 1998.
- INTERNATIONAL RURAL DEVELOPMENT POLICY. Agriculture and the Green Revolution. *Environmental Science Policy and Management*, v. 165, 2000. <<http://nature.berkeley.edu/classes/espm-165/lectures/greenrev.htm>> Acesso em 10 out. 2003
- JAMES, C. *Prévia: situação global das lavouras transgênicas comercializadas em 2002*. ISAAA: Ithaca (NY), 2002.(ISAAA Briefs, n. 27). Disponível em <<http://www.isaa.org>> Acesso em 25 fev. 2003
- JOLY, P. B.; LEMARIE, S. The technological trajectories of the agrochemical industry: change and continuity. *Science and Public Policy*, v. 29, n. 4, p. 259-266, 2002.
- JOLY, P. B.; LOOZE, M. A.; An analysis of innovation strategies and industrial differentiation through patent applications: the case of plant biotechnology. *Research Policy*, v. 25, n. 7, p. 1027-1046, 1996
- JUNNE, G. O ritmo das grandes corporações em biotecnologia agrícola. *Ensaio FEE*. Porto Alegre, v. 13, n. 2, p 393-406, 1992
- KELLER, E. F. *O século do gene*. Belo Horizonte: Crisálida, 2002
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.

- LAESTADIUS, S. Biotechnology and the potential for a radical shift of technology in forest industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 12, n. 2. 2000
- LAJOLO, F. M.; NUTTI, M. R. *Transgênicos: bases científicas da sua segurança*. São Paulo: SBAN, 2003
- MARTINE, G. Tecnologia, política agrícola, política agrária e políticas em geral. In: MARTINE, G. e GARCIA, R. (orgs.). *Os impactos sociais da modernização agrícola*. São Paulo: Caetés, 1987
- MARTINO, C. M. As cidades milionárias do Terceiro Mundo: a nação da macrocefalia. In SANTOS, M.; SOUZA, M. A. A. SCARLATO, F. C.; ARROYO, M. (ORGS.) *O novo mapa do mundo: problemas geográficos de um mundo novo*. São Paulo: HUCITEC, 1995
- MCMILLAN, G. S.; NARIN, F.; DEEDS, D. An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. *Research Policy*, v. 29, n. 1, p. 1-8. 2000
- MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (eds.) *Melhoramento e produção de milho*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987 (v.1).
- MONSANTO. *As promessas das plantas da biotecnologia*. 2000. Disponível em <<http://www.monsanto.com.br/biotecnologia/publicacoes/promessas.pdf>>. Acesso em 01 out. 2003
- MONSANTO Press Release. *Monsanto Reports 1999: fourth-quarter and full-year results*. St. Louis: Monsanto, 2000.
- MUIR, P. *The Green Revolution*. Oregon State University, 1998. Disponível em: <<http://oregonstate.edu/instruction/bi301/greenrev.htm>> Acesso em 05 nov. 2003
- NELSON, R. R.; WINTER, S. G. In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, v. 6, n. 8-9, p. 36-76, 1977
- NIELSEN, C. H.; ROBINSON, S.; THIERFELDER, K. Genetic engineering and trade: panacea or dilemma for developing countries. *World Development*, v. 29, n. 8, p. 1307-1324, 2001

- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT - OTA. *Biotechnology in a global economy*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1991. Disponível em: <<http://www.wws.princeton.edu/cgi-bin/byteserv/prl/~ota/disk1/1991/9110/911010.PDF>>. Acesso em 30 nov. 2003.
- ORSENIGO, L. *The emergence of biotechnology: institutions and markets in industrial innovation*. Londres: Pinter Publishers, 1989
- PARAYIL, G. Mapping technological trajectories of the green revolution and the gene revolution from modernization to globalization. *Research Policy*, v. 32, n. 6, p. 971-990, 2002
- PELAEZ, V. M. P.; PONCET, C. Estratégias industriais e mudança técnica: uma análise do processo de diversificação da Monsanto. *História Econômica & História de Empresas*. II.2, 1999, pp. 139-160
- PENGUE, W. A. *Cultivos transgênicos: hacia donde vamos?* Buenos Aires: UNESCO-Lugar Editorial, 2000
- PEREZ, C. Câmbio técnico, reestruturação competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. *El Trimestre Económico*, v. 61, p. 23-64, 1992
- PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, v. 15, n. 5, p. 357-375
- PIMENTEL, D. Green revolution agriculture and chemical hazards. *The Science of the Total Environment*, v. 188, n. 1, p. S86-S98, 1996
- POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; SILVEIRA, J. M.; An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research Policy*, v. 25, n. 6, p. 933-945, 1996
- PRETTY, J. N. *Regenerating agriculture: policies and practice for sustainability and self-reliance*. Londres: Earthscan, 1995
- RAMIRO, Z. Manejo integrado de pragas. In: MARTINE, G. e GARCIA, R. (orgs.). *Os impactos sociais da modernização agrícola*. São Paulo: Caetés, 1987
- RIVAS, F. Alimentos transgênicos: por qué y cómo se desarrollan. *Alergología e Inmunología Clínica*, v. 16, n. 2, p. 137-157, 2001. Disponível em:

<<http://revista.seaic.es/extraalergianoviembre2001/137-157.pdf>> Acesso em 10. dez. 2003

ROCKFELLER FOUNDATION. *History*. 2003. Disponível em: <<http://www.rockfound.org/display.asp?DocID=180&Preview=0&ARCurrent=1>>. Acesso em 10 out. 2003.

RONZENELLI JÚNIOR, P. *Melhoramento genético de plantas*. Curitiba: P. Ronzenelli Júnior, 1996.

ROTILI, P. L'avenir des biotechnologies. *Le Courrier de l'environnement*, n. 42, fev. 2001. Disponível em: <<http://www.inra.fr/Internet/Produits/dpenv/sommrc42.htm>>. Acesso em 10 dez. 2003

RUIVENKAMP, G. Biotecnologias feitas sob medida: possibilidades para desenvolvimentos centrados nos fazendeiros. *Ensaio EEE*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 323-331.

RURAL ADVANCEMENT FOUNDATION INTERNATIONAL – RAFI. *Speed bump or blow-out for GM seeds?: stalling markets, taco debacle & biotech bail out*. RAFI, 2000. Disponível em: <[http://www.etcgroup.org/documents/geno\\_speedbump.pdf](http://www.etcgroup.org/documents/geno_speedbump.pdf)>. Acesso em 30 dez. 2003.

RUTTAN, V. La teoría de la innovación inducida del cambio técnico en el agro de los países desarrollados. In: MARTIN, P.; TRIGO, E. (Eds.) *Cambio técnico en el agro latinoamericano: situación y perspectivas en la década de 1980*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 1983

STETTER, J. Trends in the future development of pest and weed control: a industrial point view. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 17, n. 3, p. 346-370, 1993

TAIT, J.; CHATAWAY, J.; WIELD, D. The life science industry sector: evolution of agro-biotechnology in Europe. *Science and Public Policy*, v. 29, n. 4, p. 253-258, 2002.

TEIXEIRA, O. A.; LAGES, V. N. Do produtivismo à construção da agricultura sustentável: duas abordagens pertinentes à questão. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v. 13, n. 3, p. 347-368, 1996.

THOMPSON, S. Biotechnology: shape of things to come or false promise? *Future*, v. 18, n. 4, 1986. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science> > Acesso em 30 mai. 2003

TRIGO, E. *et al. Los transgênicos en la agricultura argentina: una historia com final abierto*. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2002.

UZOGARA, S. The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review, *Biotechnology Advances*, v. 18, p. 179-206, 2000

VARELLA, M. D. *Propriedade intelectual de setores emergentes: biotecnologia, fármacos e informática*. São Paulo: Atlas, 1996.

WORLD TRADE ORGANIZATION. *Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights*. 1991. Disponível em: <[http://www.wto.org/english/docs\\_e/legal\\_e/legal\\_e.htm#TRIPs](http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/legal_e.htm#TRIPs)>. Acesso em 12 jul. 2003.