



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Geociências
Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica

Rodrigo de Araújo Teixeira

***Capacitação em Melhoramento Genético de Plantas no
Brasil: situação atual e perspectivas***

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

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Monteiro Salles-Filho
Co-Orientadora: Prof. Dr. Joaquim Aparecido Machado

Campinas – São Paulo
Agosto – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNICAMP
Bibliotecário: Helena Joana Flipsen – CRB-8ª / 5283

T235c

Teixeira, Rodrigo de Araújo.

Capacitação em melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas / Rodrigo de Araújo Teixeira. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientadores: Sérgio Salles Filho, Joaquim Aparecido Machado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Plantas - Melhoramento genético. 2. Agricultura.
3. Biotecnologia. I. Salles Filho, Sérgio. II. Machado, Joaquim Aparecido. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto Geociências. IV. Título.

Título e subtítulo em inglês: *Plant breeding capabilities in Brazil: present situation and perspectives.*

Palavras-chave em inglês (Keywords): *Plant breeding, Agriculture, Biotechnology.*

Titulação: Mestre em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora: Paulo Arruda, Paulo Estevão Cruvinel.

Data da Defesa: 09-08-2008

Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM

POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTOR: RODRIGO DE ARAÚJO TEIXEIRA

**Capacitação em Melhoramento Genético de Plantas no
Brasil: situação atual e perspectivas**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Joaquim Aparecido Machado

Aprovada em 09/08/2008

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho

 - Presidente

Prof. Dr. Paulo Estevão Cruvinel



Prof. Dr. Paulo Arruda



Campinas, 09 de agosto de 2008

Dedico este trabalho aos meus pais, Geraldo e Lenimar, irmãs e sobrinhos que sempre me apoiam em todos os desafios.

Agradecimentos

Este trabalho deve muito a algumas pessoas e instituições, por diferentes razões.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sergio Salles-Filho, agradeço o apoio, a partilha do saber e as valiosas contribuições para o trabalho, sendo um interlocutor disposto a oferecer estímulos e, principalmente, a percorrer caminhos, ouvir com interesse e ânimo todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam durante o processo de reflexão. Por sua amizade e compreensão silenciosa, permitindo que meu tempo interno fluísse, respeitosamente. Pela alegria de trabalharmos juntos.

Gostaria de agradecer a confiança especial depositada em meu trabalho pelo Dr. Joaquim Aparecido Machado, aceitando a co-orientação e por estimular o meu interesse pelo conhecimento envolvente que trata essa dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Ao Prof. Dr. Paulo Estevão Cruvinel, também amigo e mentor desde 2001, por ter despertado meu interesse pelas questões do agronegócio e da importância deste setor econômico para o Brasil, e pelas excelentes sugestões oferecidas durante o exame de qualificação.

Agradeço igualmente ao Prof. Dr. Paulo Arruda, que me ofereceu, também durante o exame de qualificação, muitas sugestões, exemplos e críticas fundamentais para aprumo da abordagem que eu vinha fazendo de meu tema. Também por sua instigante colaboração na entrevista realizada para complementar as informações levantadas neste trabalho.

Aos pesquisadores Dr. Dario Grattapaglia, da Embrapa CENARGEN, Dr. Marcio de Castro Silva Filho, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e Dr. Ruy Caldas, da Universidade Católica de Brasília, pela disponibilidade em conceder informações valiosas durante as entrevistas realizadas em suas instituições, contribuindo para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Dr. Marcio de Miranda Santos, do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), pela confiança depositada em mim, recomendando-me como assessor técnico para atuar junto às Secretarias Técnicas dos Fundos Setoriais de Biotecnologia, Agronegócio e Saúde, ao exercício prospectivo de Organismos Geneticamente

Modificados desenvolvido pelo Centro e no Fórum de Competitividade de Biotecnologia. Por seu incentivo e apoio intelectual, sem os quais certamente não estaria desenvolvendo este trabalho de dissertação hoje. Orgulho-me muito de ter sido merecedor de tão grande confiança. A tantos outros colegas e amigos do CGEE que foram tão importantes durante estes anos.

Aos professores do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp (DPCT), em especial a Prof^a. Dra. Maria Beatriz Bonacelli, coordenadora do Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI), pela confiança depositada, possibilitando a minha inserção neste respeitável e notável grupo de pesquisa, do qual obtive valiosas experiências que levarei para toda vida.

Ao Rafael Petroni e Claudenício Ferreira, que me acolheram de braços abertos em minha primeira estada a Campinas. Ao Rodrigo Guerra e Ana Serino, que ajudaram com o trabalho de pesquisa sobre artigos e patentes fornecendo dicas valiosas para a conclusão deste trabalho. Aos amigos Fernando Oliveira, David Vieira, Paula Drummond, Josimara Dias, Fernanda Arruda, Carolina Rio, Sonia Tilkian e tantos outros que foram tão importantes durante estes anos de dedicação à dissertação.

À minha namorada Flávia, pela sinceridade de nossa amizade acima de qualquer outra coisa. Por me acompanhar nessa jornada desde o início e estar sempre ao meu lado. Pelo seu amor e carinho. Enfim, por tudo.

À minha família, por todo apoio, carinho e amor, especialmente à minha mãe e meu pai, por suportarem pacientemente um filho distante da vida familiar durante quase três anos. No entanto, estando sempre presente com o uso das modernas ferramentas de comunicação hoje existentes.

A todos agradeço, profundamente, e dedico o resultado do trabalho.

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

Sumário

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1: MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL E BIOTECNOLOGIA	4
1.1. CARACTERIZAÇÃO E BREVE HISTÓRICO DO CAMPO DE CONHECIMENTO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS	4
1.2. HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO DO PADRÃO TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA MODERNA E A INFLUÊNCIA DO MELHORAMENTO NA CONSTRUÇÃO DA COMPETITIVIDADE DA AGRICULTURA DOS PAÍSES	13
1.3. A EMERGÊNCIA DA MODERNA BIOTECNOLOGIA E SEUS IMPACTOS NO MELHORAMENTO GENÉTICO	18
1.4. BIOTECNOLOGIA VEGETAL: UMA TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA CONSOLIDADA	26
1.5. EVOLUÇÃO DO MARCO REGULATÓRIO INTERNACIONAL EM BIOTECNOLOGIA	30
1.6. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	38
CAPÍTULO 2: EVOLUÇÃO RECENTE E SITUAÇÃO ATUAL DO MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS NO BRASIL	41
2.1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO DO PADRÃO TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA MODERNA E A INFLUÊNCIA DO MELHORAMENTO NA CONSTRUÇÃO DA COMPETITIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA	41
2.2 O PERFIL ATUAL DE COMPETÊNCIAS E DE USO DO MELHORAMENTO GENÉTICO NO BRASIL	50
2.2.1. <i>Pequisa de rese Grupos de Pequisa</i>	51
2.2.2. <i>Instituições que fazem melhoramento</i>	56
2.2.3. <i>Recursos investidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D)</i>	63
2.2.4. <i>Evolução das variedades registradas e protegidas</i>	68
2.2.5. <i>Centros de formação de recursos humanos em melhoramento genético vegetal</i>	76
2.2.6. <i>Publicações feitas por brasileiros no exterior</i>	82
2.2.7. <i>Levantamento de patentes de técnicas e produtos relacionados a melhoramento de plantas</i>	104
2.3. POLÍTICAS RECENTES PARA BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA NO BRASIL E SITUAÇÃO DO QUADRO REGULATÓRIO	113
2.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	120
CAPÍTULO 3: O FUTURO DO MELHORAMENTO DE PLANTAS E A POSIÇÃO DO BRASIL	122
3.1 CENÁRIO FUTURO PARA MELHORAMENTO	122
3.2 POSICIONAMENTOS DO BRASIL EM RELAÇÃO A ESTE CENÁRIO	128
3.3. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	135
CONCLUSÃO	137
BIBLIOGRAFIA	143
APÊNDICE	152
LISTA COM OS NOMES DOS ESPECIALISTAS ENTREVISTADOS	152
QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA CONDUÇÃO DA ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	153

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 – Dez maiores empresas mundiais do setor de sementes -----	26
Tabela 2.1 – Quadro de pesquisadores da COODEIEC -----	56
Tabela 2.2 – Orçamento consolidado de 16 OEPAS por uso -----	60
Tabela 2.3 – Investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), por objetivos socioeconômicos, 2000-2006-----	60
Tabela 2.4 – Cultivares protegidas no SNPC (até março de 2007)-----	62
Tabela 2.5 – Distribuição das cultivares por tipo de instituição -----	64
Tabela 2.6 – Termos de Busca e Queries usadas na consulta de artigos -----	67
Tabela 2.7 – Países com publicações de artigos científicos sobre Melhoria de Plantas-----	79
Tabela 2.8 – Países da América Latina e Caribe com publicações de artigos científicos sobre Melhoria de Plantas -----	79
Tabela 2.9 – Participação das Instituições Brasileiras que publicaram artigos científicos sobre Melhoria de Plantas -----	80
Tabela 2.10 – Síntese dos resultados encontrados nos artigos científicos sobre Melhoria de Plantas e os demais termos de busca -----	81
Tabela 2.11 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Bioinformática ----	82
Tabela 2.12 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Biologia Sintética 83	
Tabela 2.13 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Clonagem-----	85
Tabela 2.14 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Marcadores Moleculares -----	87
Tabela 2.15 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Genômica-----	89
Tabela 2.16 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Tecnologia do DNA recombinante -----	91
Tabela 2.17 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Transgenia -----	93
Tabela 2.18 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Metabômica ----	96
Tabela 2.19 – Países com artigos sobre Melhoria de Plantas e Proteômica -----	97
Tabela 2.20 – Termos de Busca e Queries usadas na consulta de patentes -----	99
Tabela 2.21 – Patentes de Plantas e Seções da CIP-----	100
Tabela 2.22 – Patentes de Plantas e Subclasses e Grupos da CIP-----	101
Tabela 2.23 – Dez maiores Titulares segundo o termo Melhoria de Plantas-----	102

Tabela 2.24 – Áreas temáticas mais relevantes segundo o termo Melhoria de Plantas-----	103
--	-----

Índice de Gráficos

Gráfico 2.1 – Frequência de especialistas em melhoramento genético de plantas por área do conhecimento -----	47
Gráfico 2.2 – Nível de titulação dos especialistas das áreas de agronomia, recursos florestais e engenharia florestal, engenharia agrícola, genética e bioquímica. -----	47
Gráfico 2.3 – Localização de formação dos especialistas das áreas de agronomia, genética e bioquímica -----	48
Gráfico 2.4 – Especialistas que realizam P&D como atividade profissional -----	49
Gráfico 2.5 – Localização dos profissionais que atuam em P&D -----	50
Gráfico 2.6 – Especialistas membros de Grupos de Pesquisa -----	51
Gráfico 2.7 – Distribuição média dos recursos aplicados pela Embrapa – 1974 a 2005-----	58
Gráfico 2.8 – Dispendios de capital, custeio e pessoal da EMBRAPA – 1974 a 2005-----	59
Gráfico 2.9 – Evolução dos valores reais investidos pelo MTC em agricultura – 2000 a 2006-----	61
Gráfico 2.10 – Percentual real investido pelo MTC em agricultura – 2000 a 2006 -----	62
Gráfico 2.11 – Evolução temporal das espécies protegidas até dezembro de 2006 ----	64
Gráfico 2.12 – Sede das Empresas Multinacionais com registros no SNPC -----	65
Gráfico 2.13 – Participação das Instituições de Pesquisa Nacionais no SNPC -----	66
Gráfico 2.14 – Participação das cultivares por Cooperativas e Fundações de Apoio à Pesquisa Agropecuária no SNPC -----	66
Gráfico 2.15 – Localização das Empresas Privadas Nacionais depositárias no SNPC ----	67
Gráfico 2.16 – Participação das universidades brasileiras no SNPC -----	68
Gráfico 2.17 – Localização das instituições de pesquisa estrangeiras depositárias no SNPC -----	68
Gráfico 2.18 – Participação das instituições governamentais e estrangeiras no SNPC ----	69
Gráfico 2.19 – Participação das instituições nacionais e internacionais no SNPC -----	69
Gráfico 2.20 – Participação das universidades e instituições de pesquisa nacionais e das empresas multinacionais SNPC-----	70
Gráfico 2.21 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas-----	78

Gráfico 2.22 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas-----	80
Gráfico 2.23 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Bioinformática -----	83
Gráfico 2.24 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Biologia Sintética -----	84
Gráfico 2.25 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Clonagem -----	85
Gráfico 2.26 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Clonagem -----	86
Gráfico 2.27 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Marcadores Moleculares -----	87
Gráfico 2.28 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Marcadores Moleculares-----	88
Gráfico 2.29 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Genômica -----	89
Gráfico 2.30 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Genômica -----	90
Gráfico 2.31 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Tecnologia do DNA Recombinante -----	91
Gráfico 2.32 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Tecnologia do DNA Recombinante -----	92
Gráfico 2.33 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Transgênese -----	93
Gráfico 2.34 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoria de Plantas e Transgênese -----	95
Gráfico 2.35 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Metaboloma -----	96
Gráfico 2.36 – Evolução anual das publicações sobre Melhoria de Plantas e Proteômica -----	97
Gráfico 2.37 – Evolução temporal dos registros A01H e C12N-----	100

Gráfico 2.38 – Registros de patentes concedidos: Melhoramento Genético de Plantas – 1966 a 2008 -----	101
Gráfico 2.39 – Percentual das Técnicas e Biotecnologias em uso pela Indústria de Sementes-----	104
Gráfico 2.40 – Evolução temporal das Técnicas e Biotecnologias em uso pela Indústria de Sementes-----	107

Lista de Siglas

AGENCIARURAL – Agência Goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário

AIA – Acordo Prévio Informado

APIA – Agência Paulista de Tecnologia de Agronegócios

BADESUL – Banco de Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul

BC H – *Bio safety Clearing-House*

BIOMINAS – Fundação Biominas

BIO RIO – Fundação Bio-Rio

C&T – Ciência e Tecnologia

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CDB – Convenção Internacional sobre a Diversidade Biológica

CENARGEN – Empresa Recursos Genéticos e Biotecnologia

CGEN – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético

CIMMYT – *Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*

CIRAD – Centro Francês de Cooperação Internacionalem Pesquisa Agropecuária para o Desenvolvimento

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COODETEC – Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico

COOPERSUCAR – Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo

CTAGRO – Fundo Setorial do Agronegócio

CTBIO – Fundo Setorial de Biotecnologia

CTINFRA – Fundo de Infra-Estrutura

CTNBio – Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

CVC – Doença Cloro se Variada dos Citros

DNA – *Deoxyribonucleic Acid*

ECO92 – Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

EPO – *European Patent Office*

ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
ESAV – Escola Superior de Agricultura e Veterinária
FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
FAPA – Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FUNDAÇÃO MS – Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias
FUNDAÇÃO MT – Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso
FUNDACEP – Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa FECOTRIG O
FUNDEC IIRUS – Fundo de Defesa da Citricultura
GATT – Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio
GM – Geneticamente Modificado
GIPB – *Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building*
GREENPEACE – *Greenpeace Foundation*
IAC – Instituto Agrônomico de Campinas
IAPAR – Instituto Agrônomico do Paraná
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IDEC – Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IFPRI – *International Food Policy Research Institute*
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
ISAAA – *International Service for Agro-biotech Applications*
ISI – *Institute for Scientific Information*
LABINFO – Laboratório de Bioinformática do LNCC
LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica do Ministério da Ciência e Tecnologia
LPC – Lei de Proteção de Cultivares
LPI – Lei de Propriedade Industrial
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
MEC – Ministério da Educação
MF – Ministério da Fazenda

MMA – Ministério do Meio Ambiente
MODERFROTA – Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheadeiras
NIH – *National Institute of Health*
NRLO – *National Council for Agricultural Research*
OCEPAR – Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná
OEPAS – Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuárias
OGM – Organismo Geneticamente Modificado
OMC – Organização Mundial do Comércio
OMPI – Organização Mundial de Propriedade Intelectual
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONG – Organização Não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
OTA – *Office of Technology Assessment*
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PADCT – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCR – Polimerase Chain Reaction
PCT – *Patent Cooperation Treaty*
PIB – Produto Interno Bruto
PIBA – Produto Interno Bruto Agropecuário
PIDE – Programa Integrado de Doenças Endêmicas
PIEG – Programa Integrado de Engenharia Genética
PLANASEM – Programa Nacional de Sementes
PRONAB – Programa Nacional de Biotecnologia
RHAE – Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas
RNA – *Ribonucleic Acid*
RNC – Registro Nacional de Cultivares
SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
Siafi – Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal
SNPC – Serviço Nacional de Proteção de Cultivares
SPS – Acordo sobre Padrões Sanitários e Fitossanitários
SIN – Secretaria do Tesouro Nacional

TBT – Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação

TIRFAA – Tratado Internacional sobre os Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e Agricultura

TRIPS – Acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual relacionados ao Comércio

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFPA – Universidade Federal de Lavras

UFRRS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação Ciência e Cultura

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UPOV – União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais

USP – Universidade de São Paulo

USPTO – United States Patent and Trademark Office



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Geociências
Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica

***Capacitação em Melhoramento Genético de Plantas no Brasil:
situação atual e perspectivas***

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rodrigo de Araújo Teixeira

A produção de sementes melhoradas tecnologicamente é um fator de grande importância para o desempenho econômico da agricultura em nível mundial. Para o Brasil, o melhoramento genético vegetal é uma das atividades mais relevantes da pesquisa agropecuária nacional, tendo produzido resultados que contribuíram significativamente para os principais ganhos qualitativos e quantitativos alcançados pela agricultura brasileira ao longo das últimas décadas. Apesar do grande sucesso dos programas de melhoramento genético vegetal no país, com mais de um século de capacitação nessa área do conhecimento, muitos eventos têm modificado o equilíbrio deste segmento de inovação, alterando as relações entre a oferta e a demanda de tecnologias.

O presente trabalho de dissertação busca discutir as perspectivas de capacitação e desenvolvimento tecnológico no campo do melhoramento genético de plantas para o futuro próximo (5 a 10 anos), buscando elementos que apoiem a formulação de políticas essenciais para manutenção e fortalecimento da competência instalada no Brasil frente ao avanço muito rápido do conhecimento, nos campos da biotecnologia, da tecnologia da informação e das tecnologias de plantio.



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Geociências
Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica

***Plant breeding capabilities in Brazil:
present situation and perspectives***

ABSTRACT

MASTERS DISSERTATION

Rodrigo de Araújo Teixeira

Genetic improvement is a factor of great importance for the economic performance of agriculture in world-wide level. For Brazil, plant breeding is one of the most outstanding of the national agronomy research, having produced results that have contributed significantly for the main qualitative and quantitative advances obtained by Brazilian agriculture over the last decades. Despite the great success of the programs of plant breeding in the country, with more than a century of qualified activities in this area of knowledge, many events have modified the balance of this segment of innovation, modifying the relations between the offer and the demand of technologies.

This dissertation search to argue the perspectives of qualification and technological development in the field of the genetic breeding of plants for the near future (5-10 years), searching elements to support the elaboration of essential policies for maintenance and strengthening of the ability installed in Brazil in face of the very fast advance of the knowledge, in the fields of the biotechnology and the information technology.

Introdução

O presente trabalho de dissertação tem por objetivo analisar prospectivamente os possíveis caminhos da capacitação em melhoramento genético vegetal frente ao avanço do conhecimento nos campos da biotecnologia e da tecnologia de informação e as implicações destes caminhos para o futuro do país, particularmente para a competitividade da produção agrícola nacional.

Apesar do grande sucesso dos programas de melhoramento genético vegetal no país, com mais de um século de capacitação nessa área do conhecimento, alguns eventos certamente impactarão as instituições de pesquisa agropecuária do país (públicas e privadas) e a competitividade do agronegócio brasileiro. Se esse impacto será positivo ou negativo, depende de como os institutos de pesquisa, governo (por meio de suas agências de fomento e políticas públicas), universidades e escolas técnicas se organizarão perante as evidências que serão apresentadas neste trabalho.

Para o Brasil, o melhoramento genético vegetal é uma das atividades mais relevantes da pesquisa agropecuária nacional, tendo produzido resultados que contribuíram significativamente para os principais ganhos qualitativos e quantitativos alcançados pela agricultura brasileira ao longo das últimas décadas. A produção nacional de grãos, por exemplo, vem crescendo apoiada no incremento da produtividade, sem grandes aumentos da área plantada, justamente por conta de um conjunto de tecnologias empregadas, com importância central na geração de novas variedades por meio do melhoramento.

Considerando que dentre os fatores mais importantes para a competitividade estão os recursos humanos e o desenvolvimento tecnológico em melhoramento genético e em biotecnologia, o tema da presente dissertação coloca em pauta um assunto absolutamente central para o futuro da competitividade da agricultura brasileira. Discutem-se aqui as perspectivas de desenvolvimento e capacitação no campo do melhoramento genético de plantas para o futuro próximo, buscando elementos que apoiem a formulação de políticas para a capacitação em melhoramento genético vegetal no Brasil.

Parte-se do princípio de que é essencial a manutenção e o fortalecimento da competência instalada no Brasil frente ao avanço muito rápido do conhecimento para que o país mantenha um papel protagonista no desenvolvimento científico e tecnológico e na inovação da agricultura, levando ainda em conta o grande crescimento nas expectativas da sociedade em relação a aspectos como meio ambiente, segurança alimentar, segurança do alimento, entre outros.

Para tal, esta dissertação está organizada em três capítulos. A primeira parte busca caracterizar o campo de conhecimento do melhoramento genético vegetal em nível mundial. Apresenta a história e a importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura dos países. Explana sobre os impactos da biotecnologia no melhoramento genético, a evolução do marco regulatório internacional da biotecnologia em instituições supranacionais e as perspectivas do melhoramento genético de plantas para o futuro próximo.

O segundo capítulo apresenta brevemente a história e a importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura brasileira. Faz uma explanação do perfil atual da base de competência instalada no país, das instituições de pesquisa públicas e privadas que realizam pesquisa em melhoramento de plantas, dos recursos financeiros investidos, das variedades registradas e protegidas no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, das escolas que formam recursos humanos e dos principais elementos do quadro regulatório nacional de biossegurança, de acesso a recursos genéticos e de propriedade intelectual (lei de propriedade industrial e lei de cultivares) que apresentam implicações para o futuro da capacitação nacional em melhoramento genético de plantas. Também apresenta o levantamento sobre as técnicas biotecnológicas em uso pela indústria de sementes e as publicações científicas produzidas por brasileiros no exterior.

O terceiro e último capítulo apresenta o cenário futuro do melhoramento (estado da arte e tendências desse estado da arte) e seus possíveis impactos inclusive para a competitividade da agricultura. Reúne evidências sobre o que se pode esperar do futuro do melhoramento genético de plantas no Brasil, analisando o posicionamento do país

em relação a este cenário e aponta trajetórias possíveis. Para o desenvolvimento deste capítulo foram realizadas entrevistas com pesquisadores e especialistas em melhoramento genético vegetal para complementar as informações sobre este cenário e seus possíveis impactos na capacitação de recursos humanos e para a competitividade da agricultura nacional e mundial. Finalmente, apresenta-se a conclusão da dissertação e, dentro dela uma proposta de agenda de pesquisa no tema.

Capítulo 1: Melhoramento Genético Vegetal e Biotecnologia

Este capítulo busca caracterizar o campo de conhecimento do melhoramento genético vegetal em nível mundial. Apresenta a história e a importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura dos países. Explana sobre os impactos da biotecnologia no melhoramento genético e apresenta argumentos que fortalecem a tese de consolidação da biotecnologia vegetal como trajetória tecnológica para agricultura.

1.1. Caracterização e breve histórico do campo de conhecimento do melhoramento genético de plantas

Castro *et al.* (2005: 31) argumentam que “o melhoramento genético se iniciou com a própria invenção da agricultura há cerca de 10 mil anos, que foi em grande parte baseada na domesticação de plantas e animais e na gradual adaptação de modelos e processos de produção”, quando o homem compreendeu a relação semente-planta-semente dos grãos que usava no consumo ao lado dos alimentos de origem animal (Carvalho & Nakagawa, 1983 apud Kiyuna & Ferreira, 1994). Kiyuna & Ferreira (1994: 01) apontam que “a semente como insumo agrícola teve importância crucial na história da humanidade, sendo fator importante para passar da vida nômade de caçador para a vida sedentária de agricultor”. Em relação à caça, a agricultura atingiu níveis de eficiência surpreendentes desde sua invenção: “enquanto a caça exigia 2.500 ha para alimentar uma pessoa, uma agricultura com tecnologia moderna consegue em 250 ha alimentar 4.000 pessoas” (Stork & Teague, 1952 e Borlaug, 1972 apud Paterniani, 2006: 25).

“Até o século 18, a biologia estudava basicamente a relação dos seres vivos com a natureza. Essa época destacou-se pelas primeiras observações de células vivas” [...] “*Lamarck*, com seus trabalhos, começava a questionar-se a respeito da evolução das espécies” [...] “No século 19, Charles Darwin consolida a teoria da evolução dizendo que os seres vivos evoluem de acordo com a seleção natural do ambiente onde, os mais adaptados sobrevivem em detrimento dos menos adaptados” (Cordeiro, 2003: 18).

Em função do desconhecimento dos fundamentos biológicos das plantas (como, por exemplo, conhecimentos sobre nutrição e a idéia de que os cromossomos contêm as unidades informacionais transferidas de uma geração para a outra, disponíveis somente no século 19), durante milhares de anos, o processo do melhoramento vegetal baseou-se quase que exclusivamente na seleção empírica para a domesticação e adaptação das espécies (Salles-Filho, 1993), utilizando mais arte e criatividade do que conhecimento científico propriamente dito (Castro *et al.*, 2005).

“O melhoramento de plantas tem sido definido como ‘a ciência e a arte de modificar as plantas em benefício da sociedade’”

(Paterniani, 2003, *apud* Castro *et al.*, 2005: 31).

Somente após a redescoberta das Leis de Mendel¹, em 1900, o processo do melhoramento vegetal veio a se estruturar sobre bases científicas que passaram a orientar o melhoramento no sentido da maior eficiência e rapidez (Salles-Filho, 1993). Desde então, “várias pesquisas foram realizadas com vistas a ampliar e validar as conclusões do monge a respeito do mecanismo de herança de caracteres qualitativos” (Rocha, 2003: 27).

Em 1910, Morgan “fornece a primeira evidência de que os genes estão localizados em posições definidas nos cromossomos e que podem ser manipulados e avaliados experimentalmente” (Rocha, 2003). Nessa mesma época cientistas descobrem a heterose (Castro *et al.*, 2005), técnica de melhoramento genético, baseado na reprodução sexual de plantas, visando o vigor híbrido da cultivar (Paterniani, 2006).

Em 1913, *Alfred H. Stutervant* idealizou e desenvolveu o primeiro mapa genético posicionando os genes dos cromossomos, baseado na análise da freqüência dos fenótipos recombinantes, e propôs o princípio básico do mapeamento genético.

¹ As leis da hereditariedade sobre as quais a moderna ciência da genética está baseada foram descobertas por um monge austríaco chamado Gregor Mendel (1822-84). Mendel propõe as leis da hereditariedade e supõe que as características hereditárias são transmitidas em unidades. Embora as conclusões de Mendel tenham se baseado em trabalhos com uma única espécie de planta, os princípios enunciados nas duas leis aplicam-se a todos os organismos de reprodução sexuada. Apesar de sua importância, as descobertas de Mendel permaneceram virtualmente desconhecidas por mais de 30 anos após ele ter completado os seus experimentos – embora seus artigos científicos tenham estado disponíveis nas maiores bibliotecas da Europa e dos Estados Unidos da América. Eles influenciaram a biologia como um todo e dão a base aos estudos sobre hereditariedade e genética.

Atualmente, “o desenvolvimento de mapas genéticos permite a predição de descendências de cruzamentos controlados, localização das regiões do genoma responsáveis pela expressão das características e quantificação da sua importância para a expressão do fenótipo” (Rocha, 2003: 30).

A década de 1920 foi marcada pelo desenvolvimento dos métodos clássicos de melhoramento. Utilizavam-se, até então, princípios básicos da química dos solos e da fisiologia vegetal para a fertilidade das terras. Na década de 1930 os avanços ocorreram em função da descoberta da mutagênese e da utilização dos métodos estatísticos ao melhoramento genético, seguidos, na década de 1940, pelos grandes avanços na genética quantitativa. A segunda metade do século XX foi marcada pelos avanços na fisiologia (década de 1950), bioquímica² (década de 1960), cultura de tecidos (década de 1970) e, por volta de 1980, cientistas obtiveram impressionantes progressos na biologia molecular. (Paterniani, 2003; Borém & Milach, 1999 *apud* Castro *et al.*, 2005). Vale também lembrar que a identificação³ e descrição⁴ do DNA⁵ (sigla em inglês do ácido desoxirribonucléico – ADN) como a molécula que contém a informação genética dos organismos vivos durante a década de 1950 possibilitou o entendimento de como as informações genéticas eram transferidas de uma geração para outra, dando sustentação para novas descobertas como a descrição do RNA mensageiro, nos anos 1960, como carregador da mensagem armazenada no DNA. (Cordeiro, 2003)

De forma simplificada, Paterniani (2006), apresenta as técnicas de melhoramento genético em dois grupos:

- Técnicas com reprodução sexual:

2 “Estudos bioquímicos para determinar a constituição dos ácidos nucléicos realizados principalmente por Chargaff e estudos de difração de Raios-X, realizados pelo grupo de Wilks, foram decisivos para que, em 1953, Watson & Crick deduzissem a estrutura do DNA em hélice” (Cordeiro, 2003).

3 Em 1950, os norte-americanos Linus Pauling e Robert Corey identificam a estrutura molecular básica de proteínas. Eles propõem uma estrutura para o DNA com três cadeias helicoidais entrelaçadas (o modelo da tripla hélice).

4 Em 1953, o norte-americano James Watson e o britânico Francis Crick decifram, em 7 de Março, a estrutura de dupla hélice para o ADN e a publicam na revista "Nature" de 25 de Abril. A descoberta de Watson e Crick acerca da molécula do DNA/RNA culminou no desenvolvimento da biologia molecular.

5 “Constitui o genoma dos seres vivos onde estão contidas todas as informações genéticas fundamentais para sua existência. A partir dele, essas informações se expressam nas células e se perpetuam na progênie. Assim, pode-se dizer que o DNA tem função de armazenar e manter a informação genética (código genético)” (Cordeiro, 2003).

- Seleção massal: seleção com base no fenótipo. Método simples, praticado para fins de melhoramento sem avaliar a descendência da população selecionada;
- Hibridação: cruzamento, processo de obtenção de híbridos por polinização cruzada em plantas ou acasalamento entre animais de diferentes raças;
- Heterose: acréscimo de vigor e a uniformidade fenotípica — para otimizar a produção, a qualidade, o tempo de maturação, etc;
- Retrocruzamento: cruzamento de um indivíduo com um de seus genitores. A descendência deste cruzamento é dita geração ou progênie de retrocruzamento.

Técnicas sem reprodução sexual:

- Ploidia: condição relativa ao número de genomas ou complementos cromossômicos de uma espécie (alterações no número de cromossomos);
- Transgênese: introdução de um gene exógeno em células animais ou vegetais;
- Mutagênese: indução de alterações herdáveis na constituição genética de uma célula, modificando seu DNA;
- Varição somaclonal: alteração de natureza genética ou epigenética decorrente de procedimentos de cultura in vitro;
- Hibridação somática: produção de híbridos por fusão de protoplastos⁶, i.e., células somáticas isoladas de espécies (ou até gêneros) distintas. Em plantas, a hibridação somática é usada na obtenção de poliplóides artificiais, visando a sua utilização comercial como porta-enxertos, tal como ocorre em citros. Recurso usado para combinar genomas de espécies sexualmente incompatíveis;
- Transplastomia: transferência de plastídeos exógenos; e

⁶ Se a célula estiver totalmente desprovida de parede celular, ela recebe o nome de protoplasto (Serafini et al., 2001)

- Cíbridos: híbrido originado da fusão de dois protoplastos, sendo o núcleo de um deles desativado por um agente químico ou físico (geralmente, radiação), formando uma célula que contém o núcleo de uma espécie e o citoplasma híbrido.

No melhoramento clássico os genes de interesse são fornecidos por espécies ancestrais e a recombinação de genes é atingida através do acasalamento de toda a planta, ou seja, por meio de cruzamentos sexuais entre plantas da mesma espécie e, ocasionalmente, entre espécies do mesmo gênero e, raramente, entre plantas de gêneros afins. “A metodologia tradicional empregada no melhoramento genético de plantas tem limitações, pois só em poucos casos permite a transferência de genes entre diferentes espécies e, mesmo assim, somente entre espécies aparentadas” (Serafini *et al.*, 2001: 61)

Paterniani (2006: 26) coloca que “praticamente todo o melhoramento de plantas conseguido até o presente se deve ao melhoramento convencional”. Williams *et al.* (1976) *apud Oliveira et al.* (1999: 01) contabiliza que “das 250.000 espécies de plantas superiores, somente cerca de 300 são cultivadas extensivamente para fins agrícolas ou de pastagens. Quase todas estas espécies foram estabelecidas pelo seu valor econômico antes do início do emprego da tecnologia (de melhoramento) na agricultura”. Destas, menos de 15 atualmente suprem a maior parte da dieta humana e podem ser agrupadas nas seguintes classes: (a) Cereais: arroz, trigo, milho, sorgo e cevada; (b) Raízes e caules: beterraba, cana-de-açúcar, batata, mandioca e inhame; (c) Legumes: feijão, soja e amendoim; e (d) Frutas: citros e banana (Conway & Barbier, 1990 *apud Borém*, 1999).

Para Valois (2001: 28) “o melhoramento genético de plantas tem-se constituído na solução mais curta, econômica e duradoura para o encontro da sustentabilidade na agricultura...”, mas “... mesmo assim, os esquemas usuais de cruzamento e seleção de genótipos precisam ser refinados cada vez mais a fim de torná-los mais diretos e menos aleatórios no processo de obtenção de indivíduos com características adequadas”.

No início da década de 70, na Califórnia, os bioquímicos americanos Paul Berg (Prêmio Nobel de Química de 1980), Herbert Boyer e Stanley Cohen, com base das descobertas anteriores de que o DNA era o mecanismo pelo qual os organismos vivos –

de uma bactéria a um ser humano – transmitiam seu material hereditário e de que as células desses organismos contêm DNA (sabe-se hoje que uma única célula, seja de um homem ou de uma planta, contém todas as informações necessárias à formação de todo o organismo), que por sua vez é composto por quatro blocos estruturais denominados bases, cujos nomes são abreviados para A, T, G e C, imaginaram que do mesmo modo que as letras do alfabeto podem ser arranjadas, repetidas e colocadas em seqüências para formarem sentenças com significado, as quatro bases do DNA também podem ser colocadas em seqüência em uma ordem única a cada ser vivo. Esses cientistas, usando compostos químicos chamados de enzimas de restrição, capazes de cortar como uma tesoura o DNA e transportar o gene de um organismo para outro, desenvolveram o primeiro experimento de DNA recombinante. Cohen & Boyer utilizaram genes da bactéria *Escherichia coli* (John F. M. *et al.*, 1974), surgindo então a tecnologia do DNA recombinante ou Engenharia Genética que “representa o somatório das técnicas que foram sendo acumuladas nas áreas de Genética e Biologia Molecular” (Serafini *et al.*, 2001: 33).

“A Engenharia Genética constitui um conjunto de técnicas de análises moleculares que permitem estudos de caracterização, expressão e modificação do material genético (DNA e RNA) dos seres vivos”

(Cordeiro, 2003: 09).

Essa primeira experiência provocou forte reação da comunidade científica mundial, que culminou com a Conferência de Asilomar, em 1975. Nessa conferência, cerca de 140 especialistas criaram regras rigorosas para ditar os limites aos quais a pesquisa do DNA recombinante deveria se restringir, ampliando-se então o conceito de biossegurança⁷ (Borém, 2004).

Costa (2001: 419) compreende que as técnicas de DNA recombinante são “suficientemente poderosas para romper os fortes preconceitos de separatismo interespécie que a Natureza sabiamente arquitetou para evitar a coletivização das

⁷ “A biossegurança estuda os impactos decorrentes da biotecnologia na saúde humana e animal e no meio ambiente, sendo regulada, em vários países, por um conjunto de leis, procedimentos ou diretivas específicas” (Borém, 2004).

espécies”, visto que foram “rompidas as barreiras que impediam o cruzamento entre seres de espécies distintas” (Serafini *et al.*, 2001: 27). Por meio da engenharia genética, o gene que contém a informação para síntese de uma definida proteína pode ser transferido para outro organismo, reagindo da mesma forma que o organismo originário (Cordeiro, 2003), permitindo, por exemplo, obter novas cultivares que seriam muito difíceis de conseguir por meio do melhoramento clássico ou convencional. A semente transgênica é caracterizada como um produto proveniente da manipulação de técnicas de engenharia genética, pois sofreu um processo de modificação em seu genoma por meio da tecnologia do DNA recombinante (engenharia genética).

As modificações genéticas específicas de uma planta transgênica são resultantes de manipulações *ex-vivo* no DNA e posterior integração desse DNA no genoma vegetal. Essas modificações não aconteceriam sob condições naturais de cruzamentos ou recombinação. As plantas obtidas por esse tipo de manipulação são chamadas organismos geneticamente modificados (OGMs).

A obtenção de plantas geneticamente modificadas ou transgênicas, por meio das técnicas modernas de transformação genética, constitui uma nova alternativa para o melhoramento vegetal. Essas técnicas de transformação genética podem ser consideradas a continuação de uma longa lista de métodos tradicionais de melhoramento, como a indução de mutações, a hibridização entre espécies e gêneros, a duplicação de cromossomos, a cultura de células e tecidos *in vitro* e a fusão de células somáticas. Afirma-se que a tecnologia do DNA recombinante amplia os limites do melhoramento clássico e aumenta consideravelmente os recursos genéticos para o melhoramento de plantas e animais.

“Organismo Geneticamente Modificado (OGM) é todo organismo cujo material genético foi modificado por meio da tecnologia de genes, de uma maneira que não ocorre naturalmente por multiplicação e/ou por recombinação natural”

(Serafini *et al.*, 2001: 11).

Por meio da engenharia genética, a busca por variedades superiores pode ser atingida através da modificação direta do genoma da cultivar em nível celular e mesmo

molecular (*Kloppenburg Jr.*, 1990), possibilitando alterar precisamente as características existentes ou introduzir novos atributos em um organismo vivo. Esse mesmo autor argumenta que essa tecnologia adquire uma característica evolucionária mesmo com mudanças radicais na forma de manipulação. Ou seja, as novas técnicas celulares e moleculares se complementam ao invés de superarem as técnicas convencionais de melhoramento, já que estas não são operativas sem uma manipulação de toda a planta.

No entanto, a tecnologia do DNA recombinante e o desenvolvimento da amplificação de segmentos do DNA via *Polymerase Chain Reaction* (PCR ou reação de polimerase em cadeia), escrita pela primeira vez no ano de 1985, aliados a outras técnicas de melhoramento genético, modificaram de modo radical o panorama do melhoramento genético vegetal, visto o enfoque molecular pelo melhorista. Abriu-se o caminho para uma mudança no paradigma genético básico: da inferência do genótipo⁸ a partir do fenótipo⁹, onde Mendel foi pioneiro para a análise direta da variação na seqüência de DNA. “Até a década de 80, a seleção em programas de melhoramento genético dependeu unicamente da avaliação de características fenotípicas para identificação dos indivíduos superiores” (Gratapaglia & Sederoff, 1994 *apud* Rocha, 2003: 28)

De acordo com Pinheiro, Gerhardt e Margis (2000: 05) existem “duas estratégias para determinar a função de um gene na fisiologia vegetal. A primeira consiste em produzir plantas com expressão aumentada do gene em questão; outra consiste em suprimir, total ou parcialmente, a expressão do mesmo”. Com o uso de técnicas da engenharia genética, essa estratégia permite obter novos cultivares que expressam características de interesse, sem a necessidade de longos períodos de cruzamentos extensivos.

Também a descoberta das chamadas de enzimas de restrição, um passo “extremamente importante para que se chegasse finalmente à tecnologia do DNA recombinante” (Serafini *et al.*, 2001: 35), possibilitou um controle maior na manipulação de células e tecidos de bactérias, vírus, plantas e animais de interesse do melhorista e

8 Ao conjunto dos genes de um indivíduo dá-se o nome de genótipo.

9 Um fenótipo é qualquer característica detectável de um organismo (i.e. estrutural, bioquímica, fisiológica e comportamental) determinada pela interação entre o seu genótipo e o meio.

a inserção desta seleção no genoma de outro organismo vivo, utilizando enzimas para cortar e unir essas partes. Tais enzimas de restrição são capazes de cortar o DNA em pontos específicos podendo deixar extremidades colantes, permitindo a reunião posterior destas moléculas, mesmo os DNAs tendo vindo de seres distintos. Atualmente, mais de 1000 enzimas de restrição já foram identificadas.

O processo chamado de transformação bacteriana, obtido a partir da descoberta de que o DNA é o material genético do organismo vivo e de que existe a possibilidade de extraí-lo de uma bactéria e introduzi-lo no genoma de outra bactéria, é considerado por Serafini *et al.* (2001) como um processo de extrema importância científica e essencial para que as novas tecnologias pudessem ser realizadas. Esse processo foi depois estendido para outros seres vivos.

Além da engenharia genética, a manipulação de seres vivos para fins produtivos foi alterada pelo surgimento de um outro campo do conhecimento que emergiu a partir da segunda metade dos anos 80: a genômica. A genômica busca a compreensão da estrutura e do funcionamento de um organismo por meio do seqüenciamento dos seus genes. Em outros termos, em lugar de se partir da planta ou organismo, passando por uma estrutura biológica (célula) para se atingir uma proteína e, finalmente, o genoma, a era genômica permite realizar essa atividade pelo caminho inverso: partindo de um genoma a planta é modificada.

Os diversos estudos de genoma que atualmente estão sendo realizados (genoma humano, genoma de pragas agrícolas, genoma de plantas, etc) criam ainda plataformas tecnológicas para o desenvolvimento de novos métodos de diagnóstico, métodos preventivos e métodos terapêuticos.

O aprimoramento das tecnologias de DNA recombinante e os recentes desenvolvimentos no âmbito de vários projetos de genoma vegetal têm gerado um crescente interesse na aplicação desses conhecimentos para geração de nova variabilidade genética, útil em programas de melhoramento de plantas. Ademais, o estudo de genomas de plantas tem se beneficiado, sobretudo, dos avanços obtidos na área de genética humana. Tecnologias de análise molecular, mais acessíveis e eficientes, estão constantemente sendo aprimoradas. Métodos estatísticos acompanham este desenvolvimento, e têm permitido a manipulação de enormes

quantidades de dados, o que se viabiliza com o avanço das tecnologias de informação e, particularmente, da bioinformática.

O grande avanço alcançado pela Biologia Molecular e Celular nos últimos anos tem permitido o desenvolvimento de novas alternativas que, se integradas ao melhoramento tradicional, podem gerar novos instrumentos auxiliares ao melhoramento genético e aumentar o conhecimento de mecanismos genéticos básicos, ainda pouco compreendidos, possibilitando maior rapidez nas descobertas e resultados, pela aplicação do melhoramento genético, o que transforma o modelo de produção agrícola. Pesquisa nesta área estão levando a uma releitura da genética, da bioquímica e da fisiologia, que ao lado da microeletrônica e das tecnologias da informação e comunicação (TICs) vêm permitindo transformações nos métodos de melhoramento, ampliando as bases conceituais e abordagens científicas que possibilitem ao melhorista tecnologias mais eficientes para essa atividade.

Esta transformação se traduz em dois elementos fundamentais: maiores possibilidades de diversificação de produtos e redução do ciclo de vida de produtos e tecnologias. Em outras palavras, essa nova abordagem permite a colocação de um maior e mais diversificado número de variedades em prazos menores e com ciclos de vida cada vez mais curtos. Com isto alteram-se todas as relações entre ciência, tecnologia e inovação na agricultura.

1.2. Histórico e importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura dos países

A crescente produtividade da agricultura observada desde o século passado decorre de trajetórias tecnológicas distintas e do processo de aprendizado no campo. A alteração na base técnica de produção de alimentos, mediante a introdução de inovações tecnológicas e organizacionais, trata-se de um processo histórico acumulativo e tem suas raízes na civilização ocidental.

Mantoux (1988) aponta a expropriação de terras camponesas¹⁰ durante o final do século XVI e o final do século XVIII na Inglaterra, como o fator que forneceu as bases

¹⁰ Legitimado pelas apropriações de terras e leis de cercamento naquele período

para as mudanças que intensificaram a exploração da terra, e instituíram a base fundiária para um novo modelo de produção agrícola, o modelo da intensificação da produção por meio da busca por produtividade.

O longo processo de formação do padrão tecnológico da agricultura moderna torna-se irreversível a partir da revolução industrial (final do século XVIII), “quando as primeiras máquinas agrícolas vinham propor o desuso de ferramentas tradicionais” (Salles-Filho, 1993: 07). A introdução de máquinas agrícolas, que avançaram sobremaneira na segunda metade do século XX, refletiu técnica e economicamente na formação do padrão tecnológico agrícola moderno, conhecida por agricultura moderna. A mecanização tornou ainda mais rápida e cômoda a aplicação de insumos agrícolas.

Conforme cita Kohlmeyer & Herun (1961) *apud* Salles-Filho (1993: 14), “foi no início dos anos 1830, com o desenvolvimento da ceifa-colheitadeira *McCormick*, que se estabeleceu um marco na modernização da agricultura americana e, posteriormente, européia, dado que tal máquina incorporava recursos que lhe conferiam multifunção, superando aquelas até então inventadas”, e a relação equipamentos/animais/esterco, passa a ser determinado pela relação máquina/fertilizante químico. Essa nova relação de complementaridade gerou transformações em todas as técnicas utilizadas na agricultura (Byé *et al.*, 1989) – as máquinas, além de impactarem os sistemas produtivos, também potencializaram a capacidade de trabalho do melhorista.

Kautsky descreve em sua obra “*A Questão Agrária*”, publicada em 1899, a influência do capitalismo sobre a agricultura e as transformações que estavam ocorrendo no campo no final do século XIX. O autor salienta que o processo de transformação na agricultura ocorre através da sua integração ao mercado e principalmente devido ao crescimento das cidades. Argumenta que a penetração do capitalismo no campo e mudanças na forma de produzir dá início ao modelo produtivo moderno. Considera a grande propriedade agrícola superior tecnicamente em relação à pequena propriedade, dado que aquela tinha escala suficiente para implantar a indústria rural, capaz de agregar valor ao produto agrícola e vendê-lo a preços que compensassem os investimentos produtivos. Em sua análise notou que, entre o final do século XVIII e o início do XIX, houve não apenas um aumento significativo da produção agrícola, mas também uma grande diversificação de produtos, e que foi a burguesia

quem levou o progresso técnico (a aplicação científica da agronomia, a mecanização, a utilização da eletricidade) à agricultura, provocando o desenvolvimento das forças produtivas, a especialização da agricultura e a divisão do trabalho entre as unidades de produção.

O conhecimento científico até o início do século XIX contribuiu muito pouco para o desenvolvimento produtivo obtido na agricultura (*Kohlmeyer & Herun*, 1961). No entanto, de acordo com *Kautsky* (1986) *apud* Salles-Filho (1993), a descoberta de *Justus Von Liebig* sobre o enfraquecimento do solo de componentes minerais garantiu o surgimento das bases científicas necessárias para a posterior evolução da indústria de fertilizantes para a agricultura, ainda no século XIX, período que marca o início da aplicação de conhecimentos de base científica para a produção de inovações capazes de interferir nas restrições naturais da produção agrícola.

Para o caso específico das sementes melhoradas, até o início do século XX “o processo do melhoramento vegetal baseava-se quase que exclusivamente na seleção visual, vindo apenas após a redescoberta das Leis de Mendel a se estruturar sobre bases científicas que passaram a orientar o melhoramento no sentido da maior eficiência e rapidez” (Salles-Filho, 1993). Utilizava-se, até então, princípios básicos da química dos solos e da fisiologia vegetal para a fertilidade das terras.

Lucile Brockway (1979) descreveu a organização, depois de 1850, da rede britânica de jardins botânicos instalada nas suas colônias e subordinada ao direcionamento do Real Jardim Botânico de Kew (em inglês: *Royal Botanic Gardens, Kew*), perto da cidade de Londres. Salles-Filho (1993: 12) registra a importância dos Jardins Botânicos para a formação do atual padrão tecnológico agrícola: “primeiro porque foram os loci de desenvolvimento da botânica e da sistemática vegetal moderna e dos primeiros passos na reprodução e melhoramento de várias espécies; segundo, e talvez mais importante do ponto de vista de seus impactos técnicos e econômicos, porque eles se constituíram nos centros de integração e difusão destas espécies, acelerando enormemente sua disseminação para muitas regiões do planeta”. A distribuição das sementes era realizada, não apenas para a colônia de origem como também para outras colônias. Em posse das novas variedades e espécies, os Jardins Botânicos das colônias adaptavam as novas plantas para sua possível implantação.

Durante a primeira metade do século XIX nos Estados Unidos, Kloppenburg (1988, apud Salles-Filho, 1993) argumenta que tanto os Jardins Botânicos quanto os produtores participaram ativamente do processo de introdução de novas culturas. A distribuição de sementes aos produtores era gratuita e estava a cargo da divisão de agricultura do *Patent and Trademark Office*. A partir dos repasses de sementes, o próprio agricultor incumbia-se de selecioná-las e multiplicá-las.

Nos dias atuais a semente desponta como o principal vetor de tecnologia na produção agrícola. A eficiente aplicação dos princípios e conhecimentos fundamentados na genética e outros campos do conhecimento, associada às demais técnicas agronômicas, conduziram ao desenvolvimento sem precedentes da agricultura moderna. Estima-se que cerca de 50% dos incrementos obtidos na produtividade das diferentes culturas devem-se ao melhoramento genético, enquanto os outros 50% são atribuídos à melhoria das práticas de manejo como fertilização, definição do número adequado de plantas por unidade de área, controle de insetos, doenças e plantas daninhas, além de outras práticas culturais (Fehr, 1987).

Esse contexto de transformações na agricultura encontrava-se impulsionado pelo desenvolvimento de um novo mercado consumidor, formado pelas grandes cidades que se encontravam em pleno crescimento. A Revolução Industrial e a crescente necessidade da produção de alimentos estimularam ainda mais o processo de desenvolvimento e de crescimento de uma produção agrícola que se mostrava em evolução desde o início da Revolução Agrícola inglesa, ao longo do século XVIII.

Salles-Filho (1993) afirma que a consolidação efetiva do padrão agrícola moderno é conferida no Pós II Guerra, momento no qual o chamado pacote tecnológico agrícola (que integra tecnologias de diferentes naturezas – química, mecânica e biológica) aparece claramente como uma base técnica consolidada e testada. A partir dos anos 50, o uso de tecnologias e de um conjunto de práticas e insumos agrícolas, de trajetórias tecnológicas distintas, apresentava condições para que as novas cultivares alcançassem altos níveis de produtividade. A agricultura moderna constitui um setor tecnologicamente dominado pelas inovações originadas na indústria de insumos e equipamentos e pela pesquisa de ponta gerada em instituições públicas de pesquisa e laboratórios privados e promove a integração com segmentos industriais a jusante.

O padrão agrícola estabelecido no Pós II Guerra tem sua base tecnológica assentada no uso de agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos), mecanização, cultivares de alto potencial de rendimento e técnicas de irrigação, visando a elevação da produtividade. Já na década de 1950, tal modelo agrícola foi difundido para as regiões do Terceiro Mundo, num processo conhecido como Revolução Verde (Spadotto, 2006: 02). Também, a formação dos sistemas nacionais de pesquisa agrícola exerceu, sem dúvida alguma, significativa importância no processo de formação do padrão tecnológico agrícola moderno.

Na agricultura, as ferramentas da biotecnologia têm potencial para alterar as bases técnicas da produção de alimentos, seja em quantidade, seja em qualidade. A introdução da tecnologia do DNA recombinante, no final dos anos 1960 e início dos anos 70, possibilitando a manipulação dos genes de microorganismos, plantas e animais em laboratório, acrescentou uma nova perspectiva ao melhoramento de plantas.

A melhoria da resistência natural das plantas às doenças e ao stress, por exemplo, pode levar à redução da utilização de pesticidas químicos e fertilizantes, bem como favorecer práticas agrícolas mais sustentáveis, reduzindo a erosão dos solos e favorecendo o ambiente. Ademais, as atuais técnicas de melhoramento contribuem significativamente para o aumento da produtividade das lavouras e adaptação das variedades melhoradas às novas fronteiras agrícolas, reduzindo assim os custos de produção de alimentos para uma demanda cada vez mais crescente.

Nesse contexto, em que a biotecnologia possibilita a diversificação de produtos agrícolas e a redução do ciclo de vida destes mesmos produtos e de tecnologias, com o potencial de fornecer alimentos mais saudáveis e em maior quantidade, onde o foco do melhoramento tende a ser mais abrangente e complexo, e não somente direcionado ao produtor que visa uma maior produtividade em sua colheita, tendo em vista às demandas impostas atualmente pela sociedade em relação à preservação do meio ambiente, desafios das mudanças climáticas, energia, qualidade do alimento, segurança alimentar e preocupação com a saúde humana, pode-se afirmar que as transformações que estão ocorrendo geram implicações que atuam diretamente na reorientação das bases produtivas da agricultura vigentes no paradigma atual

produtivista e a emergência de um novo paradigma para a dinâmica de P&D e inovação na agricultura.

1.3. A emergência da moderna biotecnologia e seus impactos no melhoramento genético

Embora o termo biotecnologia tenha sido usado pela primeira vez pelo húngaro e engenheiro agrícola Karl Ereky, em seu livro (*“Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Grosbetriebe. Verlag Paul Parey, Berlin, VII., 84.”*) publicado no ano de 1919 (apud Fári. & Kralovánszky, 2006), as primeiras aplicações pelo ser humano ocorreram há milhares de anos, com o uso de organismos vivos (leveduras) para se obter produtos (vinhos e pães), via processo de fermentação. Em 1920, o termo já era encontrado em dicionários alemães e ingleses que poderiam ser encontrados tanto nos Estados Unidos como na Grã Bretanha. De qualquer forma, publicações como a revista *“Biotechnology and Bioengineering”*, cujo primeiro número data dos anos 40, atestam que a palavra biotecnologia vem sendo usado há bastante tempo e “é resultante da junção dos termos biologia e tecnologia” (Serafini *et al.*, 2001: 25).

Foi a partir da década de 1970, especialmente após a introdução de um conjunto de técnicas de análises moleculares que permitem estudos de caracterização, expressão e modificação do material genético (DNA e RNA) dos seres vivos que a biotecnologia adquiriu uma “nova roupagem¹¹”. Com métodos da biologia molecular moderna torna-se possível manipular o genoma de microorganismos, plantas e animais, modificando a estrutura genética do organismo para que possa sintetizar proteínas específicas para cumprir determinada função, dando início a uma nova geração organismos geneticamente modificados (OGM), capazes de produzir substâncias de valor econômico e social, tais como vacinas, hormônios, alimentos mais nutritivos, etc.. Valois (2001: 28) afirma que “a descoberta das leis da hereditariedade, bem como da natureza química do material genético, e a decifração do código genético foram condições primordiais para o surgimento da biotecnologia moderna”.

11 Termo também utilizado por Serafini *et al.* (2001) referindo-se à consolidação do paradigma genético em função da descoberta de James Watson e Francis Crick.

De forma simplificada, os processos biotecnológicos podem ser divididos em três grupos, de acordo com o nível científico e tecnológico envolvido: (1) tradicionais, quando são utilizadas leveduras para a fabricação de vinhos e pães; (2) intermediários, àqueles que produzem microorganismos para uso específico (vacinas e antibióticos) e técnicas clássicas de melhoramento animal e vegetal, e (3) os processos biotecnológicos modernos, que utilizam técnicas de engenharia genética para o melhoramento do bioproduto (Salles-Filho, 1990).

“A biotecnologia consiste na aplicação, em grande escala, dos avanços científicos e tecnológicos resultantes de pesquisas em ciências biológicas, tendo como implicação a utilização de organismos vivos (ou suas células e moléculas) para produção racionalizada de substâncias, gerando produtos comercializáveis, desde uma vacina para uso humano ou animal, até uma planta de valor agrônômico”

(Serafini *et al.*, 2001: 11).

Referindo-se aos processos biológicos modernos, Amaral & Silva (2003) consideram que a biotecnologia compõe-se basicamente das seguintes tecnologias: (1) biologia molecular: permite identificar, isolar e caracterizar o gene de interesse; (2) engenharia genética: possibilita clivar, por meio de enzimas de restrição, seqüências nucleotídicas específicas de ácidos nucléicos pela geração de extremidades aderentes de fitas simples da molécula de DNA de uma espécie que se associa a fragmentos de DNA de outra espécie clivados por essas mesmas enzimas; (3) transformação genética: introduz o gene selecionado em uma célula vegetal após ter sido inserido enzimaticamente em um plasmídeo de uma bactéria específica; e (4) cultura de tecidos: após o processo de transformação gênica, torna-se necessário regenerar a planta a partir da célula que foi geneticamente modificada, o que pode ser feito por cultura de tecidos.

Como principais vertentes de inovação da biotecnologia podem ser considerados os marcadores moleculares (mapas moleculares, caracterização, prospecção gênica), a engenharia genética (transgênicos), as ciências genômicas (projetos genoma) e as tecnologias reprodutivas (clonagem: enorme impacto na conservação e uso de recursos genéticos e oferta de reprodução; biofábricas).

John Purvis¹² afirma que “a biotecnologia, em especial a engenharia genética, é considerada uma das tecnologias-chave do futuro próximo [...] Na agricultura, espera-se da engenharia genética um aumento da produção vegetal e animal assim como o aumento da resistência às várias doenças e solicitações ambientais, além de possibilidades para melhorar a sua qualidade. No presente, está-se igualmente a estudar a utilização de plantas e animais geneticamente modificados para efeitos de produção de medicamentos, de vacinas e de diferentes substituições de tecidos”.

A combinação das ferramentas de manipulação genética reduz o prazo de obtenção de novas variedades. Por exemplo, “o uso de marcadores genéticos e de técnicas de amplificação molecular aceleram o processo de melhoramento de 7 a 8 anos para 3 a 4” (Silveira, 2001:96; e Salles-Filho, 1998).

Silveira (2005) argumenta que o surgimento da biotecnologia moderna marca a entrada de uma nova era para a agricultura, com um papel de destaque para a genética molecular. Para Silveira *et al.* (2006: 84), a “possibilidade de produzir plantas geneticamente modificadas, com novos atributos e independente da compatibilidade sexual entre espécies, representa o maior impacto da biotecnologia moderna na agricultura”.

Os avanços da biotecnologia na agricultura buscam contribuir para o aumento da produtividade; a redução dos custos de produção; a colaboração com a implantação de sistemas produtivos ambientalmente sustentáveis e o aumento da eficiência da pesquisa (EMBRAPA, 2002), e a tendência é a produção agrícola “depender menos de inovações mecânicas e químicas e se basear no uso intensivo do conhecimento científico e de técnicas moleculares e celulares” (Silveira, 2003: 1).

Um dos produtos mais evidentes de utilização dessas novas ferramentas nesse setor são as plantas geneticamente modificadas ou transgênicas. Os primeiros experimentos a campo de plantas transgênicas foram feitos em 1986, nos Estados Unidos e na França. E o primeiro produto alimentício produzido pela moderna biotecnologia a receber aprovação para consumo foi o tomate longa vida (Flavr-Savr®),

12 Relator do Relatório “sobre o futuro da biotecnologia (2000/2100(INI))”, número A5-0080/2001, da Comissão da Indústria, do Comércio Externo, da Investigação e da Energia do Parlamento Europeu – Comissão Europeia

desenvolvido pela empresa americana *Calgene* e comercializada a partir de 1994 (Silveira *et al*, 2004).

A plantação de transgênicos em grande escala para fins comerciais iniciou-se em 1996 e desde então a área plantada em todo o mundo vem crescendo sistematicamente. Durante oito anos, entre 1996 e 2003, a área global de cultivo transgênicos aumentou 40 vezes. Em 2003, o valor do mercado global destas espécies transgênicas foi estimado entre US\$ 4,5 bilhões e US\$ 4,75 bilhões. Em 2002, o valor deste mercado representou 15% do valor global de proteção de plantas e 13% do mercado global de sementes. (James, 2003)

Até 2005, os cultivos geneticamente modificados com aprovação comercial estavam presentes em dezoito países. Desse total, onze são países em desenvolvimento, dos quais dois são os mais populosos da Ásia – China e Índia –, três possuem as maiores economias da América Latina e Caribe – Brasil, México e Argentina – e um sendo a principal economia da África – África do Sul. Os Estados Unidos ocupam a primeira posição em área plantada de cultivos geneticamente modificados com 49,8 milhões de hectares, com culturas de soja, milho, algodão, canola, abóbora e mamão.

Um estudo publicado pela Universidade de Minnessota em dezembro de 2004: “*The Global Diffusion of Plant Biotechnology*”; apresenta 63 países que estão realizando pesquisas com variedades geneticamente modificadas com 57 espécies de plantas, entre grãos, frutas e vegetais (Runge & Ryan, 2004):

- Para as variedades de grãos, 55 países estão realizando pesquisa e desenvolvimento de 16 variedades, sendo que a soja, o milho, o algodão e a canola já estão com a aprovação comercial em alguns países.
- Cinquenta países estão interessados em desenvolver catorze tipos de vegetais geneticamente modificados. Batata e tomate são os mais pesquisados e aprovados nos testes. A abóbora nos Estados Unidos e Canadá já foi aprovada para a produção comercial, assim como a páprica e o tomate na China.

- Dezesseis tipos de frutas estão sendo pesquisados em 29 países. Nos Estados Unidos está aprovada a produção comercial para mamão, que é a fruta mais pesquisada por todos esses países.
- O tabaco GM é comercializado nos Estados Unidos e aprovado pré - comercialmente na Europa Oriental. A chicória tem aprovação pré-comercial também nessas duas regiões.

Clive James (2005) considera o ano de 2005 um “marco histórico” no cultivo de OGMs, visto que quatro novos países cultivaram lavouras GM, comparado com 2004: três são países da União Européia, Portugal, França, e República Tcheca, e o quarto o Irã. Portugal e França retomaram a plantação de milho geneticamente modificado pela introdução do gene *Bt* depois de uma ausência de cinco e quatro anos respectivamente, enquanto a República Tcheca plantou milho *Bt* pela primeira vez em 2005. Entretanto, deve-se ressaltar que a produção comercial de muitas dessas culturas ainda não se consolidou, estando o mundo submetido a um quadro regulatório ainda incerto.

“Em 2005, o valor de mercado global de lavouras GM, calculado pela Cropnosis, foi de US\$ 5,25 bilhões representando 15% dos US\$ 34,02 bilhões do mercado de proteção global de lavouras em 2005 e 18% dos US\$ 30,0 bilhões do mercado comercial global de sementes em 2005”

(James, 2005: 40).

Segundo um relatório publicado pelo ISAAA (*International Service for Agro-biotech Applications*) em fevereiro de 2008, as culturas geneticamente modificadas foram plantadas em 282,4 milhões de acres (114,3 milhões de hectares) em 2007, refletindo um aumento superior a 12% de 2006 e os segundo maior aumento na área dos últimos cinco anos. Em 2007, 43% da área global de lavouras transgênicas foi cultivado em 12 países em desenvolvimento. A taxa de adoção nos países em desenvolvimento foi três vezes maior em relação aos países industrializados, com 21% e 6%, respectivamente. Globalmente, agricultores em 23 países plantaram as culturas geneticamente modificadas, incluindo Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile (novo em 2007), China, Colômbia, República Checa, Alemanha, França, Honduras, Índia, México,

Paraguai, Filipinas, Polônia (novo em 2007), Portugal, Romênia, Eslováquia, África do Sul, Espanha, Estados Unidos e Uruguai. (James, 2008)

Em 2007, os Estados Unidos, seguido por Argentina, Brasil, Canadá, Índia e China continuou a ser a principal adotante global de culturas geneticamente modificadas, com 57,7 milhões de hectares (50% do total dos cultivos mundiais), dinamizado por um crescente mercado de etanol produzido com milho geneticamente modificado que impulsionou o aumento substancial de 40% da área plantada com essa cultura – isto foi parcialmente compensado pela redução de lavoura como soja e algodão. O relatório da ISAAA também aponta que o Brasil manteve a terceira posição como a maior adotante de culturas transgênicas do mundo, estimada em 15 milhões de hectares, dos quais 14,5 foram plantados com soja RR® e o restante com algodão *Bt*. (James, 2008)

As principais culturas geneticamente modificadas no ano de 2007 foram soja, milho, algodão e canola. Praticamente 70% destas são de tolerância ao herbicida, 16% resistentes a insetos e os 14% restantes são para tolerância ao herbicida e também para resistência a insetos numa mesma cultivar. Sessenta e quatro por cento da área plantada de soja no mundo (91 milhões de hectares) já são geneticamente modificadas. O algodão, cultivado em 35 milhões de hectares, quarenta e três por cento da área plantada são de transgênicos, com destaque para as plantações na Índia e China, onde o algodão GM teve aumento de produção de até 50% e 10%, respectivamente. O milho apresenta uma taxa de transgenia inferior à soja e algodão com 24% dos 148 milhões de hectares plantados no mundo, impulsionado principalmente pelos agricultores americanos. A canola, com 27 milhões de hectares plantados, possui vinte por cento de área plantada em culturas geneticamente modificadas.

Para os próximos anos, países asiáticos como a China¹³, Índia¹⁴, Indonésia, Japão, Tailândia, Filipinas e Malásia estão prontos para investir milhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento de produtos derivados da biotecnologia. Na Malásia está

13 A China ocupava, em 2004, a quinta posição no ranking dos países com maior área de lavouras geneticamente modificadas do mundo. (ISAAA, 2005)

14 A Índia ocupava, em 2004, a sétima posição no ranking dos países com maior área de lavouras geneticamente modificadas do mundo. (ISAAA, 2005)

sendo criado um *cluster*¹⁵ chamado “*Biovalley*”, para estimular o crescimento e a aplicação da biotecnologia naquele país, com a formação de novos institutos e centros acadêmicos de maior proximidade com o setor industrial. Na Indonésia, um parque industrial denominado “*Bioisland*”, dentre outros eventos similares em muitos países.

A indústria de sementes e agro-química coloca que a biotecnologia é a “nova revolução verde” que permitirá alimentar a humanidade, expandir a produtividade agrícola e contribuir para o desenvolvimento sustentável. O argumento utilizado ainda está por ser provado. O que se quer demonstrar aqui são as perspectivas desses setores em reação ao uso da biotecnologia na agricultura. A Revolução Verde tratou de apresentar aos países um “pacote tecnológico” para fins de produtividade. O que se discute na atualidade, em torno do futuro tecnológico e organizacional na agricultura, é o esgotamento do modelo agrícola baseado na “Revolução Verde”, onde a trajetória produtivista esgotou-se e que outro paradigma está emergindo, com busca na diversificação de produtos.

Como indicam Possas e Nepomuceno (2002: 177), a “engenharia genética tem propiciado ir muito além da introdução de simples características agrônômicas como resistência a herbicidas e insetos”. Para os autores, as próximas gerações (segunda e terceira) de sementes melhoradas tecnologicamente por meio da engenharia genética apresentarão benefícios mais diretos aos consumidores, como alimentos enriquecidos nutricionalmente ou plantas expressando vacinas, fármacos, hormônios, entre outros produtos de interesse econômico e social.

Conforme explicam Silveira *et al.* (2004), a primeira geração de plantas geneticamente modificadas é caracterizada pela produção de cultivares resistentes a herbicidas, resistência a insetos e tolerância a *stress* climático; as plantas da segunda geração serão modificadas com o objetivo de melhorar quantitativa e qualitativamente suas qualidades nutricionais; e a terceira geração diz respeito às plantas que foram modificadas para sintetizar produtos especiais, como fármacos, plásticos e outras especialidades químicas.

15 Um cluster, no mundo da indústria, é uma concentração de empresas relacionadas entre si, numa zona geográfica relativamente definida, que conformam um polo produtivo especializado com vantagens competitivas.

De acordo com Fonseca (2004: 167), “o que está sendo liberado em diversos países como resultado da biotecnologia vegetal refere-se à expansão da primeira geração de produtos, desenvolvidas sob medida para acoplar a indústria de sementes aos líderes mundiais do setor agroquímico”. Nesta geração estão sendo introduzidas em plantas, principalmente, características que permitem à ação de tolerância de herbicidas.

Entre os argumentos que favorecem a adoção e difusão dessa nova tecnologia por parte das companhias produtoras de sementes e de agricultores (Schaper *et al.*, 2001), estão:

- A biotecnologia oferece meios para produzir alimentos de melhor qualidade e de forma mais eficiente e segura tanto para a saúde humana e animal, quanto para o meio ambiente;
- O uso dessa nova tecnologia permite aumentar a competitividade entre os países agro-exportadores, aumentando os rendimentos e diminuindo os custos de produção;
- É uma ferramenta para satisfazer a necessidade da demanda mundial por alimentos nos próximos anos;
- Diminui os impactos ambientais, utilizando menos agro-químicos, contribuindo para uma agricultura sustentável.
- O cultivo de transgênicos representa um maior rendimento por hectares, com o aumento da produtividade;
- Diminui os custos da utilização de herbicidas e/ou fungicidas, representando por um controle crescente dos custos variáveis de produção.

Os debates para a adoção ou não de transgênicos ultrapassam as razões da promoção do desenvolvimento científico-tecnológico e de proteção da saúde humana e do meio ambiente. Além dessas razões, existe a de caráter político-comercial (Schaper *et al.*, 2001). Segundo Machado (2002: 1) as “empresas de biotecnologia iniciaram o processo de liberação de plantas geneticamente modificadas sem levar em consideração a percepção pública sobre o tema, conduzindo a reações adversas que

variam desde aspectos técnicos, passando por questões ideológicas, chegando a aspectos de ordem filosófica”.

De acordo com aqueles que se opõem à utilização dos transgênicos, existe a preocupação da monopolização do mercado de sementes e insumos agrícolas por empresas multinacionais, detentoras e comerciantes dessa tecnologia, visto que esta apresenta custos elevados para o desenvolvimento tecnológico desses produtos.

Grupos de ambientalistas, consumidores e movimentos sociais se opõem à adoção precipitada de uma política de comercialização dos transgênicos. Argumentam que o estado atual do desenvolvimento de OGM's beneficia apenas aos agricultores e às empresas produtoras de sementes, colocando o consumidor como um ator passivo e sob risco potencial. A estratégia dessas organizações e associações de defesa do consumidor e do meio ambiente vêm sendo a difusão dos possíveis riscos dos OGMs e, conseqüentemente, a necessidade de aprofundar os estudos que demonstrem a inocuidade para a saúde humana e animal e para o meio ambiente.

Organizações internacionais como a ISAAA sustentam que não é racional, e tampouco razoável, proibir os OGMs e seus derivados, visto que não representam riscos à saúde humana e animal. As principais academias de ciências do mundo (Estados Unidos, Inglaterra, China, México, Brasil, Canadá, dentre outras nações) já se posicionaram quanto às vantagens das culturas geneticamente modificadas na agricultura mundial. Também a Organização Mundial de Saúde (OMS) já se pronunciou favoravelmente à segurança dos alimentos geneticamente modificados, liberados pelos órgãos reguladores, para a saúde humana.

1.4. Biotecnologia vegetal: uma trajetória tecnológica consolidada

A dinâmica tecnológica da agricultura moderna está relacionada à contínua elevação da produtividade pela modernização de seus métodos de cultivo como padrão de desenvolvimento tecnológico desse segmento, com destaque para o desenvolvimento de cultivares por ser “uma das principais formas de intervenção da pesquisa agropecuária para modificar a eficiência dos sistemas produtivos

agropecuários em todo o mundo” (Castro *et al.* 2005: 23). Esse padrão¹⁶ moderno de se produzir na agricultura foi gerado em trajetórias tecnológicas distintas, por diferentes áreas do conhecimento e de diferentes indústrias (Possas *et al.*, 1996).

Uma trajetória tecnológica pode ser definida como uma atividade do progresso técnico junto a "*trade-offs*" econômicos e tecnológicos definidos por um paradigma (Dosi, 1988). Por sua vez, "os paradigmas tecnológicos têm um poderoso 'efeito de exclusão': os esforços e a imaginação tecnológica dos engenheiros e das instituições em que eles se inserem estão focalizados em direções bastante precisas, estando eles - por assim dizer - "cegos" com respeito a outras alternativas tecnológicas" (Dosi, 1982: 153).

Para indústria de sementes, a evolução recente da engenharia genética, que passou pelo seqüenciamento de genes de vários organismos, representa uma mudança substantiva das abordagens de melhoramento genético, o que vem alterando a direção das trajetórias tecnológicas da agricultura há muito tempo consolidadas. Vale ressaltar que, mesmo com a emergência da biotecnologia, os parâmetros do melhoramento genético de plantas não se alteram, mas a forma de manipulação e as técnicas de melhoramento mudam substantivamente, complementando o trabalho do melhorista com as chamadas "técnicas convencionais".

Com a utilização de técnicas modernas no trabalho de melhoramento a partir da década de 1980, as perspectivas tecnológicas de desenvolvimento de sementes melhoradas geneticamente têm se apresentado ainda mais dinâmicas, em função das promessas comerciais e de aplicabilidade da biotecnologia, nas quais as oportunidades abertas vão desde a aceleração do processo de obtenção de novas variedades até a criação de meios para a melhor exploração da biodiversidade. Machado (2002: 1) afirma que o "avanço da genômica como uma atividade de consolidação da informação genética, na qual a identidade e a função dos genes deverão tornar-se atividades mais rotineiras, permite antever que a transgenia ou a modificação genética simples tornar-se-ão atividades de mais ampla aplicação na agricultura [...] Ignorar esse fato fará com

16 Um padrão é um conjunto de especificações técnicas ao qual se associa um produtor, seja tacitamente, seja em termos de um processo formal de padronização voluntária, seja ainda em respeito a uma decisão da autoridade pública (David & Greenstein 1990). No presente trabalho o termo padrão será empregado no sentido de modelo técnico de produção.

que o melhoramento genético torne-se uma ciência complementar, e as distâncias tecnológicas aumentem consideravelmente”.

Empresas globais do setor de sementes estão apostando, de fato, na trajetória tecnológica da biotecnologia vegetal, e construindo suas capacitações locais para o desenvolvimento de novas cultivares. Nos últimos quinze anos, grandes empresas multinacionais do setor químico iniciaram processo de diversificação em direção à indústria de sementes, alterando as relações entre a oferta e a demanda de tecnologias e, em última instância, os padrões de concorrência nos mercados de sementes, motivada pela participação desses novos atores privados. As possibilidades de combinar técnicas de engenharia genética no desenvolvimento de plantas mais resistentes aos defensivos químicos, às pragas e aos insetos, abriram novas perspectivas de expansão do capital das empresas do ramo agroquímico. A estratégia de diversificação adotada pelas empresas Monsanto e Syngenta, por exemplo, ocorre especialmente por meio da geração de novos produtos baseados nas novas técnicas e abordagens do melhoramento, dentre as quais se encontram a transgenia e as ferramentas de biologia molecular que permitem um trabalho de melhoramento mais objetivo e em menor tempo. Mesmo empresas tradicionais do setor sementeiro como não poderiam deixar de ser, vêm adotando as novas técnicas de melhoramento.

Nessa perspectiva, o impacto econômico da biotecnologia no setor de sementes é extremamente satisfatório, comprovado pelo caso clássico da soja RR[®]. Em 2006, as dez maiores companhias mundiais do mercado de sementes, coincidentemente, originaram do setor químico. Quatro destas empresas (Monsanto, DuPont, Syngenta e Bayer) estão entre as dez instituições com o maior número de registros de patentes envolvendo plantas geneticamente modificadas nos escritórios internacionais de propriedade intelectual (conforme levantamento realizado e que será apresentado neste trabalho posteriormente). Estas empresas perceberam que conhecer, proteger e aplicar tais tecnologias é um diferencial competitivo evidente. A Tabela 1.1 apresenta a lista com as dez maiores empresas do setor de sementes em 2006. Estas empresas foram responsáveis por 55% do total de sementes vendidas no mercado mundial no período.

Tabela 1.1 – Dez maiores empresas mundiais do setor de sementes

Companhia	Venda de sementes em US\$ milhões
Monsanto + Delta & Pine Land (US) pro forma	4.476
DuPont (US)	2.781
Syngenta (Suíça)	1.743
Groupe Limagrain (França)	1.035
Land O'Lakes (US)	756
KWS AG (Alemanha)	615
Bayer Crop Science (Alemanha)	430
Takii (Japão) estimado	425
Sakata (Japão)	401
DLF-Trifolium (Dinamarca)	352

Fonte: ETC Group (2007b)

Além da vertente tecnológica, as mudanças legais, com a implementação de legislações de proteção intelectual (patentes e cultivares), de biossegurança e de acesso ao patrimônio genético, as condicionantes climáticas e ambientais, podendo ocorrer intensificação dos estresses nutricionais, térmicos e hídricos em plantas nas regiões de clima tropical, assim como uma maior pressão social por uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente, os novos padrões de segurança e consumo alimentar e pressões no contexto geopolítico e econômico mundial representado pelas negociações da OMC, principalmente no que diz respeito às barreiras técnicas e as exigências de produtos com sistema de rastreabilidade¹⁷, também influenciam o equilíbrio deste segmento de inovação. Todos esses eventos exercem, conjuntamente, uma forte pressão para reorientação da base técnica da agricultura e da P&D, motivada pela necessidade de aplicação de volumosos recursos financeiros para pesquisa e competência multidisciplinar para o desenvolvimento de inovações tecnológicas provenientes da biotecnologia.

Devido a esses acontecimentos, diversos autores¹⁸ já há muito tempo têm apontado para a superação do paradigma produtivista¹⁹ na agricultura e a emergência

17 Castro, *et al.* (2005), Lopes (2005), Machado (2005) e Salles-Filho & Bonacelli (2003).

18 OTA (1992), Petit & Barghouti (1992), Salles-Filho (1993), INRA (1994), Trigo & Kaimowitz (1994), Bonny (1995) e NRLO (1998).

19 O paradigma produtivista na agricultura que se difundiu no pós-guerra encontra-se, segundo alguns autores, em esgotamento, devido, entre outras questões, pelos novos padrões de consumo baseados na revalorização do alimento e na institucionalização da defesa ambiental (Goodman, *et al.*, 1987; Kloppenburg Jr., 1990; Salles-Filho, 1993; Possas *et al.*, 1996).

de um novo padrão apoiado nas mudanças tecnológicas, proveniente dos avanços da biotecnologia e do ainda pouco explorado cruzamento das tecnologias de informação com a biologia molecular e celular – a biologia sintética, por exemplo, é um dos campos mais revolucionários neste tema e os avanços da nanotecnologia potencializarão essa nova tecnologia.

1.5. Evolução do Marco Regulatório Internacional em Biotecnologia

Em fevereiro de 1975, novos modelos e procedimentos normativos para o controle de possíveis riscos advindos da moderna biotecnologia foram constituídos na Conferência de Asilomar. A Conferência reuniu 140 cientistas americanos e estrangeiros para discutir padrões de biossegurança em experimentos com DNA-recombinante. Foram as primeiras regras para o controle de riscos decorrentes do uso dessa tecnologia (posteriormente estabelecidas pelo *National Institute of Health* – NIH) como norteadoras dos procedimentos de avaliação de risco para novos produtos biotecnológicos. Mais adiante, esses procedimentos foram estabelecidos em todo o mundo, objetivando o desenvolvimento seguro dessa tecnologia.

Na Europa, embora seja relatado que as discussões sobre normas reguladoras da biossegurança tenham iniciado na década de 70, somente a partir da década de 80 é que as discussões progrediram para fóruns internacionais oficiais, com a inclusão do tema no relatório da Comissão Brundtland, sobre desenvolvimento sustentável, também conhecido como "Nosso Futuro Comum".

Após a Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), ocorrida no Rio de Janeiro, a questão passou a estar definitivamente incluída na pauta de discussões sobre direito internacional. Resultaram desse mesmo processo cinco acordos: a Declaração do Rio, a Declaração de Princípios sobre o Uso das Florestas, a Convenção Internacional sobre a Diversidade Biológica (CDB), a Convenção sobre Mudanças Climáticas e a Agenda 21. Este último reforçou a importância da biotecnologia para alcançar as metas para um desenvolvimento equilibrado e sustentado, propiciando o melhor atendimento à saúde, maior segurança alimentar, práticas agrícolas mais sustentáveis e melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

Foram incorporadas pela Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica as noções de transferência de tecnologia e de propriedade intelectual, buscando equilibrar o acesso de recursos naturais dos países em desenvolvimento e o acesso à tecnologia dos países desenvolvidos. A CDB é o principal fórum mundial na definição do marco legal e político para temas e questões relacionados à biodiversidade e seus objetivos centrais são: a conservação da biodiversidade, a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e eqüitativa de benefícios (Assad & Sampaio, 2005). A regra geral de acesso aos recursos genéticos está condicionada com a obrigação de os países adotarem medidas legislativas, administrativas ou políticas para assegurar o acesso e a transferência de tecnologias protegidas por direitos de propriedade intelectual. Somente quando tal legislação estiver disponível é que os governos poderão caracterizar o uso não autorizado de recursos genéticos ou da tecnologia derivada (biopirataria). Atualmente, 168 países assinaram a CDB e 188 países já a ratificaram, tendo estes últimos se tornado Parte da Convenção, permitindo aos países participação plena nas negociações internacionais sobre biossegurança.

O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, que estabelece as regras para a movimentação transfronteiriço de organismos geneticamente modificados (OGMs) vivos, é o primeiro acordo firmado no âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica. Aos Países-Partes, foram criados alguns instrumentos para o apoio à decisão: o Procedimento para o Acordo Prévio Informado (AIA); *Biosafety Clearing-House* (BCH) ou Mecanismo de Intermediação de Informação sobre Biossegurança e Desenvolvimento de Capacidade institucional.

O objetivo geral do Protocolo é “contribuir para assegurar um nível adequado de proteção no campo da transferência, da manipulação e do uso seguros dos organismos vivos modificados resultantes da biotecnologia moderna que possam ter efeitos adversos na conservação e no uso sustentável da diversidade biológica”, e, devido a isso, pode-se dizer que o Protocolo constitui peça central para a institucionalização da pesquisa e do comércio dos organismos geneticamente modificados.

Entretanto, alguns pontos de controvérsias não foram contemplados no Protocolo de Biossegurança, como a questão referente aos produtos processados a partir de organismos geneticamente modificados que tenham sido produzidos, embalados e

importados de países onde não há segregação entre grãos naturais e transgênicos. Esse ponto deverá ser retomado em outro encontro internacional, provavelmente no *Codex Alimentarium*²⁰, que vem sendo discutida a questão da identificação e rotulagem de produtos transgênicos.

Durante o ano de 2005, os países membros da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) discutiram o texto final da futura Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos. Essa declaração trata de questões éticas relacionadas à medicina, às ciências da vida e às tecnologias associadas quando aplicadas aos seres humanos. Abrange tópicos sobre: biotecnologia, biomedicina, bioética social e bioética ambiental.²¹

Existem questionamentos de ecólogos sobre os riscos de as variedades transgênicas causarem poluição genética no meio ambiente, em decorrência da possibilidade de os transgenes escaparem para variedades não-transgênicas da mesma espécie ou para outras espécies, especialmente as silvestres. A possibilidade de fluxo gênico do OGM para espécies sexualmente compatíveis é uma questão fundamental na avaliação de risco ambiental, particularmente nas proximidades dos centros de origem e de diversidade das espécies cultivadas.

O Protocolo de Cartagena e outros Acordos Internacionais

A necessidade de resolver eventuais incompatibilidades entre os dispostos acordados no Protocolo com as normas previstas em outros acordos internacionais, especialmente aqueles relativos ao livre comércio internacional e ao meio ambiente, são questões essenciais nas discussões sobre o acordo (e difíceis de solucionar, dado os interesses divergentes e marcos regulatórios desiguais).

Diversos acordos e tratados bilaterais e multilaterais foram assinados entre nações, tais como o Acordo sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual relacionados ao Comércio (TRIPS/OMC), os tratados estabelecidos pela Organização

20 O *Codex Alimentarius* é um código internacional de padrões alimentares criado em 1963 pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) para estabelecer programas de padrão de alimentação.

21 UNESCO, “Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos”, Tradução: Garrafa, V *et. AL (Coord.)*: Sociedade Brasileira de Bioética – SBB. 2005.

Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) – União Internacional para Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV) e *Patent Cooperation Treaty* (PCT) –, a Declaração Universal sobre o Genoma Humano e a Declaração Internacional sobre os Dados Genéticos Humanos, ambos adotados pelo sistema das Nações Unidas, entre outros. Esses acordos e tratados, de caráter vinculante ou não, apresentam alguns conflitos baseados principalmente nas questões relacionadas com os direitos sobre a biodiversidade, folclores e conhecimento tradicional, a preservação do meio ambiente e a proteção à saúde humana e animal e barreiras comerciais sobre os produtos geneticamente modificados e têm entre seus objetivos orientar os Estados na formulação de sua legislação, políticas ou outros instrumentos no campo da biotecnologia (biossegurança, bioética, biodiversidade, etc), propriedade intelectual e comércio internacional.

Para a CDB, o acesso aos recursos biológicos está condicionado ao consentimento prévio informado do país de origem e requer aprovação e participação das comunidades locais, estabelecendo uma base legal para que os países em desenvolvimento possam reivindicar participação nos benefícios, enquanto no acordo TRIPs não existe disposição que obrigue esse tipo de consentimento e defende que os recursos biológicos devem estar sujeitos ao direito privado de propriedade intelectual, prova disso é a inexistência de mecanismos que promovam a divisão dos benefícios entre os titulares da patente de um país e o doador do material biológico de outro país.

Acesso aos Recursos Genéticos e repartição de benefícios

As discussões sobre acesso e repartição de benefícios passaram a ser tratadas com maior profundidade a partir de 1998 nas reuniões da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), buscando equilibrar o acesso de recursos naturais dos países em desenvolvimento e o acesso à tecnologia dos países desenvolvidos.

Em 2002 foram aprovadas as Diretrizes de Bonn, documento com uma série de recomendações e alternativas, de natureza voluntária, para a criação de políticas internas e de legislação de acesso e repartição de benefícios em cada país parte, mas pelo fato de serem voluntárias, vêm tendo adesão desequilibrada. “A maior crítica as Diretrizes, feita pelos países em desenvolvimento, consiste em que, pelo fato de serem

voluntárias, não são suficientes para evitar a biopirataria, em nível internacional e mesmo em nível local, e garantir, na prática, o cumprimento dos princípios da Convenção” (Assad & Sampaio, 2005: 2). As Diretrizes de Bonn foram, apenas, um primeiro passo dado pela CDB no tratamento do tema do acesso e da repartição de benefícios.

Os países megabiodiversos apóiam o desenvolvimento de um Regime Internacional de Acesso e Repartição de Benefícios que venha a ter natureza vinculante. Um sub-grupo de países em desenvolvimento submeteu nove sugestões para modificação do artigo 27.3(b) e outros artigos importantes do Acordo TRIPS, tentando torná-lo mais adequado ao espírito da CDB (Assad & Sampaio, 2005). Foi proposto por esses países a incorporação de três requisitos adicionais de informação para a concessão de patentes relacionadas com material biológico e/ou conhecimento tradicional: (i) – revelação da fonte ou país de origem do material biológico/genético e/ou conhecimento tradicional associado; (ii) comprovação do “consentimento prévio informado”; (iii) comprovação da existência de acordo sobre a repartição de benefícios. As normas do Acordo TRIPS, da Organização Mundial do Comércio (OMC), até o momento, não beneficiam o proprietário do material genético eventualmente envolvido no desenvolvimento da patente ou da cultivar.

Alguns países iniciaram a implementação de legislações nacionais, outros estão trabalhando com diretrizes gerais, e dezenas deles sequer começaram a implementar regulamentos nacionais. (Assad & Sampaio, 2005: 2). Mesmo a discussão internacional ainda não possui consenso, com diferentes posições e grupos aprofundando os debates internacionais. É com este cenário internacional que se depara hoje o acesso e repartição de benefícios.

Em harmonia com a CDB, o Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura (TIRFAA) e o *Standard Material Transfer Agreement* (SMTA), promovidos pela FAO²² (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), são

22 A FAO é a organização internacional que lidera os esforços de combate e erradicação da fome no mundo. Criada em 1945, atua como um fórum neutro, onde todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, se reúnem em pé de igualdade para negociar acordos e debater políticas. Atualmente conta com 189 países membros, mais a Comunidade Européia. A rede mundial compreende cinco oficinas regionais e 78 escritórios nacionais (<https://www.fao.org.br/default.asp>).

outros instrumentos supranacionais relacionados ao acesso e repartição de benefícios. Têm como finalidade principal o acesso facilitado, a repartição de benefícios e a conservação dos recursos fitogenéticos. Estão direcionados exclusivamente ao uso dos recursos genéticos para alimentação e agricultura e prevê a formação de um sistema multilateral de acesso facilitado e tem como base a divisão de benefícios financeiros oriundos da comercialização de produtos protegidos por mecanismos de propriedade intelectual. Segundo a FAO, a ratificação do TIRFAA cria uma nova e importante oportunidade de melhorar o equilíbrio entre o apoio à conservação dos recursos filogenéticos e a utilização efetiva destes para satisfazer necessidades nutricionais e de segurança alimentar, contribuindo, assim, com alguns dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio estabelecidos pela ONU (Organização das Nações Unidas).

Propriedade Intelectual

No cenário mundial é freqüente o debate sobre os limites da proteção patentária de produtos ou processos provindos da biotecnologia, particularmente no que diz respeito à relação conceitual entre descoberta e invenção, na qual estão inseridas as atividades de isolamento ou purificação de substâncias encontradas na natureza, bem como a aceitação das reivindicações de uso nas solicitações de patentes, as quais definem o alcance da proteção.

Para registrar uma patente, o invento deve atender a três requisitos básicos: novidade, aplicação industrial e atividade inventiva. No caso de invenções de base biológica, acrescenta-se a suficiência descritiva. Amparado pelo Tratado de Budapeste, esse princípio é uma tentativa de harmonizar os padrões mundiais relativos ao depósito de microorganismos, proporcionando informações suficientes para permitir outros experimentos a partir do invento. “O sistema legal no tocante a propriedade intelectual nos países desenvolvidos estão em constante adaptação, para acomodar as demandas geradas pela pesquisa e desenvolvimento na academia e na indústria” (Arruda e Arruda, 2004: 2).

Vale ressaltar que nos escritórios de patentes dos Estados Unidos (USPTO), Europa (EPO), OMPI, Japão e Alemanha, 90% dos pedidos de patentes em genômica foram depositados nos últimos 9 anos. Os maiores detentores de patentes de

biotecnologias são os Estados Unidos (37%), Japão (37%), países da União Européia (19%) e os demais países que realizam pesquisa na área (7%). O Brasil possui não mais que três dezenas de patentes em genômica e/ou plantas geneticamente modificadas depositadas nos escritórios internacionais de propriedade intelectual no período de 1985 a 2004, com origem em instituições brasileiras (Arruda e Arruda, 2004).

Em geral, as patentes são usadas nos países desenvolvidos para proteger tanto as variedades vegetais quanto o material genético nelas incorporado, por oferecerem uma forma mais rígida de proteção do que a maioria dos Sistemas de Proteção de Obtenções Vegetais.

União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais – Convenção Internacional sobre a Proteção das Variedades Vegetais – UPOV (1961, 1978 e 1991)

Em 1961, a UPOV foi criada pela Convenção Internacional sobre a Proteção das Variedades Vegetais (*Plant Variety Protection – PVP*). É um acordo multilateral adotado por diversos países, que determina normas comuns para o reconhecimento e a proteção da propriedade de novas variedades de plantas obtidas pelos melhoristas. Nas sucessivas reuniões da Convenção – 1972, 1978 e 1991 – a proteção outorgada aos melhoristas aproximou-se progressivamente aos direitos de patentes sobre plantas.

A Revisão da UPOV de 1978 proibia a dupla proteção (simultaneamente por direitos de melhorista e por patentes), ao mesmo tempo em que possibilitava aos países definir quais espécies seriam protegidas (Wilkinson; Castelli, 2000 apud Carvalho et al., 2007).

A última revisão da Convenção (1991) permitiu a dupla proteção, tornando o ambiente de geração de novas variedades ainda mais competitivo. “Introduziu a noção de variedade essencialmente derivada, exigindo que a variedade melhorada a partir de outra por número mínimo de características definido em lei, mantidas as características essenciais da variedade inicial, tenha a permissão do detentor dos direitos e pague royalties para o mesmo. O prazo de proteção foi ampliado de 15 para 20 anos para culturas e, pelo menos, 25 para árvores e videiras” (Carvalho *et al.*, 2007: 13). Ficou definido no mesmo ano, que para proteger uma determinada variedade, esta deve

apresentar características de estabilidade, novidade, homogeneidade e distinguibilidade. Nessa reunião, os direitos dos melhoristas foram significativamente reforçados. Até outubro de 2007, faziam parte do acordo 65 membros, incluindo alguns países latino-americanos.

Em relação à dupla proteção, os resultados do Simpósio OMPI-UPOV, realizado em 24 de outubro de 2003, em Genebra, foram claros: os progressos em biotecnologia vegetal são importantes para todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, e exigem adequada proteção dos direitos de propriedade intelectual. Para os especialistas que ali estiveram, as proteções *sui generis* e as patentes de plantas são ambos necessários e muitas vezes combinados na proteção e promoção da biotecnologia vegetal.

Comércio Internacional

Segundo Porter e Brown (1996) apud Simões (2004: 60), “os temas ambientais não são tratados apenas como assuntos científicos e técnicos”. Para os autores, o sistema internacional de produção de bens, o uso de recursos naturais, a liberalização do comércio internacional, as relações Norte-Sul e, até mesmo, conflitos internacionais e a estabilidade política e social interna também fazem parte dessa temática – acrescente-se, ainda, o fato de que, “no caso da biotecnologia, as incertezas científicas relacionadas aos novos produtos afetam a formulação de políticas em nível nacional e internacional, uma vez que a falta de elementos de consenso para informar uma atuação definida do país pode influenciar sua participação em negociações internacionais sobre o assunto” (Porter e Brown, 1996 apud Simões, 2004: 60).

Sobre esse aspecto, a preocupação com a proteção ao meio ambiente e saúde humana trouxe reflexos relevantes e contraditórios ao comércio internacional. No caso específico dos OGMs, a incerteza ainda vigente em alguns países da Europa quanto à segurança desses produtos e a possibilidade de aplicação do princípio da precaução passou a ser questionada em âmbito internacional sob a acusação de ser um entrave ao livre comércio mundial, pois impõe barreiras à livre troca de mercadorias entre as nações, atuando como protecionismo disfarçado, além de trazer obstáculos ao progresso científico. De um lado está o interesse e compromisso de integração

econômica e de estabelecer um livre comércio, e de outro está a adoção de medidas restritivas baseadas em incertezas quanto aos riscos de determinados produtos contra a saúde humana e meio ambiente.

Segundo Barros-Platiau e Varella (2004; 44), “as questões relacionadas a OGMs continuam complexas, já que dizem respeito a mercadorias cujo comércio, com algumas exceções, pode ser tratado pelo regime comercial, dado os riscos inerentes possíveis”. Para os autores, três são os acordos que poderiam ser aplicados a este assunto: o Acordo sobre Padrões Sanitários e Fitossanitários (SPS); Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT) e; Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (GATT), de 1947. Concluem que mesmo no âmbito do regime da OMC, ainda não foi estabelecida a maneira pela qual serão tratadas as questões contenciosas relacionadas a OGMs.

As disputas comerciais entre os Estados Unidos (a favor do livre comércio de OGMs) e União Européia (impondo restrições enquanto pairarem incertezas quanto à existência de riscos) levou à criação de um comitê sobre biotecnologia na OMC que, por enquanto, se limita a reunir informações. Até o momento, os norte-americanos tiveram sua primeira vitória ao conseguir que o assunto não fosse abordado apenas enquanto questão ambiental, como propunham os europeus.

1.6. Conclusão do capítulo

A arte de adaptar plantas a modelos e processos de produção teve e continua tendo importância crucial em toda história da humanidade, permitindo ao homem viver em sociedade, passando da vida nômade de caçador para a vida de agricultor.

Novas técnicas e métodos de melhoramento representam avanços científicos e tecnológicos alcançados pela humanidade em busca da contínua elevação da produtividade agrícola. Já hoje e mais ainda no futuro próximo, a agricultura, além de oferecer alimentos em grandes quantidades para assegurar a oferta, deverá também produzir outros produtos com atributos qualitativos, tais como insumos para energia, química, fármacos, fibras e materiais. Nesse contexto, a biotecnologia apresenta-se como uma estratégia de melhoramento indispensável para este milênio.

Os impactos da biotecnologia no melhoramento genético de plantas abrem perspectivas inovadoras para esse campo do conhecimento, acelerando o processo de obtenção de novas variedades, possibilitando a criação de meios para a melhor exploração da biodiversidade e auxiliando na customização de organismos vivos para atender as necessidades humanas.

Nesse mesmo cenário, as discussões sobre a autorização comercial dos organismos geneticamente modificados que ocorrem em todo o mundo ultrapassam as preocupações ambientais e de saúde humana. “Imbricam-se em assuntos como a situação de desenvolvimento dos países, especialmente os dotados de maior biodiversidade [...] a utilização de recursos genéticos da biodiversidade para a criação de valor agregado a produtos, processos e serviços certamente leva a questionamentos quanto à propriedade sobre tais recursos e sobre os resultados obtidos com seu uso” (Yamamura, 2007: 157) e motivam a criação e o desenvolvimento de um desenho de marco regulatório, país a país, que busque harmonizar, por um lado, a preservação do meio ambiente e a proteção da saúde humana e, por outro, a necessidade de não restringir o desenvolvimento de novas pesquisas e a conquista de novos mercados. De modo geral, a evolução dos aspectos políticos e legais envolve controvérsias sobre propriedade intelectual, acesso aos recursos genéticos, conservação e uso sustentável da biodiversidade, aprovação comercial, transporte, rotulagem e impactos na saúde humana e animal.

Somam-se a isso os debates atuais em torno dos riscos dos organismos geneticamente modificados e da biotecnologia na agricultura. Vale observar que a questão central das discussões envolvendo OGMs não é o risco, mas o debate sobre o risco. Grupos contrários a liberação de organismos geneticamente modificados no meio ambiente e para o consumo humano utilizam argumentações que ultrapassam as considerações do campo científico e recaem em debates ideológicos e políticos. Quando discutem os riscos, esquecem de discutir a natureza das coisas: o homem como ser biológico, se alimenta de dezenas de milhares de proteínas, dentre as quais uma entre milhões de pessoas virá a ter alergia, independente da técnica utilizada no melhoramento.

Contudo, essas mudanças institucionais, mercadológicas e de conhecimento que estão ocorrendo em todo mundo alteram também o perfil do melhorista de plantas, visto que este profissional está sempre buscando a otimização de processos, demandados pelo consumo urbano ou social (consumidores, supermercados, indústria de alimentos e agricultores) e por ser o principal ator inserido na dinâmica da pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares.

Sob a ótica dos países, acompanhar o ritmo e a direção das mudanças que estão em curso permite assegurar o futuro da competitividade agrícola, onde a capacitação e o desenvolvimento tecnológico em melhoramento genético e em biotecnologia são fatores fundamentais para pesquisa e desenvolvimento econômico das nações. Portanto é essencial a manutenção e o fortalecimento das competências internas envolvidas.

O segundo capítulo busca apresentar alguns elementos relacionados à competitividade e à capacitação em melhoramento genético vegetal no Brasil, de modo a subsidiar a análise da situação atual da base de competência instalada no país frente ao avanço muito rápido do conhecimento, nos campos da biotecnologia, da tecnologia da informação e das tecnologias de plantio, e do seu posicionamento em relação ao mundo, tendo como referência países competidores e que realizam pesquisas em áreas da fronteira do conhecimento científico e tecnológico.

Capítulo 2: Evolução recente e situação atual do melhoramento genético de plantas no Brasil

Este capítulo apresenta brevemente a história e a importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura brasileira. Faz uma explanação do perfil atual da base de competência instalada no país (recursos humanos), das instituições de pesquisa públicas e privadas que realizam pesquisa em melhoramento de plantas, dos recursos financeiros investidos, das variedades registradas e protegidas no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, das escolas que formam recursos humanos na graduação e pós-graduação e dos principais elementos do quadro regulatório nacional de biossegurança, de acesso a recursos genéticos e de propriedade intelectual (lei de propriedade industrial e lei de cultivares) que apresentem implicações para o futuro da capacitação nacional em melhoramento genético de plantas. Também apresenta o levantamento sobre patentes e publicações científicas feitas por brasileiros no exterior.

2.1 Histórico e importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna e a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura brasileira

Para Graziano da Silva (1996), o processo de transformações na agricultura brasileira teve início na década de 1850, quando foi proibido o tráfico negreiro e implantada a Lei de Terras²³. Os objetivos desta regulação eram os de estabelecer as regras de acesso à terra que não fosse por outro meio senão pela compra, extinguindo o regime de posses (Sandroni, 1994). As terras eram vendidas em leilões públicos a partir de um preço mínimo. Os recursos obtidos com a venda das terras seriam destinados ao financiamento da imigração de trabalhadores.

A abolição da escravatura em 13 de maio de 1888 pode ser considerada fator fundamental para constituição do padrão tecnológico moderno da agricultura, visto que “quando o trabalho dos escravos constitui a base da sociedade, a técnica e o desenvolvimento das forças produtivas paralisam-se completamente” (Friedman, 1979 e Thalheimer, 1979 *apud* Rodrigues, 1986: 23).

23 A Lei de Terras (nº. 601) foi promulgada no Brasil em 1850.

De acordo com Müller (1989: 20), no Brasil ocorreram três padrões agrários principais. O primeiro entre 1870 e 1930, com o predomínio de latifúndios, nas três décadas seguintes (até a década de 60), corresponde ao período de formação do padrão tecnológico da agricultura moderna que se acentuam as conexões entre agricultura e agroindústria, e entre 1960 e 80 quando considera a consolidação do padrão agrícola moderno, com a utilização de insumos industriais (a montante) e a produção em grande escala de alimentos e matéria-prima para indústria (a jusante).

Na interpretação de Kageyama e Graziano da Silva (1983), o processo de transformações na agricultura brasileira evidencia-se na passagem do complexo rural para os complexos agroindustriais, na emergência de um mercado interno e na industrialização da agricultura. A formação dos complexos agroindustriais é a consolidação do processo de modernização da agricultura brasileira na segunda metade da década de 70.

Contudo, do ponto de vista científico e tecnológico, os primeiros passos das ciências agronômicas no Brasil já haviam ocorrido anos antes da gênese do processo de transformação da agricultura brasileira, com a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em 1808 (Rodrigues, 1986), desempenhando um importante papel como centro de integração e difusão de espécies vegetais. Dean (1989, 14) aponta que já no século XVIII, “os países que não possuíam a organização científica adequada a receber trocas podiam perder seus monopólios naturais sem ganhar nada de volta”.

Rodrigues (1986) argumenta que as atividades de pesquisa agropecuária no país tiveram início somente a partir de 1860, com a fundação dos Imperiais Institutos de Agricultura. Em 1859, os primeiros institutos de pesquisa agrícola foram criados por decreto do Imperador Pedro II, localizados na Bahia, Rio de Janeiro, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Sul, além do Imperial Estação Agronômica de Campinas, criada em 1887 por ato do Ministério da Agricultura, para estudar essencialmente a cultura do cafeeiro (Revista COMCIÊNCIA, 2003). Os Institutos de Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Sul tiveram vida provisória ou não chegaram a funcionar efetivamente. O Imperial Instituto Fluminense de Agricultura e o Imperial Instituto

Baiano de Agricultura²⁴ conseguiram se firmar por algumas décadas. “A Estação Agronômica de Campinas teve vida efêmera como ‘imperial’, passando para a esfera estadual pelo Decreto 707 de 8 de janeiro de 1892, transformando-se depois no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), respeitável instituição de pesquisa que prevalece até os dias atuais” (Rodrigues, 1986: 34).

Após analisar o processo evolutivo das instituições de pesquisa agropecuária no Brasil durante o período imperial até a proclamação da república, Rodrigues (1986) afirma que a criação desses institutos ocorrera por pressões da aristocracia rural, tendo em vista as transformações sociopolíticas e econômicas ocorridas na época e quando se esboçaram as primeiras perspectivas de substituição do trabalho escravo. O autor afirma que “somente depois de esboçar as primeiras perspectivas de substituição do trabalho escravo por formas superiores de exploração começaram a surgir demandas por conhecimentos de ciências agrárias” (Rodrigues, 1986: 24).

Com a criação dos institutos imperiais foram realizados trabalhos de introdução e seleção de espécies animais e vegetais, fertilidade do solo, combate a pragas e doenças, multiplicação assexuada de plantas, produção e distribuição de sementes e mudas. Dentre os objetivos dos Imperiais Institutos de Agricultura destacam-se: (1) facilitar a substituição dos braços necessários à lavoura por meio de máquinas e instrumentos apropriados, promovendo a introdução e adoção daquelas cuja utilidade for praticamente demonstrada; (2) fundar estabelecimentos normais, onde se experimentem máquinas e instrumentos aplicáveis à nossa lavoura; (3) promover a aquisição das melhores sementes e renovos de plantas, e, experimentada a sua superioridade, facilitar a distribuição pelos lavradores; (4) cuidar do melhoramento das raças de animais úteis, promovendo generalização das melhores espécies; (5) promover a exposição anual dos produtos de agricultura, animando-a por meio de prêmios e facilitando o transporte e venda dos ditos produtos; (7) formar e rever anualmente a estatística rural, acompanhando-a de uma exposição acerca do estado da

24 “O Instituto Baiano de Agricultura, que por ocasião da implantação da república perdera o ‘imperial’ de sua denominação, sobreviveu até 1904 quando sofreu uma reformulação estrutural, passando com todos os seus bens para o domínio do Estado, que o dissolveu criando o Instituto Agrícola” ((Rodrigues, 1986: p. 33). Deu origem à Escola Agrícola da Bahia, hoje Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (UFBA)

agricultura, seu processo ou decadência, causas permanentes ou transitórias que para isso tenham influído, e, finalmente, sobre tudo quanto possa interessá-la; (8) criar e manter um periódico no qual, além dos trabalhos próprios do Instituto e dos estabelecimentos normais, se publiquem artigos, memórias, traduções e notícias de reconhecida utilidade para a nossa agricultura; (9) criar, nos estabelecimentos normais, quando as circunstâncias permitirem, escolas de agricultura, onde se aprendem os princípios gerais e as noções especiais indispensáveis para que o trabalho se torne mais suave, útil e vantajoso (Silva 1878 apud Rodrigues, 1986).

Entre as contribuições do Instituto Fluminense de Agricultura, tem-se conhecimento de trabalhos de introdução e seleção de variedades de plantas cultivadas, a exemplo da cana-de-açúcar e batata-inglesa, ensaios com forrageiras nativas e exóticas e os serviços prestados aos agricultores, sobressaindo a distribuição de sementes e mudas de café, cacau, cana-de-açúcar, trigo, sogro, arroz, lúpulo, algodão, plantas frutíferas e ornamentais (Rodrigues, 1986). Ademais, foi incorporado a esse instituto o Jardim Botânico do Rio de Janeiro em 03 de setembro de 1861, em vista da afinidade que existia entre as funções das duas instituições. (Revista Agrícola do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, 1870 apud Rodrigues, 1986).

O Imperial Instituto Baiano de Agricultura introduziu e estudou variedades de cana, fumo, mandioca, trigo, cacau e algodão, exerceu a prática de criação de bovinos e suínos, trabalhou com a tecnologia de fabricação de açúcar, aguardente e farinha de mandioca, adaptou máquinas²⁵ e equipamentos agrícolas às condições locais e distribuiu sementes melhoradas aos agricultores.

“As contribuições de caráter científico e estudos sistematizados tiveram a sua expressão mais forte e duradoura a partir da Estação Agronômica de Campinas” (Rodrigues, 1986: 35). “Entre 1890 e 1920, o estado de São Paulo assistiu a uma rápida ocupação do seu território pelas lavouras de café e se transformou no principal centro econômico do país”. (Revista COMCIÊNCIA, 2003).

25 “Aconteceu com a máquina de fabricação de farinha de mandioca, conhecida como “casa de farinha”, que foi estudada e adaptada, procedendo-se diversas modificações até torná-la mais funcional e econômica” (Rodrigues, 1986: 31)

Durante esse período de expansão, entre o final do século XIX e até hoje, outras importantes instituições emergiram no Brasil e continuam exercendo contribuição ativa na pesquisa agropecuária nacional. A inauguração da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP em 1901, por exemplo, abriu caminho para formação de excelentes agrônomos no país. Desde sua criação, a escola já formou mais de 11 mil alunos nos cursos de graduação e contribuiu com a publicação de 2.724 teses e 6.200 dissertações até o mês de fevereiro de 2008. Atualmente a instituição oferece dezesseis programas de pós-graduação, entre eles Genética e Melhoramento de Plantas, um dos melhores do país.

Também a Faculdade de Agronomia no Rio Grande do Sul, criada no ano de 1989, já graduou mais de 3.500 engenheiros agrônomos desde sua criação no ano de 1989 e é responsável por mudanças significativas na agricultura e na pecuária nacional, redimensionando os padrões de produtividade no estado do Rio Grande do Sul estendida aos demais estados brasileiros.

Criada pelo Decreto 6.053, de 30 de março de 1922, do então Presidente do Estado de Minas Gerais, Arthur da Silva Bernardes, a Universidade Federal de Viçosa (UFV), antes denominada Escola Superior de Agricultura e Veterinária - ESAV, iniciou as atividades didáticas no ano de 1927, com a instalação dos Cursos Fundamental e Médio e, no ano seguinte, do Curso Superior de Agricultura. Atualmente, a área de Ciências Agrárias é conhecida e respeitada no Brasil e no Exterior por seu trabalho de formação de excelência de pesquisadores e docentes. O Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da instituição completou 30 anos e, em 2006, e foram defendidas 342 dissertações de mestrado e 177 teses de doutorado até esse momento.

Tendo começado no século XIX e tendo dado continuidade ao longo do século XX, a pesquisa em melhoramento genético no Brasil tem história e uma importância inestimável para o que é hoje a agricultura brasileira. São quase 200 anos de capacitação em melhoramento genético vegetal no país, desde 1808 com a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, até os dias atuais.

O segundo padrão agrário mencionado por Muller (1989) – entre 1930 e 1960 – tem como base a chamada Revolução Verde, um pacote tecnológico, desenvolvido nos Estados Unidos, cujo objetivo foi a maximização dos rendimentos e o aumento da

produtividade, com o uso intensivo de máquinas, equipamentos e produtos químicos em torno de variedades ditas de alto rendimento, obtidas com trabalho intensivo de melhoramento genético.

Nesse período, a modernização da agricultura brasileira é viabilizada por importações de máquinas e equipamentos agrícolas, em substituição às ferramentas fabricadas basicamente de modo artesanal nas próprias unidades produtivas. Com a implantação das indústrias de siderurgia, petróleo, química fina, entre outras, entre as décadas de 50 e 60, os setores que produzem insumos modernos, máquinas e equipamentos para agricultura foram internalizados no país, tornando a capacidade de modernização da agricultura um fator de desenvolvimento industrial interno.

O setor de sementes começou a ter um significado ainda maior. Em meados da década de 1960 foi criado o Programa Nacional de Sementes – PLANASEM²⁶, possibilitando o treinamento de técnicos e pesquisadores em diversas áreas ligadas à produção de semente, em razão da carência de técnicos especializados, e preocupava-se em concentrar a pesquisa que tinha uma estrutura dispersa, desarticulada, com ausência de infra-estrutura que pudesse dar apoio ao setor público e privado (Silveira, 1985).

A segunda metade da década de 60 favoreceu o estreitamento das relações entre indústria e agricultura. A produção agrícola passa a depender de insumos que recebe de determinadas indústrias, passando a produzir bens intermediários ou matérias-primas para as indústrias de transformação, viabilizando as bases para formação dos complexos agroindustriais (Kageyama *et al.*, 1996). Ademais, era necessário modernizar o setor agrícola e elevar o padrão de vida das populações rurais, de forma que elas pudessem também se constituir em um mercado consumidor para as indústrias emergentes e desempenhar eficazmente o papel de alimentar a crescente população urbana no Brasil.

Iniciado nos anos 50 e expandindo-se nas décadas de 60 e 70, o Sistema Nacional de Crédito Rural se converteu no grande motor das transformações ocorridas na agricultura brasileira até o início dos anos 80, viabilizando a adoção desse novo

26 Através da Lei nº 4.247 de 1965

padrão tecnológico ao contar com volumosas quantidades de crédito agrícola subsidiado aos agricultores (Corrêa, 1999) com incentivos estatais e políticas de financiamento para compras de insumos e máquinas.

Tais medidas possibilitaram que o país alcançasse níveis de produtividade agrícola de alto nível e com forte competitividade internacional. Para se ter uma idéia dos impactos da introdução de inovações tecnológicas provenientes do avanço da mecanização, da melhor utilização dos insumos agrícolas (agrotóxicos, fertilizantes e pesticidas) e da influência das pesquisas em melhoramento genético de plantas, com destaque aos resultados obtidos pelo IAC no melhoramento genético do café²⁷ e cana-de-açúcar²⁸.

Na produção de grãos, em 1979 o Brasil produzia cerca de 39 milhões de toneladas, e em 2000, a produção chegou a 84 milhões de toneladas, e o aumento que ocorreu na produção se deu quase que exclusivamente apoiado no crescimento da produtividade, uma vez que a área pouco foi alterada (Gasques *et al*, 2004).

Mesmo quando os agricultores adquiriam quantidades menores de tratores e máquinas agrícolas e consumiam menos fertilizantes e defensivos agrícolas, nos anos de 1987 e 1989, em função da limitação do volume de recursos de crédito e elevação das taxas de juros, como também a forte redução²⁹ dos subsídios aos investimentos na

27 O Brasil tem ocupado historicamente a primeira posição entre os países produtores e exportadores de café no mundo. Uma hibridação realizada em 1949, no Instituto Agrônomo (IAC), de Campinas, entre 'Caturra Amarelo' e 'Mundo Novo', deu origem às cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, cujas progênies foram distribuídas a partir de 1964, tornaram-se as cultivares mais plantadas no país atualmente, com aproximadamente 95% da área plantada (Carvalho e Monaco, 1972; Pereira e Sakiyama, 1999; Fazuoli et al, 2000 apud Bonomo et al, 2004; Castro et al, 2005). "Este extraordinário trabalho de melhoramento resultou na obtenção de ganhos consideráveis em produtividade, dos mais expressivos entre todos os programas de melhoramento vegetal de que se tem conhecimento, com ganhos estimados em cerca de 295% em produtividade, quando as cultivares mais recentes são comparadas às aquelas mais antigas" (Mendes, 2003 apud Castro et al, 2005: p. 36)

28 Em 1892, o IAC dava seus primeiros passos na difícil tarefa de melhorar a cana-de-açúcar cujas pesquisas se intensificaram realmente em 1934 com os trabalhos de Aguirre Jr. cujas variedades, na época, não conseguiram ultrapassar a fama da CO 290 que ocupava 80% da área plantada no estado de São Paulo. Hoje, entretanto, essa instituição tem visto suas canas ultrapassarem as fronteiras do Estado de São Paulo. (Cesnik, 2007)

29 O processo inflacionário acelerou e passou a pressionar os juros do crédito rural, até então mantidos abaixo da inflação. "O Governo decide, então, retirar os subsídios, determinando que os juros para custeio, investimento e comercialização fossem fixados ao nível de 3% a.a. acrescidos da correção integral pela variação ORTN (TERRA, 2002: p. 12) e, entre 1979 e 1984, o volume de crédito foi reduzido em mais de 50%" (Kageyama, 1996: p. 166).

agricultura, a produção de grãos no Brasil continuou a crescer. As vendas de maquinários voltaram a crescer entre os anos de 1996 e 2002 – um acréscimo de 191% -, impulsionadas pela estabilização da moeda e pelo Programa Moderfrota³⁰ (Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras), instituído pelo governo em 2000, para renovação da frota de colheitadeiras e tratores com juros pré-fixados e parcelas fixas.

Conforme Gasques *et al.* (2004), a produção de grãos da década de 1990 até os dias atuais cresceu 131% (um aumento de 85,5% no índice de produtividade nessas últimas 13 safras, sendo de 9,49% em 2003). Nesse período, a área plantada ampliou-se apenas 16,1%, passando de 36,8 milhões para 43,9 milhões de hectares. O rendimento das principais culturas agrícolas saltou de 1,5 tonelada para 2,8 toneladas por hectare.

Contudo, a análise realizada por Gasques, Conceição e Bastos (2004) apud Gasques *et al.* (2004: 37) sobre a produtividade agrícola em relação aos gastos em pesquisa e do crédito rural durante o período entre 1975 e 2002 concluiu que os “gastos com pesquisa são mais importantes que o crédito rural na explicação da produtividade total dos fatores na agropecuária”. Ou seja, as inovações tecnológicas na agricultura brasileira, caracterizadas pelo uso combinado e intensivo de insumos modernos como máquinas e tratores, fertilizantes químicos e corretivos, controle químico de pragas e o uso de sementes de melhor qualidade, impactam mais positivamente a produtividade do trabalho e da terra.

Castro *et al.* (2005) consideram o desenvolvimento de cultivares uma das atividades mais relevantes da pesquisa agropecuária brasileira, tendo produzido resultados que contribuíram significativamente para os principais ganhos qualitativos e quantitativos alcançados pela agricultura brasileira, com impactos econômicos e sociais para toda sociedade.

Entre 1976 e 1999, foram disponibilizadas pelas instituições públicas de pesquisa e setor privado 330 variedades de soja, 13,8 variedades/ano, e 35 variedades de arroz,

30 “A instituição do Moderfrota (Resolução 2.699), cuja taxa de juros atual foi inicialmente estabelecida entre 8,75% e 10,75% (hoje entre 7,5% e 9,5%), foi um fator determinante para o aumento da demanda por máquinas agrícolas” (Gasques *et al.*, 2003: p. 41).

média de 1,5 variedades/ano; entre 1984 e 1999, 75 novas variedades foram certificadas (Gasques *et al*, 2004). Desde 1990, a pesquisa agropecuária foi responsável pelo desenvolvimento de 529 novas cultivares (incluindo as culturas de cana, soja, trigo, laranja, arroz e café de maior interesse comercial) adaptadas especificamente a cada clima e solo nas principais regiões produtoras do Brasil (Rodrigues & Crestana, 2005).

Miyamoto (2004) considera inquestionável o benefício proporcionado pelo melhoramento genético vegetal. A soja, originalmente uma cultura de clima temperado, foi adaptada às condições brasileiras e hoje o Brasil é o segundo produtor mundial. “O desenvolvimento pioneiro das variedades de soja para o ecossistema do cerrado foi a ruptura tecnológica-chave” (Gasques *et al*, 2004: 45), possibilitando a ampliação da fronteira agrícola para áreas antes consideradas inadequadas. Tal ruptura tornou a região do Centro Oeste brasileiro responsável por 40% da produção brasileira de grãos, uma das maiores fronteiras agrícolas do mundo.

As novas áreas de expansão agrícola no Brasil, como Balsas no Maranhão, Pólo Açú-Mossoró no Rio Grande do Norte, Petrolina em Pernambuco e Rondonópolis em Mato Grosso e Rio Verde em Goiás fazem parte de uma revolução invisível realizada especialmente pela pesquisa (Bonelli, 2002 apud Gasques *et al*, 2004). Para Dean (1989: 17), “a introdução e a adaptação de cada nova espécie ou variedade representa uma mudança, não somente no balanço comercial do país, mas também no balanço dos elementos que compõem os ecossistemas e a própria sociedade”.

Portadoras de tecnologias inovadoras e eficientes, a semente apresenta características de alta qualidade genética, física, fisiológica e sanitária. Carraro (2004) avalia esse insumo como o que influencia mais positivamente a produtividade agrícola, “porque mesmo dispondo de uma boa estrutura de outros itens tecnológicos de produção, como máquinas, se o agricultor não tiver sementes de qualidade, a produção cai (...) a produção chega a ser 30% menor nas regiões do Brasil que não utilizam sementes certificadas (...) pelo uso de sementes de baixa qualidade (Carraro, 2004: 02)”.

Salles-Filho e Bonacelli (2003) afirmam que “todo o chamado pacote tecnológico da agricultura produtivista, desenvolvido e ofertado em todo o mundo desde os anos

1960, tem como ponto de convergência e referência a tecnologia biológica: “(...) máquinas de plantar e colher, fertilizantes e suas combinações, técnicas de cultivo, pesticidas (químicos ou biológicos) etc. convergem para as características biológicas das cultivares. Técnicas de manejo, alimentação e nutrição, defesa sanitária, reprodução animal etc. convergem para características biológicas das raças” (Salles-Filho e Bonacelli, 2003: 1).

Fehr (1987) apud Castro *et al.* (2005: 29) estima que “cerca de 50% dos incrementos obtidos na produtividade das diferentes culturas devem-se ao melhoramento genético, enquanto os outros 50% são atribuídos à melhoria das práticas de manejo como fertilização, definição do número adequado de plantas por unidade de área, controle de insetos, doenças e plantas daninhas, além de outras práticas culturais”.

Os resultados obtidos a partir da pesquisa e desenvolvimento destinados ao setor podem ser expressos pelas taxas de crescimento do PIB agropecuário brasileiro, publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): no período de 1990 a 2002, o PIB agropecuário do país cresceu a 3,18% a.a., enquanto o PIB total cresceu 2,71%, e de 1999 a 2002, o PIB agropecuário cresceu quase o dobro do PIB total do país, 4,29% e 2,32%, respectivamente (Gasques e Bastos, 2003 apud Castro *et al.* 2005).

2.2 O perfil atual de competências e de uso do melhoramento genético no Brasil

Esta parte do trabalho da dissertação apresenta a consolidação dos levantamentos realizados que subsidiam a análise sobre o perfil atual da base de competência instalada no país (recursos humanos) e quais técnicas da fronteira do conhecimento científico e tecnológico estão em uso pela indústria de sementes. São apresentadas as principais instituições de pesquisa públicas e privadas envolvidas em melhoramento de plantas, os recursos financeiros investidos, as variedades registradas e protegidas no país, as escolas de formação de recursos humanos e as publicações científicas feitas por brasileiros no exterior em tema de fronteira do conhecimento científico e tecnológico aplicadas ao melhoramento de vegetal.

2.2.1. Pesquisadores e Grupos de Pesquisas

Para o mapeamento das competências nacionais em melhoramento genético foi utilizada a base de currículos e de instituições de pesquisa das áreas de ciência e tecnologia do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), a Plataforma *Lattes*. O Currículo *Lattes* registra informação importante sobre a inserção profissional de pesquisadores e sua integração aos grupos de pesquisa em instituições de pesquisa e ensino. Atualmente, esta base de dados conta com cerca de 1.100.000 currículos, sendo que 31% destes currículos são de doutores, mestres e estudantes de pós-graduação e 59% de graduados e estudantes de graduação.

Uma limitação dos dados da Plataforma *Lattes* refere-se à consistência das informações. As informações das bases de Currículos e de Grupos são preenchidas pelos próprios pesquisadores e não passam por uma verificação de terceiros. Por isso, os resultados da busca por especialistas envolvidos no melhoramento genético de plantas podem conter imprecisões, particularmente porque alguns pesquisadores podem estar registrados em mais de uma área do conhecimento (agronomia, biologia, etc), ou atuando em múltiplas instituições e grupos de pesquisa. Vale ressaltar ainda que alguns dos pesquisadores relacionados ao tema no país, podem não estar devidamente registrados nesta base de dados ou até mesmo não utilizam as palavras-chave utilizadas na busca em questão e, por esse motivo, o número de pesquisadores pode estar subestimado, mas de qualquer forma, entende-se que a base *Lattes* apresenta um número aproximado da realidade.

Utilizando somente as palavras-chave: "Melhoramento genético" e "Planta" na base de currículos, foram encontrados 1.853 (um mil, oitocentos e cinqüenta e três) especialistas relacionados ao tema, distribuídos em 37 áreas de conhecimento até o mês de maio de 2008. Como se alertou acima, alguns pesquisadores podem estar registrados em mais de uma especialização, como, por exemplo, agronomia e genética, ou locados em dois ou mais estados da federação, podendo ocasionar sobreposição dos indicadores de recursos humanos para P&D em melhoramento genético vegetal no país.

As áreas de agronomia, recursos florestais e engenharia florestal e engenharia agrícola totalizam 1.406 (um mil, quatrocentos e seis) especialistas (Gráfico 2.1).

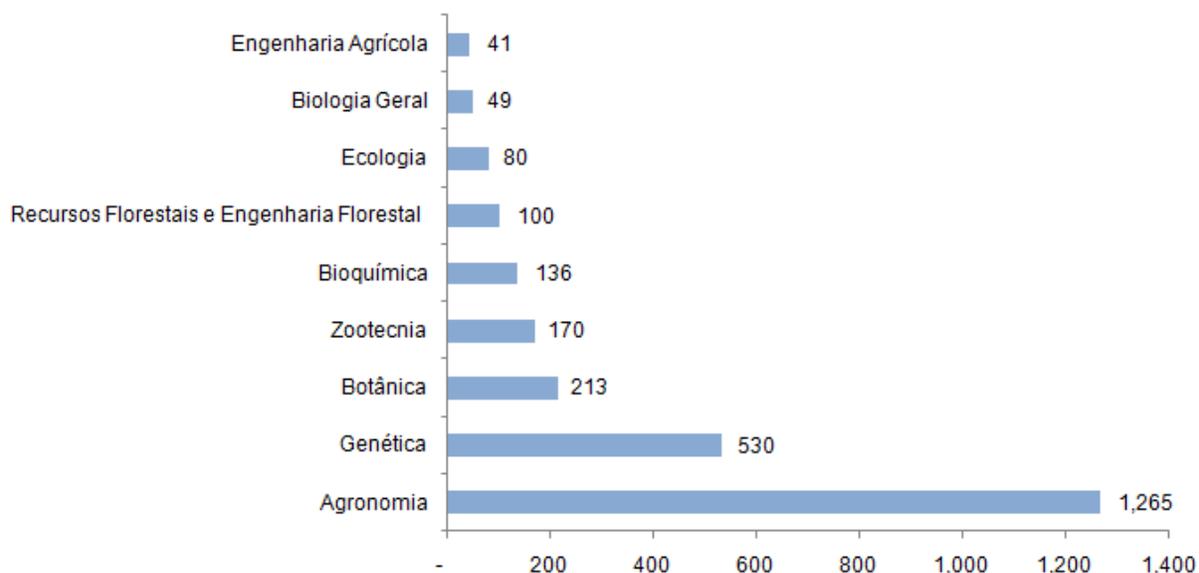


Gráfico 2.1 – Frequência de especialistas em melhoramento genético de plantas por área do conhecimento

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

A busca por competências feita a partir da Plataforma *Lattes*, com as palavras “melhoramento genético” e “plantas”, indica um percentual maior de especialistas com doutorado (Gráfico 2.2).

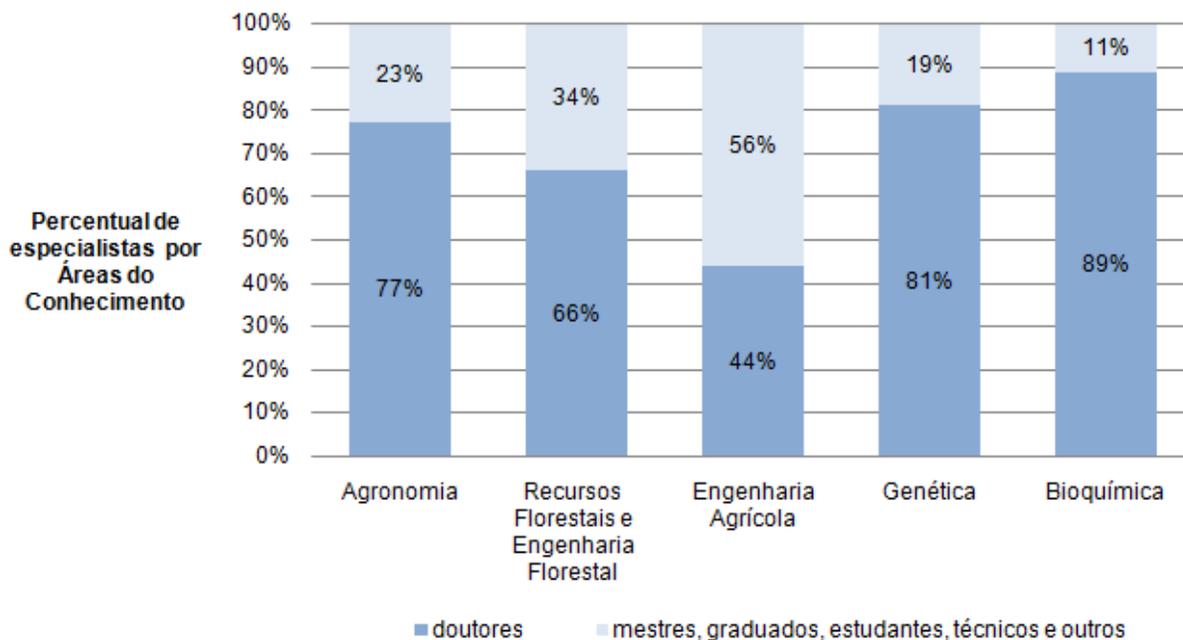


Gráfico 2.2 – Nível de titulação dos especialistas das áreas de agronomia, recursos florestais e engenharia florestal, engenharia agrícola, genética e bioquímica.

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

Feito esse levantamento inicial, daqui por diante a análise sobre as competências em biotecnologia vegetal estará dirigida às áreas de agronomia, genética e bioquímica, tendo em vista a importância e conectividade que elas têm com a pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de plantas.

Foram encontrados 796 doutores formados em agronomia e que apresentam em seus currículos as palavras-chaves utilizadas nesta busca. Praticamente setenta e quatro por cento (74%) obtiveram a titulação de doutor em instituições de ensino e pesquisa localizadas no Brasil. Entre os mestres, graduados, estudantes, técnicos e outros (289), oitenta por cento (80%) foram capacitados em instituições nacionais (Gráfico 2.3).

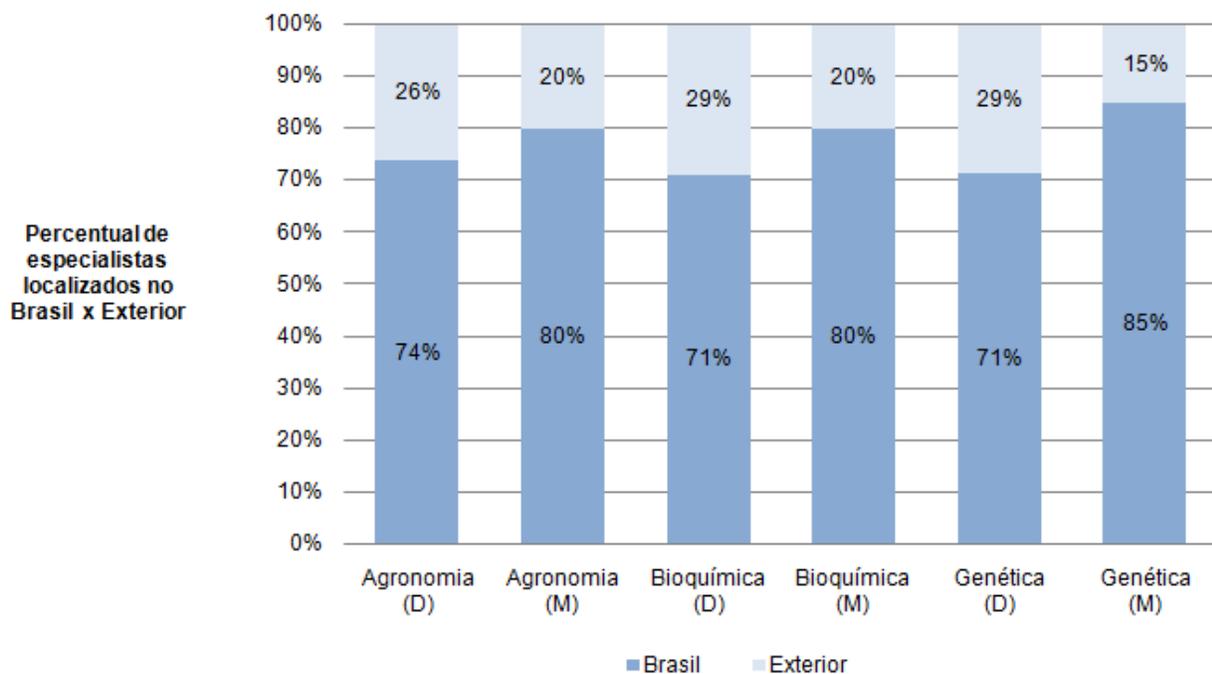


Gráfico 2.3 – Localização de formação dos especialistas das áreas de agronomia, genética e bioquímica

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

Legenda: (D); Doutores; (M) Mestres

Para as áreas de genética (431) e bioquímica (121), a formação de doutores também ocorreu predominantemente em instituições nacionais, com setenta e um por cento (71%) cada. Aos mestres, graduandos e estudantes que atuam em genética (99) e bioquímica (15), também houve uma participação maior das instituições localizadas no país nessa capacitação (Gráfico 2.3). Para todos os níveis de titulação (mestrado e

doutorado), a participação das instituições brasileiras de ensino superior na formação de especialistas das áreas de agronomia, genética e bioquímica corresponde a setenta e sete por cento (77%) contra 23% formados no exterior³¹.

De acordo com esse levantamento, a maioria dos doutores atua (ou atuou) em atividades de P&D. Em contradição com a participação de mestres nestas atividades (Gráfico 2.4).

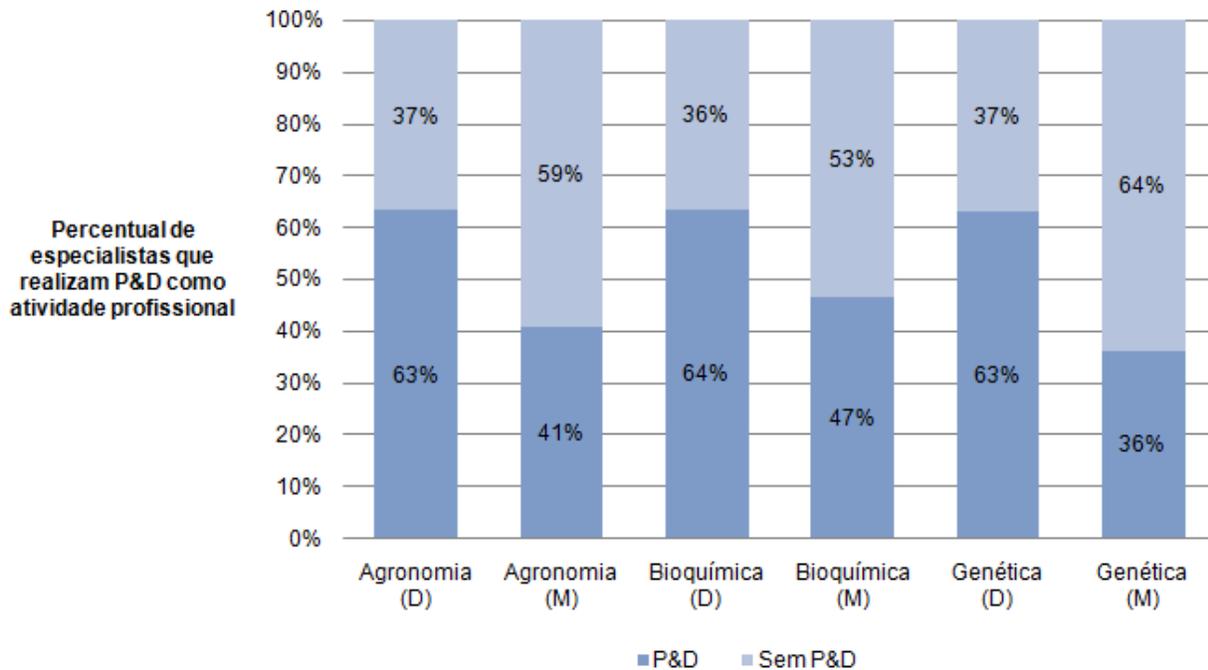


Gráfico 2.4 – Especialistas que realizam P&D como atividade profissional

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

Legenda: (D); Doutores; (M) Mestres

A análise detalhada do Gráfico 2.4. indica que em média cinquenta e oito por cento (58%) dos especialistas da área de agronomia atuam (ou atuaram) em atividades de P&D, dos quais oitenta e quatro por cento (84%) destes são doutores. O percentual de pesquisadores em genética que realizam (ou realizaram) atividades de P&D é idêntico ao dos profissionais de agronomia (58%), mas com a participação maior de doutores nesse segmento de atividade (88%). Em relação aos profissionais formados em bioquímica, 62% (sessenta e dois por cento) estão (ou estiveram) em atividade

31 De acordo com a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) existem atualmente no país 157 cursos de pós-graduação com conceitos superiores a 5 em ciências agrárias.

profissional relacionada a P&D em suas instituições e noventa e dois por cento (92%) destes são doutores.

De forma geral, aproximadamente 79% (setenta e nove por cento) dos pesquisadores das áreas de agronomia, genética e bioquímica estão trabalhando em instituições localizadas no país. Já era de se esperar a maior concentração média desses especialistas na região sudeste com trinta e três por cento (33%) nessas três áreas do conhecimento. Quinhentos e trinta e dois (532) agrônomos, 219 (duzentos e dezenove) geneticistas e 67 (sessenta e sete) bioquímicos, relacionados com o melhoramento genético de plantas, foram encontrados nessa região (Gráfico 2.5).

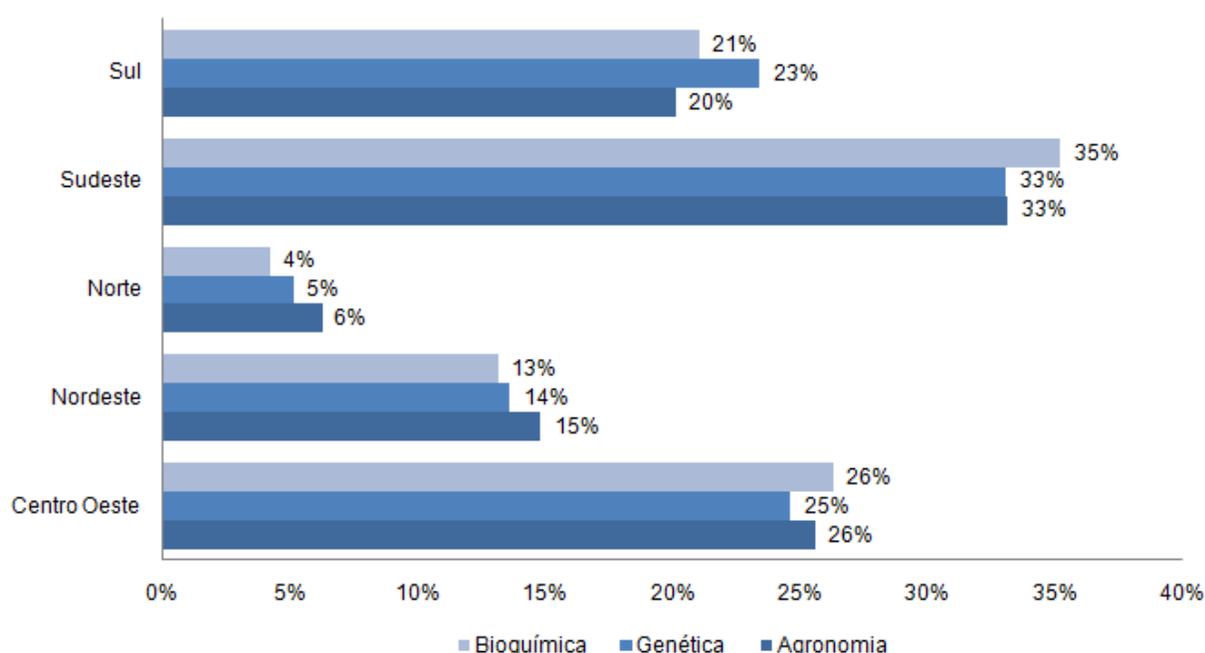


Gráfico 2.5 – Localização dos profissionais que atuam em P&D

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

O centro-oeste aparece como a segunda região em termos de atividade profissional, com média de vinte e cinco por cento (25%) nas três áreas do conhecimento, seguida pela região sul (21%), nordeste (14%) e norte, com média de apenas seis por cento (6%) de pesquisadores atuantes na região.

Em relação aos pesquisadores que fazem parte de grupos de pesquisa no país, formalizados junto à Plataforma Lattes, oitenta e quatro por cento (84%) dos profissionais de bioquímica afirmam que fazem parte desses grupos localizados em

instituições de ensino e pesquisa, seguidos pelos geneticistas, com setenta e seis por cento (76%), e agrônomos com setenta e um por cento (71%) de participação (Gráfico 2.6).

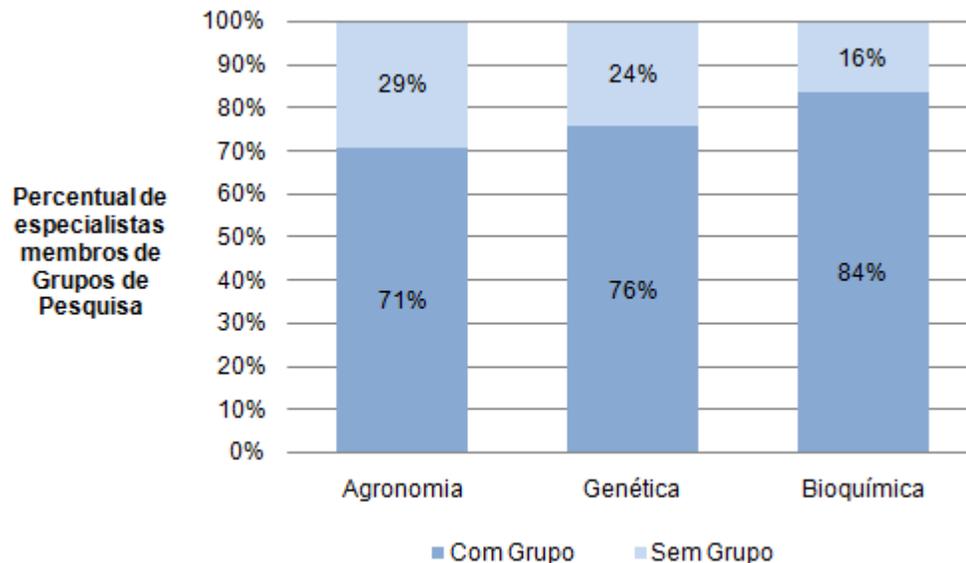


Gráfico 2.6 – Especialistas membros de Grupos de Pesquisa

Fonte: CNPq (<http://www.cnpq.br>).

2.2.2. Instituições que fazem melhoramento

Os institutos de pesquisa agrícola no Brasil marcaram a história agrícola e econômica do país. É inegável sua importância no processo de modernização, cumprindo o papel de geradores e difusores de inovações para o setor e responsáveis pela manutenção e a expansão das culturas. A tecnologia desenvolvida nesses institutos permite que não apenas se faça agricultura de qualidade, ou seja, com o uso de insumos tecnicamente avançados, mas, principalmente, que se faça agricultura em áreas geográficas diferentes, como resultado da obtenção de plantas bem adaptadas às diferentes condições edafo-climáticas da agricultura tropical.

Relatório elaborado pelo *International Food Policy Research Institute* (IFPRI) em colaboração com a Universidade da Califórnia em 2001 mostra que as instituições (públicas e privadas) de pesquisa tiveram um papel decisivo nos resultados que vêm sendo obtidos na agropecuária brasileira (Gasques *et al.*, 2004). A manutenção e ampliação dos institutos tem sido, na visão dos autores, uma garantia da presença do Brasil no cenário globalizado e cada vez mais competitivo.

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) é um exemplo de instituição que transformou a agricultura brasileira. Com 120 anos de existência, a instituição já desenvolveu mais de 700 cultivares de várias espécies, como café, arroz, algodão, cana-de-açúcar, citros, eucaliptos e soja, foi responsável pelos primeiros programas sistemáticos de melhoramento do milho, juntamente com Universidade Federal de Viçosa, do café, com os trabalhos de hibridação realizados em 1933, e do eucalipto, em 1941, com o trabalho de seleção para a produtividade, proporcionando ao Brasil posição de destaque na produtividade dos plantios florestais (Castro *et al.*, 2005).

A missão do IAC é “gerar e transferir ciência e tecnologia para o negócio agrícola, visando à otimização dos sistemas de produção vegetal e ao desenvolvimento sócio-econômico com qualidade ambiental” (home page do IAC, acessado em 26 de setembro de 2007). Vinculado à Agência Paulista de Tecnologia de Agronegócios (APTA), suas pesquisas visam desenvolver cultivares adaptadas a várias regiões brasileiras, produzir tecnologias de produção e colheita, gerar e disponibilizar informações agrometeorológicas, fazer análises de solo e realizar estudos de pragas e doenças. A APTA conta com mais cinco centros de excelência em pesquisa do Estado de São Paulo – Instituto Biológico, Instituto de Economia Agrícola, Instituto de Pesca, Instituto de Zootecnia e Instituto de Tecnologia de Alimentos – e objetiva organizar as instituições do estado para um trabalho conjunto e articulado, atendendo a um conceito de cadeias de produção.

Uma outra iniciativa de sucesso do IAC, lançada nos últimos anos, é o seu programa de pós-graduação em agricultura tropical e sub-tropical³², com oferecimento de mestrado em melhoramento genético vegetal, tecnologia da produção agrícola e gestão de recursos agroambientais. Desde 1999 o programa gerou 154 dissertações.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), maior empresa de tecnologia agropecuária tropical do mundo, foi criada em 26 de abril de 1973 com o objetivo de “viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural, com foco no agronegócio, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício dos diversos segmentos da sociedade

32 Fonte: <http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/Entrada.htm>

brasileira” (home page da EMBRAPA, acessado em 26 de setembro de 2007). Também é responsável pela coordenação do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), instituído em 1992 pela Portaria nº. 193 (7/8/1992) do Ministério da Agricultura, autorizado pela Lei Agrícola (Lei nº 8.171, de 17/1/1991).

A Embrapa atua por intermédio de 38 Unidades de Pesquisa, três de Serviços e 13 Unidades Administrativas, estando presente em quase todos os Estados da Federação, nos mais diferentes biomas brasileiros. A empresa possui várias unidades de pesquisa capacitadas a realizar P&D na fronteira científica, como a Embrapa Cerrados, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Soja, Embrapa Trigo, Embrapa Café e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Silveira, 2001 apud Castro et al, 2005).

A Embrapa Soja, por exemplo, iniciou, em 1994, um programa de pesquisa visando a incorporação de técnicas de biotecnologia nas áreas de melhoramento genético da soja, fixação biológica do nitrogênio, fitopatologia, entomologia, ecofisiologia, e, desde 1997, atua em pesquisas com soja transgênica quando, em parceria com a empresa Monsanto, passou a incorporar às suas cultivares o gene de tolerância ao herbicida glifosato³³. Atualmente essa unidade mantém contratos de pesquisas similares com a Basf e outras empresas³⁴. Cerca de quarenta e seis por cento da área brasileira semeada com soja utiliza cultivares desenvolvidos com a participação da Embrapa.

A Embrapa mantém 68 acordos bilaterais de cooperação técnica com 37 países e 64 instituições e 20 acordos multilaterais com organizações internacionais, permitindo o acesso dos pesquisadores à mais alta tecnologia em áreas como recursos naturais, biotecnologia, informática e agricultura de precisão. Em 26 de setembro de 2007 a instituição firmou uma parceria³⁵ com o Centro Francês de Cooperação Internacional

33 No mês de maio de 2008, a Embrapa e a Fundação de Apoio ao Corredor de Exportação Norte (Fapcen) lançaram duas cultivares transgênicas (BRS 278RR e BRS 279RR) para as regiões Norte e Nordeste do País (sul do Maranhão, sudoeste do Piauí e norte do Tocantins). As duas cultivares transgênicas têm como diferencial a resistência ao herbicida glifosato, portanto, são especialmente recomendadas para áreas que enfrentam dificuldades com o controle de plantas daninhas.

34 Fonte: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=104&cod_pai=152

35 O acordo estabelece a implantação do Consórcio Internacional de Biologia Avançada (Ciba), que movimentará mais de US\$ 3 milhões e gerenciará estudos da estatal brasileira no Pólo de Pesquisa em Agronomia Tropical e Mediterrânea (Agrópolis), com sede em Montpellier (França)

em Pesquisa Agropecuária para o Desenvolvimento (CIRAD) na área de biologia avançada. Possui atualmente 8.320 empregados, dos quais 2.207 são pesquisadores - 27% com mestrado e 71,60% com doutorado. O orçamento da Empresa em 2007 ficou acima de R\$ 1 bilhão (algo em torno a US\$ 600 milhões).

O Projeto Genoma Café, coordenado pela Embrapa Café desde fevereiro de 2002, em colaboração com a FAPESP e a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, resultou na construção de um banco de dados com mais de 200 mil seqüências de DNA e a identificação de mais de 30 mil genes, responsáveis pelos diversos mecanismos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento do cafeeiro. O Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café contou com a participação de outras importantes instituições brasileiras: UNICAMP, USP, UNESP, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (Incaper).

Assim como a Embrapa, as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuárias (OEPAS) possuem um importante papel na trajetória de pesquisa em melhoramento genético de plantas. O quadro de pessoal das OEPAS conta com 934 pesquisadores em diversas áreas do conhecimento. Desse universo, somente 57% (593) estão exercendo efetivamente a atividade de pesquisa. Os demais estão afastados do exercício de funções de pesquisa por estarem fazendo curso, ou à disposição de outras organizações ocupando cargos de direção ou assessoria superior (CGEE, 2006).

As OEPAS são instituições das mais heterogêneas heterogeneidade em relação ao formato e à situação institucional e possuem portes bastante variados segundo o montante orçamentário e segundo o número de funcionários. Albuquerque e Salles-Filho (1998: 58-59) indicam três tipos de modelos organizacionais básicos das OEPAS construídos a partir das possibilidades de inserção dessas organizações no processo inovativo: (1) instituições cuja matriz de atividades abarca múltiplas tarefas, incluindo desenvolvimento original de variedades e raças, métodos de produção e serviços cujos resultados necessitem um conteúdo analítico mais profundo, e de uma maior retaguarda científica; (2) instituições cuja matriz de atividades abarca tarefas que incluem pesquisa em novos métodos produtivos, em adaptação tecnológica e em

serviços em geral e; (3) organizações que contêm capacitação nos problemas típicos dos processos produtivos regionais ou locais, viabilizando o acesso dos produtores a soluções conhecidas.

Nos quadros de pessoal das OEPAs, aproximadamente 80% do total de pesquisadores possuem pós-graduação stricto sensu, com 458 mestres (49%) e 269 doutores (29) – sete por cento (7%) estavam fazendo doutorado em 2006, em decorrência do incentivo aos programas de doutorado que recebem atribuição de alta prioridade em três quartos das organizações estaduais de pesquisa agropecuária. O número de pesquisadores em genética e melhoramento corresponde a 13,7% (81), em sementes 5,4% (32) e biotecnologia 4,4% (26). Ao mesmo tempo em que os pesquisadores das OEPAS apresentam um nível de capacitação elevada, observa-se que uma parcela significativa não se modernizou, demonstrado pelo percentual muito abaixo do esperado para especialistas na área de biotecnologia.

O Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), vinculado à Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), é o órgão de pesquisa que dá embasamento tecnológico as políticas públicas de desenvolvimento rural do Estado do Paraná. Com o orçamento de R\$ 45,8 milhões em 2007, sua missão é “promover o desenvolvimento da agropecuária paranaense por meio da geração de conhecimento científicos e tecnológicos adequados à realidade social e econômica dos produtores, que possibilitem, respeitando o meio ambiente, produzir alimentos saudáveis e produtos de qualidade para a agroindústria³⁶” Com mais de 110 pesquisadores, em sua maioria doutores e pós-doutores, o instituto desenvolve atualmente 15 programas de pesquisa, conduzindo 225 projetos, que totalizam 560 experimentos de campo espalhados por todo o Estado. Seus programas englobam: agroecologia, algodão, arroz, café, cereais de inverno, culturas diversas, feijão, forrageiras, fruticultura, manejo do solo e água, milho, produção animal, propagação vegetal, recursos florestais, sistemas de produção.

Em 33 anos de pesquisas, o IAPAR já criou aproximadamente 130 cultivares de plantas de 28 espécies que fazem da agricultura paranaense, responsável pela produção de 25% dos grãos produzidos no Brasil. Com destaque para uma variedade

36 Fonte: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=195>

de café resistente à ferrugem, o que implica menos uso de pesticidas, maior produtividade nas lavouras e melhor qualidade de vida para o produtor, as cultivares de feijão resistentes a mosaico dourado, de algodão, do trigo de boa qualidade industrial, entre outras plantas que possibilitam a diversificação da atividade agrícola (mandioca, rami, batata-doce, ervilha, etc). As sementes desenvolvidas pelo IAPAR são multiplicadas e comercializadas por produtores de sementes parceiros, através de contratos de licenciamento de cultivares.

A partir da lei de cultivares, cresceu também o investimento de empresas nacionais no setor de pesquisa, com a forte participação de produtores de sementes e de agricultores, geralmente organizados em cooperativas e em fundações de apoio à pesquisa.

A COODETEC (Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.), criada no dia 19/04/1995, possui programas de melhoramento genético nas variedades de trigo, soja, milho e algodão, com laboratórios de fitopatologia, entomologia, solos, fitotectnia, biotecnologia e sementes. Sua missão é desenvolver “cultivares competitivas das espécies julgadas de interesse por suas associadas, e as tecnologias e elas relacionadas (trigo/triticales, soja milho e algodão) e a transferência de tecnologias resultantes da pesquisa aos usuários, dentro de uma visão comercial e de mercado” (COODETEC, 1996).

A COODETEC conta atualmente com 40 Cooperativas Agropecuárias associadas, a grande maioria localiza-se no estado do Paraná (27), Santa Catarina (2), Rio Grande do Sul (8), Goiás (1), Mato Grosso do Sul (1) e São Paulo (1), e possui 16 pesquisadores em seu quadro de pessoal (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Quadro de pesquisadores da COODETEC

Área de Pesquisa		Pesquisadores			Total
		Graduado	Mestrado	Doutorado	
Melhoramento	Trigo			2	2
	Soja		2	1	3
	Milho	1		1	2
	Algodão		2	1*	3
Fitopatologia			2		2
Entomologia				1*	1

Fitotecnia e Solos		1		1
Biotecnologia			2	2
Sementes	1	1		2
Total	2	8	6	16

* **CIRAD**

Fonte: COODETEC

Possui parceria com diversos centros de pesquisa: CIMMYT no México e o CIRAD na França (para melhoramento de milho e trigo), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Fundação Centro de Pesquisa e Experimentação Fecotriga - FUNDACEP no Rio Grande do Sul, Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias - Fundação MS no Mato grosso e a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA no Paraná, além de empresas privadas (Monsanto, Aventis, Golondrina-PY, Syngenta).

Contando com seus associados para a transferência de tecnologia ao agricultor, a COODETEC conta com um total de 168 empresas licenciadas para a produção de sementes de soja e trigo CD. Com isso, a participação no mercado brasileiro de cultivares de soja e trigo desenvolvidos internamente chega a 25% 35%, respectivamente, o que proporciona uma sustentação financeira para pesquisa proveniente da venda de sementes e licenciamento de variedades para arrecadação de royalties. Foram protegidas e/ou registradas, até o ano de 2007, o total de 17 cultivares de trigo (CD 101 a 117), 27 de soja (CD 201 a 227), 11 de milho híbrido (diversas séries CD 300) e 10 de algodão (CD 401 a 410). Do total de variedades de soja, seis são RR (*Roundup Ready*), resultante do acordo comercial com a Monsanto do Brasil S.A. para licenciamento da tecnologia, por 14 anos.

Carraro (2004) considera a pesquisa como uma estratégia extremamente importante para as cooperativas, visto que proporciona independência genética das variedades e híbridos, equilibra os preços das sementes e é um atrativo para parcerias independentes, formação de convênios e contratos e a participação em redes de inovação.

2.2.3. Recursos investidos em pesquisa e desenvolvimento (P&D)

Gasques *et al.* (2006), analisando os gastos públicos em agricultura e organização agrária no país entre 1980 e 2005, apontam para uma redução dos dispêndios com P&D agrícola no Brasil. Informam que nos anos 80 o percentual investido era de 6,4% quando comparado aos dispêndios de outras funções do orçamento fiscal e da seguridade social. Entre 2000 e 2005, a proporção dos gastos em agricultura e organização agrária correspondeu a menos de 2% dos gastos totais da União. A principal fonte para a informação dos gastos públicos utilizada no estudo foi o Balanço Geral da União do Ministério da Fazenda (MF), divulgado por meio de sua Secretaria do Tesouro Nacional (STN). Segundo os autores, a União é responsável por 75% dos gastos em agricultura e organização agrária, os estados por 19% e os municípios por 6%.

A análise da FAO sobre os gastos públicos para o desenvolvimento agrícola e rural nos países da América Latina e Caribe indica que no Brasil esses recursos estão em níveis muito baixos em relação ao Produto Interno Bruto Agropecuário (PIBA) e que deveria ser ampliado para patamares próximos dos países desenvolvidos. Ademais, os estudos apresentam um decréscimo dos gastos em P&D no país em proporção ao PIBA (abaixo de 1%), enquanto em outros países essa proporção vem aumentando (Japão – 3,35%, Estados Unidos – 2,79% e França – 2,20%). (Gasques *et al.*, 2006)

No Brasil, entre 2003 e 2005 houve um acréscimo de 32 % (de R\$ 9,7 milhões para R\$ 12 milhões) nas despesas dirigidas para agricultura e organização agrária, nas ações dirigidas para a produção vegetal, produção animal, defesa sanitária, abastecimento, extensão rural e irrigação, e nos programas voltados para reforma agrária e colonização” (Gasques, *et al.*, 2006), mas não para pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Para mensurar os gastos em P&D no país, Gasques *et al.* (2006) apresentam os gastos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por ser a principal instituição de pesquisa agropecuária do país, responsável por cinquenta e dois por cento (52%) de P&D em agricultura no Brasil. Além da EMBRAPA, Beintema *et al.* (2001) estimam que os governos estaduais são responsáveis por (20%) vinte por cento dos gastos em P&D e as universidades participam com (21%) vinte e um por cento

desse investimento, além do setor privado com pesquisas de novas variedades no país, não envolvendo a Embrapa.

Os recursos aplicados pela Embrapa na pesquisa (não só em novas variedades de plantas, mas em todas as áreas de atuações da instituição) estão distribuídos em dispêndios de capital (como investimento em infra-estrutura de pesquisa), com o salário dos pesquisadores e pessoal administrativo e outros custeios, que compõem as despesas correntes. Em média, 64% (sessenta e quatro por cento) dos dispêndios são com pessoal, 26% (vinte e seis por cento) para despesas correntes e somente 10% para capital (Gráfico 2.7). Gasques *et al.* (2006) indicam uma queda real da ordem de 14% (quatorze por cento) dos recursos da Embrapa entre os anos de 2003 a 2005, 7,8 % com os gastos com pessoal e 23,3% com outras despesas correntes.

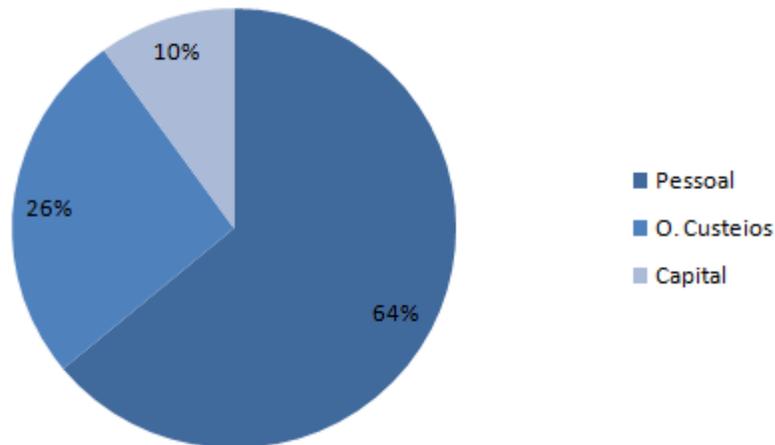


Gráfico 2.7 – Distribuição média dos recursos aplicados pela Embrapa – 1974 a 2005
Fonte: IPEA (<http://www.ipea.gov.br/Destaques/gastopublico.pdf>)

Desde a criação da Embrapa, em 1973, e até 2005, foi investido aproximadamente R\$ 30,5 bilhões (média de R\$ 951 milhões/ano) somente nesta instituição. Nos anos de 1982, 1991, 1996 e 1997, o orçamento da Embrapa foi superior a R\$ 1,2 bilhão (Gasques *et al.*, 2006). Historicamente, os recursos destinados para formação ou aquisição de capital (investimento), ou seja, aqueles gastos voltados para garantir o crescimento em longo prazo, foram sistematicamente menores que as despesas correntes (outros custeios) e o pagamento de pessoal, e desde 1996 os recursos destinados ao custeio de capital não alcançaram participação superior a 9% (nove por cento) (Gráfico 2.8).

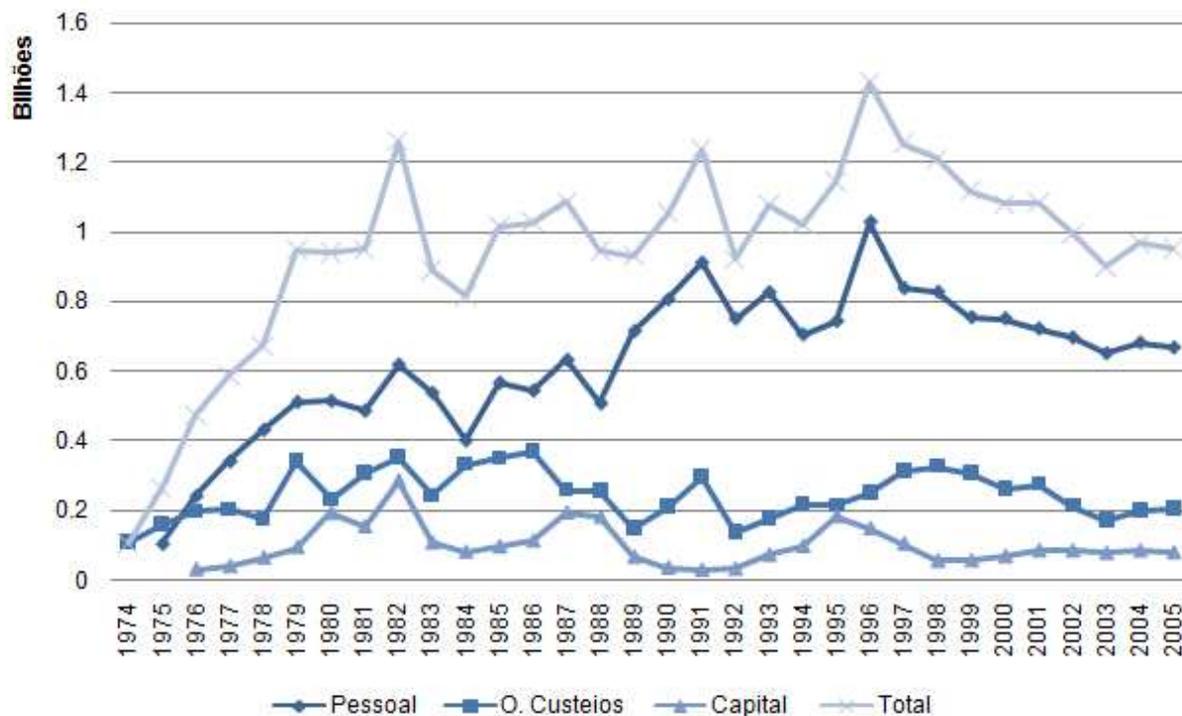


Gráfico 2.8 – Dispersões de capital, custeio e pessoal da EMBRAPA – 1974 a 2005
Fonte: IPEA (<http://www.ipea.gov.br/Destaques/gastopublico.pdf>).

Vale ressaltar que os recursos para pagamento de pessoal, despesas correntes e despesas de capital são destinados ao financiamento da pesquisa agropecuária nas diversas áreas do conhecimento nas quais a Embrapa e suas Unidades de Pesquisa atuam.

No caso das OEPAS a situação não é diferente. Entre 2001 a 2005, a destinação orçamentária para pesquisa tem sido sacrificada (Tabela 2.2). “Enquanto o orçamento global vai crescendo, o da pesquisa sequer permanece estacionário. Vai diminuindo expressivamente em termos reais” (CGEE, 2006: 72).

Tabela 2.2 – Orçamento consolidado de 16 OEPAS por uso

Ano	Investimento		Custeio		Pessoal		Total		Total Geral
	Pesqui	Outros	Pesqui	Outros	Pesqui	Outros	Pesqui	Outros	
2001	4.275	8.288	13.249	46.365	77.008	138.307	94.513	192.959	287.490
2002	3.297	11.166	12.295	62.591	39.019	173.085	54.610	246.841	301.451
2003	1.136	6.054	9.840	49.819	41.049	192.732	52.025	248.605	300.630
2004	2.437	27.361	12.705	84.563	36.450	165.672	51.592	277.597	329.188
2005	3.729	36.274	13.493	98.583	38.913	203.129	56.136	337.986	394.121
Coef Var. (Valores correntes)	36,90%	66,60%	10,60%	29,50%	33,00%	12,90%	26,60%	18,10%	11,90%

Taxa de Variação Interna dos valores em moeda corrente	-6,60%	40,50%	0,70%	18,50%	-16,90%	7,00%	-12,90%	12,30%	7,50%
Taxa de Variação Interna dos valores corrigidos em termos reais*	-21,30%	29,80%	-12,10%	6,70%	-30,20%	-4,40%	-26,30%	0,70%	-4,80%

(Valores multiplicados por R\$ 1.000)

Dados do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), retirados do Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal (Siafi), mostram um aumento gradativo no volume de recursos do Governo Federal aplicados em P&D em setores sócio-econômicos (agricultura, controle e proteção do meio ambiente, defesa, desenvolvimento tecnológico industrial, energia, saúde, etc) durante os anos 2000 e 2006 (Tabela 2.3). Não estão incluídos nestes dados os gastos da Embrapa e OEPAS.

Tabela 2.3 – Investimentos públicos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), por objetivos socioeconômicos, 2000-2006

Objetivo sócio-econômico	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total	4.007,70	4.563,40	4.828,30	5.802,40	6.418,30	7.085,20	8.483,50
Agricultura	583	637,3	642	736,6	834,9	934,9	1.105,50
Controle e proteção do meio ambiente	31,9	76,2	37,3	105,2	68,1	106,7	49,3
Defesa	102,5	118	88,8	90,8	110,8	124	51,5
Desenvolvimento social e serviços	3,3	9,3	5	29,6	10,3	107,1	86,5
Desenvolvimento tecnológico industrial	104,8	141,1	200,1	253,9	269,5	294,3	757,5
Dispêndios com as instituições de ensino superior	2.379,30	2.495,10	2.805,00	3.161,80	3.557,60	3.835,40	3.776,40
Energia	138,3	165,3	103,6	151,6	151,8	166,1	263,6
Espaço civil	147,1	138,6	108,7	122,6	154,4	162,7	170,4
Exploração da terra e atmosfera	58,5	63,5	70	81,3	57	41,6	140,6
Infra-estrutura	27,1	173,8	215,4	311	278,2	317,6	331,2
Pesquisas não orientadas	144,2	209,7	174,9	274	224,1	280,1	754,8
Saúde	285,1	335,4	370,1	447,5	667,5	665,9	906,6
Não especificado	2,6	-	7,5	36,6	34	48,9	89,6

(Valores em milhões de R\$ correntes)

Fonte: MCT (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/9134.html>). Acessado em 26/5/08.

De acordo com os dados apresentados pelo MCT, houve aumento crescente dos recursos investidos pelo Governo Federal em P&D para agricultura durante os anos

2000 e 2006, quando os dispêndios para o setor passaram de R\$ 583 milhões para aproximadamente R\$ 1,1 bilhão (Gráfico 2.9).

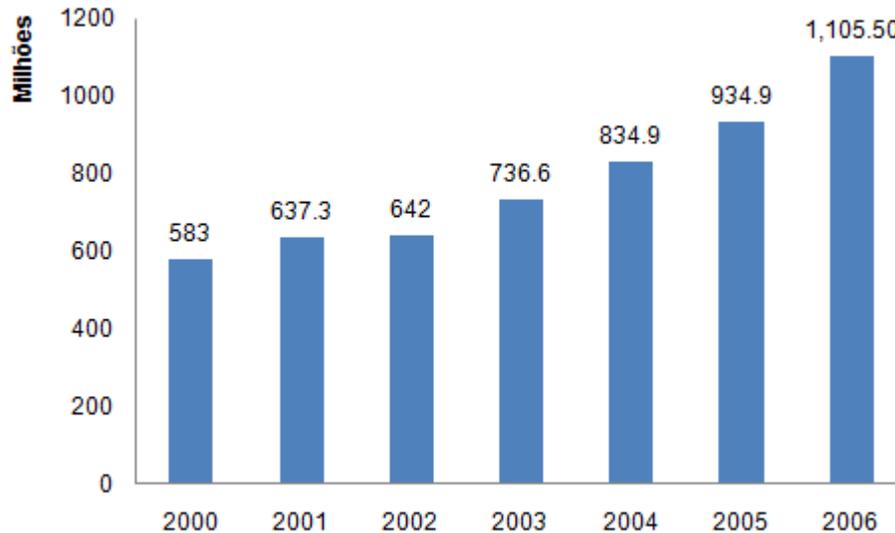


Gráfico 2.9 – Evolução dos valores reais investidos pelo MTC em agricultura – 2000 a 2006
Fonte: MCT (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/9134.html>). Acessado em 26/5/08.

No entanto, ao analisar o percentual investido pelo Ministério nesse mesmo período em agricultura, observa-se uma redução da participação dos gastos federais para este setor socioeconômico, indicando uma diminuição efetiva de participação do Estado no financiamento de pesquisa agropecuária ao longo desses últimos anos (Gráfico 2.10).

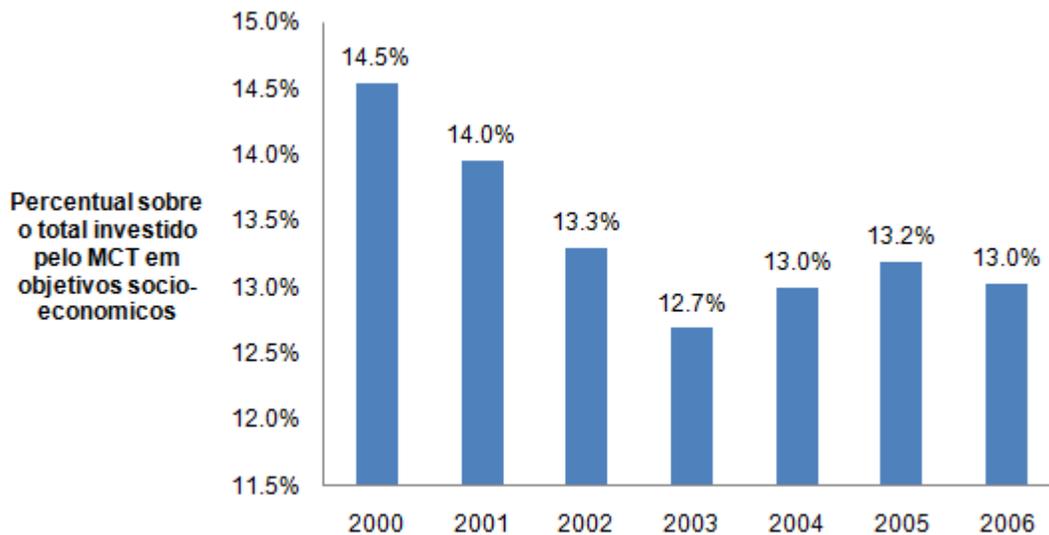


Gráfico 2.10 – Percentual real investido pelo MTC em agricultura – 2000 a 2006
Fonte: MCT (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/9134.html>). Acessado em 26/5/08.

2.2.4. Evolução das variedades registradas e protegidas

No Registro Nacional de Cultivares (RNC)³⁷ constam 2.654 espécies de plantas. Desse total, 41 espécies estão certificadas no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) por apresentarem características agrônômicas superiores e de grande importância econômica. No total são 953 certificações entre 01/01/1998 a 02/03/2007 (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Cultivares protegidas no SNPC (até março de 2007)

Qtd.	Espécie	Certificações
1	6 - soja (<i>Glycine max (L.) Merrill</i>)	372
2	8 - trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>)	82
3	9 - cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp</i>)	64
4	1 - algodão (<i>Gossypium spp</i>)	56
5	3 - batata (<i>Solanum tuberosum L.</i>)	54
6	18 - roseira (<i>Rosa L.</i>)	53
7	2 - arroz (<i>Oryza sativa L.</i>)	46
8	5 - milho (<i>Zea mays</i>)	37
9	4 - feijão (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	25
10	39 - calancoe (<i>Kalanchoe blossfeldiana Poelln.</i>)	15
11	7 - sorgo (<i>Sorghum spp</i>)	15
12	11 - alface (<i>Lactuca sativa L.</i>)	14
13	10 - videira (<i>Vitis spp</i>)	11
14	19 - macieira (<i>Malus domestica spp</i>)	9
15	32 - begônia elatior (<i>Begonia x hiemalis Fotsch.</i>)	9
16	38 - lírio (<i>Lilium L.</i>)	9
17	41 - antúrio (<i>Anthurium Schott</i>)	7
18	17 - cevada (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	6
19	20 - eucalipto (<i>Eucalyptus spp</i>)	6
20	27 - morangueiro (<i>Fragaria L.</i>)	6
21	35 - cafeeiro (<i>Coffea spp</i>)	6
22	42 - alstroemeria (<i>Alstroemeria híbrida L.</i>)	6
23	23 - aveia (<i>Avena spp</i>)	5
24	31 - crisântemo (<i>Chrisantemum spp.</i>)	5
25	14 - braquiária (<i>Brachiaria spp</i>)	4
26	30 - tritcale (<i>Triticosecale Wittm</i>)	4
27	12 - cenoura (<i>Daucus carota L.</i>)	3
28	26 - abacaxi (<i>Ananas comosus (L.) Merrill</i>)	3
29	33 - guzmania (<i>Guzmania spp.</i>)	3

37 Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/> - entre 01/01/1998 a 04/05/2007

30	40 - gérbera (<i>Gerbera Cass.</i>)	3
31	15 - capim colônião (<i>Panicum maximum Jacq.</i>)	2
32	21 - grama esmeralda (<i>Zoysia japonica Steud</i>)	2
33	28 - milheto (<i>Pennisetum glaucum (L.) R.</i>)	2
34	36 - feijão-vagem (<i>Phaseolus sp</i>)	2
35	22 - grama Santo Agostinho (<i>Stenotaphrum secundatum</i>)	1
36	24 - pereira porta-enxerto (<i>Pyrus communis L.</i>)	1
37	29 - macrotyloma (<i>Macrotyloma axillare (E. Mey) Verdc.</i>)	1
38	43 - cebola (<i>Allium cepa L.</i>)	1
39	44 - copo-de-leite (<i>Zantedeschia Spreng</i>)	1
40	46 - gypsophila (<i>Gypsophila spp</i>)	1
41	47 - Saintpaulia H. Wendl. (<i>Saintpaulia H. Wendl.</i>)	1
Total de Cultivares certificadas		953

Fonte: Mapa (março de 2007)

A Tabela 2.4 mostra que a soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é a cultivar mais protegida com 39% das plantas registradas, seguida pelo trigo (*Triticum aestivum L.*) com oito por cento (8%), e a cana-de-açúcar (7%).

De 1998 a 2006 foram registradas em média 105 cultivares/ano. Durante esse período houve um crescimento exponencial do número de proteções, com exceção do ano de 2000 em que as solicitações foram quase 30% menores que em 1999. Após esse episódio o número de cultivares registradas no SNPC cresceu sem interrupções, conforme mostra o Gráfico 2.11.

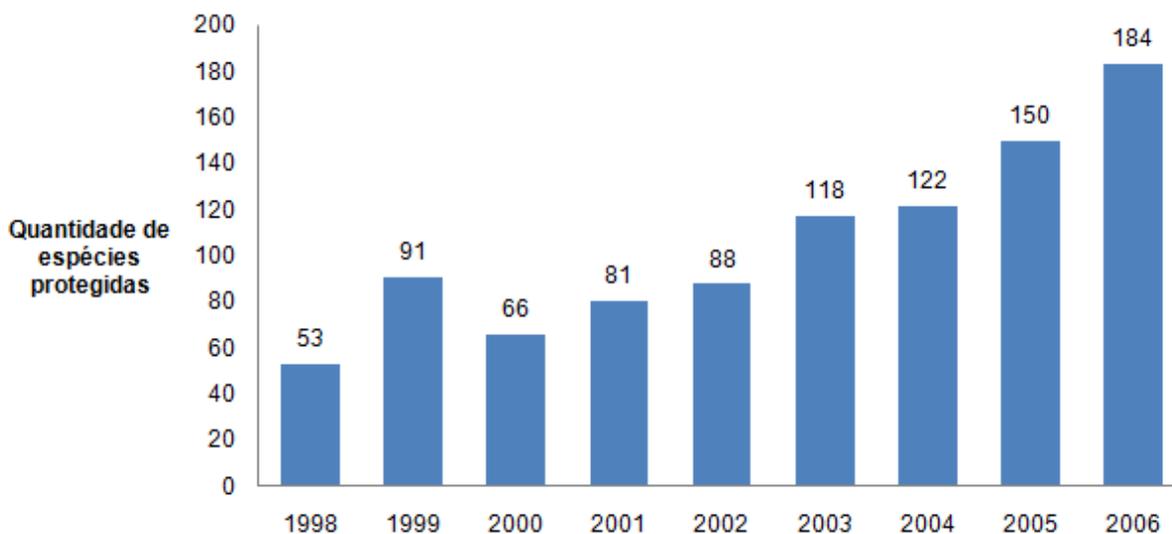


Gráfico 2.11 – Evolução temporal das espécies protegidas até dezembro de 2006

Fonte: Mapa (março de 2007)

Para realizar a análise da participação da titularidade dessas cultivares, foram organizados os titulares em categorias: (1) empresa multinacional; (2) instituição de pesquisa nacional; (3) cooperativa; (4) empresa privada de capital nacional; (5) entidade governamental – fundações de apoio à pesquisa agropecuária e agências de desenvolvimento rural; (6) instituição de pesquisa estrangeira localizadas no exterior; (7) pessoa física e; (8) entidade governamental de outro país (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Distribuição das cultivares por tipo de instituição

Categorias	Certificações
Empresas multinacionais (empresas de capital estrangeiro)	327
Instituição de pesquisa nacional (instituição de pesquisa localizada no território nacional)	321
Cooperativas e Fundações de Apoio à Pesquisa Agropecuária	129
Empresa privada nacional (empresas de capital nacional)	79
Universidades brasileiras	39
Instituição de pesquisa estrangeira (instituição de pesquisa localizada no exterior)	32
Pessoa física (cadastro em nome de pessoa física)	20
Governo de outros países (instituições representantes de governos de outros países)	6

Fonte: Mapa (março de 2007)

As empresas multinacionais³⁸ apresentavam até novembro de 2007 o maior número de certificados para cultivares no SNPC, chegando a 327 (34,3%). Em sua maioria, estas empresas possuem sede nos Estados Unidos (47%), seguidas pelas holandesas (34%), francesas (8%) e italianas (6%). (Gráfico 2.12)

38 Fazem parte da categoria “empresa multinacional” as seguintes instituições: (1) Astee Flowers BV; (2) Bayer Cotton Seed International; (3) Bramixe, S.A. de C.V.; (4) D & PL Technology Holding Company, LLC.; (5) De Ruitter Intellectual Property BV; (6) Del Monte Fresh Produce International Inc.; (6) Dole Food Company, Inc.; (7) Dow AgroSciences Industrial Ltda.; (8) Du Pont do Brasil S.A. - Divisão Pioneer Sementes; (9) FGB B.V. Fides Goldstock Breeding; (10) Genvar Vitro B.V.; (11) Kapteyn Breeding BV; (12) Konst Breeding B.V.; (13) Koppe Royalty B.V.; (14) Lex Voorn Rozenveredeling BV; (15) LUX RIVIERA S.r.l.; (16) Mak't Zand B. V.; (17) Monsoy Ltda.; (18) NIDERA S. A.; (19) Piet Schreurs Holding B.V.; (20) Preesman Royalty B.V.; (21) Rijnplant B. V.; (22) Rosen Tantau; (23) Sakata Seed Sudamerica Ltda.; (24) Syngenta Seeds Ltda.; (25) W. Kordes' Söhne Rosenschule GmbH & Co. KG; (26) World Breeding B. V. e; (27) Yoder Brothers, Inc..

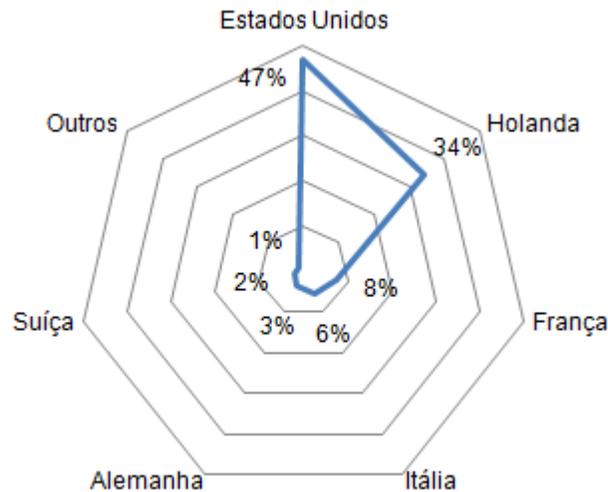


Gráfico 2.12 – Sede das Empresas Multinacionais com registros no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

Na categoria das instituições de pesquisa nacionais, com 33,7% das certificações, destaca-se a Embrapa como a instituição com o maior número de cultivares registradas em soja (130), trigo (33), milho (27), arroz (26), algodão (21), que somadas a outras culturas chegam a 276 certificações. O Instituto Agronomico do Paraná (IAPAR) e o Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) aparecem em segundo (13) e terceiro (12) lugares respectivamente. As organizações estaduais de pesquisa EPAMIG (7) e EPAGRI (6), o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) (5) e o IAC (2) também fazem parte desse grupo. (Gráfico 2.13)

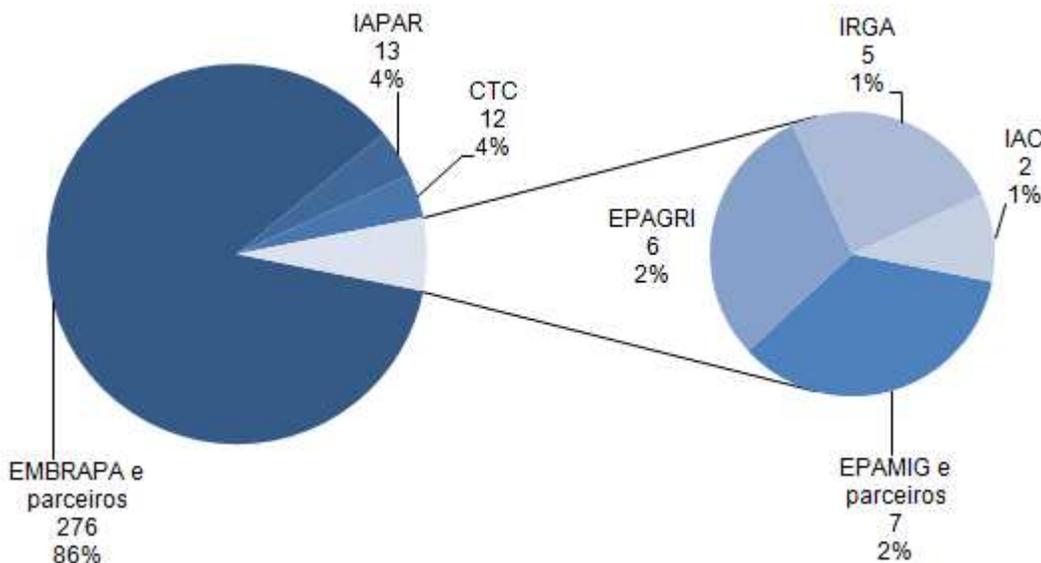


Gráfico 2.13 – Participação das Instituições de Pesquisa Nacionais no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

Nos últimos anos, houve um aumento no investimento de empresas nacionais no setor de pesquisa, com a forte participação de produtores de sementes e de agricultores, geralmente organizados em cooperativas e em fundações de apoio à pesquisa.

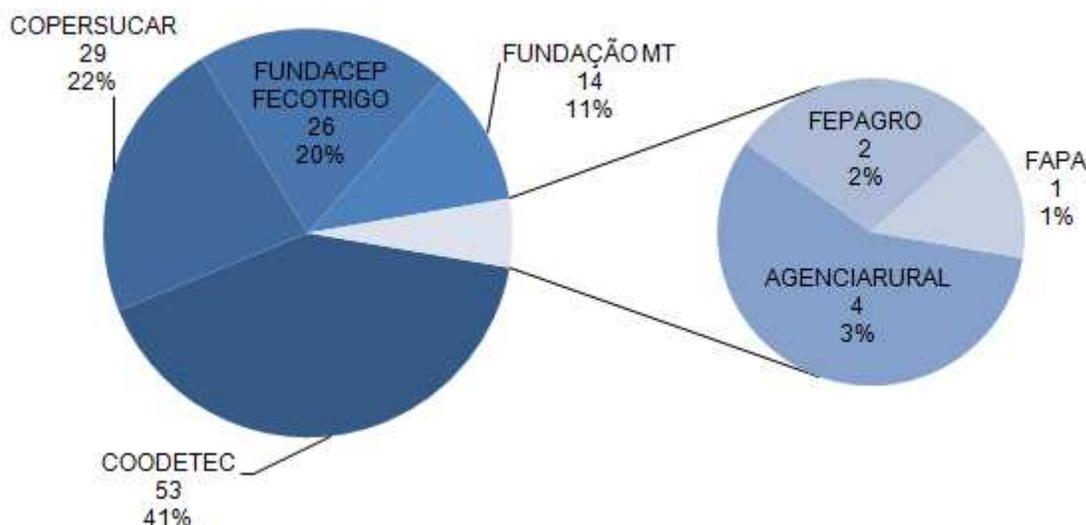


Gráfico 2.14 – Participação das cultivares por Cooperativas e Fundações de Apoio à Pesquisa Agropecuária no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

As cooperativas COODETEC (Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola) – 10 culturas de algodão, 28 de soja e 15 de trigo – e COOPERSUCAR (Cooperativa de Produtores de Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda.) – 29 cultivares de cana-de-açúcar – possuem 82 cultivares registradas no SNPC. Entre as fundações de apoio à pesquisa agropecuária e agências de desenvolvimento rural brasileiras, destacam-se a Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa FECOTRIGO (triticale, milho, soja e trigo), a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Fundação MT) com algodão, aveia, soja e trigo, a Agência Goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário (AGENCIARURAL) com soja e sorgo, a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) com soja e trigo e a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) com aveia. (Gráfico 2.14).

Entre as empresas privadas de capital nacional existem setenta e nove (79) certificações. Essas empresas estão localizadas nas regiões três regiões do Brasil

(Centro-oeste, Sudeste e Sul), espalhadas em cinco estados da federação: Minas Gerais, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná (Gráfico 2.15).

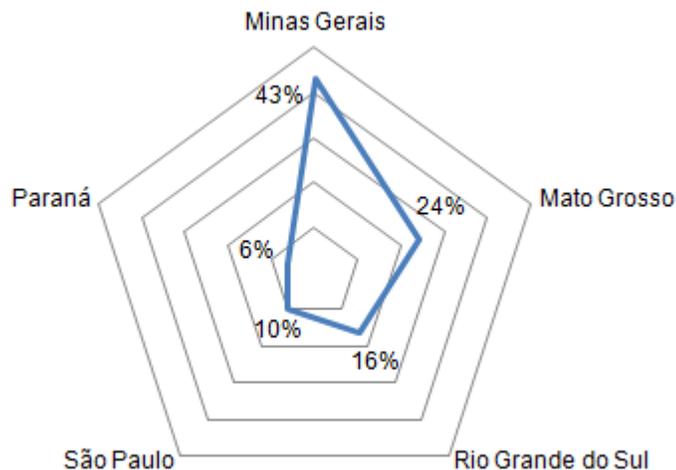


Gráfico 2.15 – Localização das Empresas Privadas Nacionais depositárias no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

Na categoria “universidade”, a UFV (Universidade Federal de Viçosa) e UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) são as mais representativas, com registros em milho, soja e cana-de-açúcar. A UFAL (Universidade Federal de Alagoas), a ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz") e UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) também possuem registro no SNPC (Gráfico 2.16).

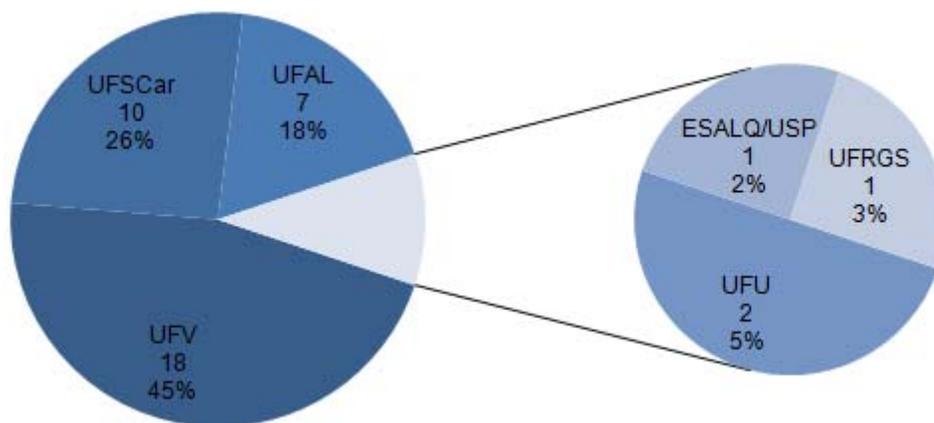


Gráfico 2.16 – Participação das universidades brasileiras no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

Das instituições de pesquisa estrangeira, cerca de setenta e dois por cento (72%) dos registros estão relacionados às instituições localizadas nos Estados Unidos, 9%

(nove por cento) na Nova Zelândia, seguidos pela Holanda, Colômbia, Austrália e Alemanha (Gráfico 2.17).

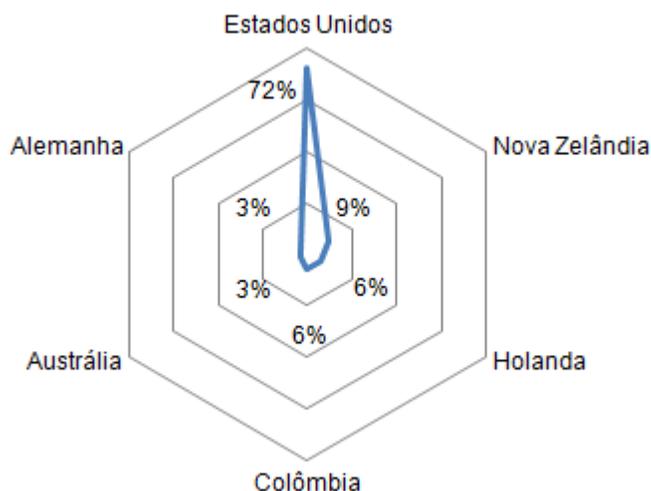


Gráfico 2.17 – Localização das instituições de pesquisa estrangeiras depositárias no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

A Secretaria de Agricultura dos Estados Unidos, O Centro Nacional Chinês de Pesquisa e Desenvolvimento do Arroz e a Corporação de Pesquisa e Desenvolvimento de Grãos da Austrália também possuem registros junto ao SNPC. Ao todo são seis cultivares, entre arroz, cevada e videira (Gráfico 2.18).

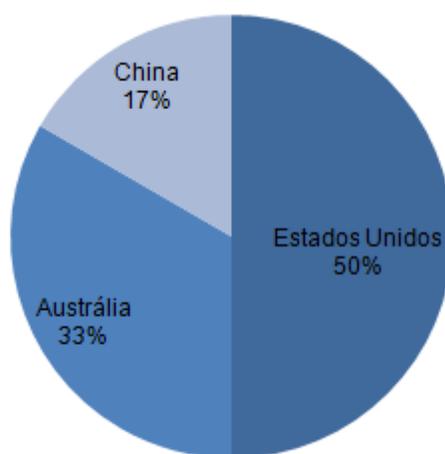


Gráfico 2.18 – Participação das instituições governamentais estrangeiras no SNPC

Fonte: Mapa (março de 2007)

Apesar da liderança das empresas multinacionais na relação de culturas protegidas junto ao SNPC, a análise da distribuição dessas cultivares entre instituições nacionais e estrangeiras apresenta um número superior de espécies registradas por instituições localizadas no país ou de capital nacional (Gráfico 2.19).

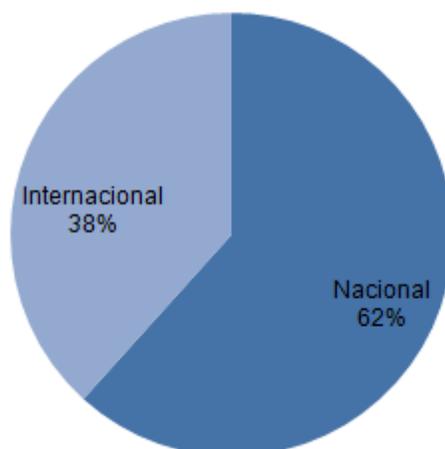


Gráfico 2.19 – Participação das instituições nacionais e internacionais no SNPC
Fonte: Mapa (março de 2007)

Mesmo considerando que muitas empresas brasileiras de pesquisa e de sementes foram compradas ou incorporadas por grupos estrangeiros, configurando o ingresso significativo de investimentos no setor, caracterizado também pela abertura de atividades em sementes por parte de empresas já aqui estabelecidas, o setor público de pesquisa (universidades e instituição de pesquisa nacional) continua sendo o principal ator no processo de lançamento e proteção de novas cultivares (Gráfico 2.20).

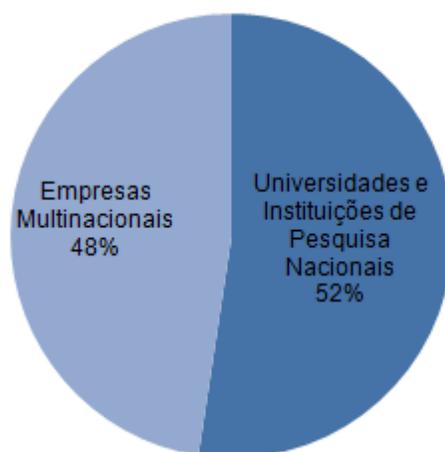


Gráfico 2.20 – Participação das universidades e instituições de pesquisa nacionais e das empresas multinacionais SNPC
Fonte: Mapa (março de 2007)

2.2.5. Centros de formação de recursos humanos em melhoramento genético vegetal

Apresentam-se nessa seção algumas informações sobre cursos em nível de mestrado e doutorado em melhoramento genético de plantas no país com conceitos iguais ou superiores a 5 (cinco) reconhecidos pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) do Ministério da Educação (MEC). A busca foi realizada junto ao banco de dados da Capes, referente ao ano de 2007.

O que motivou a seleção dos cursos com esses conceitos foi a necessidade de identificar se a base de competência instalada no país é competitiva e quão distante estamos da fronteira do conhecimento científico e tecnológico em melhoramento genético vegetal. Pressupõe-se que se os programas de pós-graduação mais consagrados não atenderem o ritmo e a direção das mudanças técnico-científicas no campo do melhoramento, possivelmente os programas com conceitos inferiores também não o farão.

No sistema atual de ensino superior existem cursos de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado, mestrado tecnológico/profissional e doutorado) e os cursos de pós-graduação *lato sensu* (especialização). Do ponto de vista da capacitação em pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de plantas, são apresentadas informações sobre os programas de pós-graduação *stricto sensu*.

Foram identificados dois (3) programas de pós-graduação relacionados ao melhoramento genético vegetal com conceito 7 (sete) pela CAPES: o Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o Programa de pós-graduação da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP e o Programa de pós-graduação em Genética e Biologia Molecular da Universidade Estadual de Campinas, ambos contemplam mestrado e doutorado, e estão localizados em instituições públicas de ensino superior (IES). Com conceito 5 (cinco) são contemplados pela CAPES também dois (2) programas de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas: o da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no campus de Jaboticabal. Não foram encontrados programas com conceito 6 dedicados ao ensino e à pesquisa em melhoramento genético vegetal.

O Programa de pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com 31 (trinta e um) anos de existência, tem por objetivo a formação de recursos humanos para o exercício de atividades de magistério superior, pesquisa e desenvolvimento, com o aprofundamento do conhecimento em Genética e Melhoramento, em nível de mestrado e doutorado. O programa de mestrado teve início em agosto de 1976 e o de doutorado começou em março de 1979. Até dezembro de 2006 foram defendidas 342 dissertações e 177 teses.

O programa da UFV permite o aprofundamento das seguintes áreas de pesquisa: genética animal, genética vegetal, genética molecular e de microrganismos, melhoramento animal e melhoramento vegetal. O caráter interdepartamental é um dos pontos fortes do programa, por integrar linhas de pesquisa realizadas por docentes de diferentes departamentos: biologia geral, fitotecnia, zootecnia, biologia animal, biologia geral, biologia vegetal, bioquímica e biologia molecular, engenharia florestal, fitopatologia, fitotecnia, informática, microbiologia e zootecnia.

As mais importantes e atuais linhas de pesquisa na área de Genética e Melhoramento são contempladas pelas atividades de pesquisa e ensino dos docentes, onde desenvolvem sólida base teórica nas disciplinas e em consultas bibliográficas. Nas atividades de pesquisa, básicas e aplicadas, os alunos produzem novas cultivares, incluindo soja, feijão, milho, arroz, café, cana-de-açúcar, trigo, hortaliças e fruteiras, executam a elaboração de projetos, a condução das pesquisas e a publicação dos resultados em periódicos e eventos científicos nacionais e internacionais. A maioria dos trabalhos de melhoramento conta com a integração de marcadores moleculares.

A UFV, por meio do seu programa de pós-graduação, contribui para o desenvolvimento de métodos e processos tecnológicos das seguintes linhas de pesquisa:

- Genética Vegetal: Pesquisas básicas e aplicadas sobre a ação dos genes que controlam o desenvolvimento das espécies vegetais, sobre biotecnologia agrícola e sobre engenharia genética.
- Genética Animal: Pesquisas básicas e aplicadas sobre variabilidade a nível de genes e proteínas, mapeamento de genes e QTL's, seqüenciamento de

genes, associações entre genes e características, diversidade genética e caracterização de regulação e expressão gênica.

- Genética Quantitativa: Pesquisas sobre as importâncias relativas de genes e ambiente na variabilidade fenotípica de características de variação contínua, visando à melhoria da eficiência dos processos seletivos. Seus fundamentos e aspectos teóricos são básicos para as pesquisas teóricas e aplicadas com Estatística Genômica e Diversidade Genética, entre outras importantes áreas da Genética e do Melhoramento Genético.
- Melhoramento Vegetal: Pesquisas voltadas para a aplicação de métodos de melhoramento genético, para o desenvolvimento de novas metodologias de melhoramento genético, e para a descoberta e uso de genes de importância econômica, visando à obtenção de cultivares e híbridos. Os objetivos são alcançados integrando Genética Quantitativa, Genética Molecular e Estatística.
- Melhoramento Animal: Pesquisas voltadas para a compreensão do papel dos genes no desenvolvimento dos animais domésticos, e para a aplicação e o delineamento de eficientes esquemas seletivos de longo prazo, visando à obtenção de populações superiores. Os objetivos são alcançados integrando Genética Quantitativa, Genética Molecular e Estatística.
- Genética Molecular e de Microorganismos: Pesquisas sobre a estrutura e função dos genes, a nível molecular, empregando equipamentos e métodos de genética e biologia molecular. As técnicas empregadas mais conhecidas são isolamento de DNA e RNA, cultura de células, amplificação ou hibridização de DNA, seqüenciamento de DNA, clonagem de DNA, hibridização 'in situ' e hibridização de células somáticas.

O Programa de pós-graduação da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP, com início das atividades no ano de 1964 para o curso de Mestrado e 1970 para Doutorado, tem por objetivo formar profissionais capacitados para atuar nos diversos ramos da genética e melhoramento, em entidades públicas e privadas de ensino e pesquisa. Conta com um corpo docente altamente capacitado e que

desenvolve pesquisas em biologia molecular e celular, citogenética, genética molecular, genética bioquímica, genética fisiológica, biologia de populações e dinâmica evolutiva de plantas, genética quantitativa e melhoramento.

O programa da ESALQ/USP permite o aprofundamento nas linhas de pesquisa:

- Biologia evolutiva e citogenética: biologia de populações e dinâmica evolutiva de espécies de plantas silvestres e domesticadas de áreas tropicais e implicações na conservação de recursos genéticos. Citogenética clássica e molecular e implicações com a evolução de plantas;
- Genética biométrica: desenvolvimento e adaptação de métodos genético-estatísticos visando melhorar a eficiência das informações obtidas com marcadores genéticos (morfológicos, isoenzimáticos, moleculares e genômicos) para a detecção e mapeamento de QTL's;
- Genética de microrganismos: estudos de genética clássica e molecular em bactérias, fungos filamentosos e leveduras de uso industrial. Microrganismos endofíticos e epifíticos, interações planta-microrganismos, controle biológico de pragas e doenças, produção de enzimas.
- Genética e biologia molecular: regulação da expressão gênica, genômica funcional, genética da interação planta- outros organismos, uso de marcadores moleculares no estudo da resistência a doenças e na construção de mapas genéticos, transgenia vegetal visando caracteres de interesse agrônomico
- Genética fisiológica e bioquímica: metabolismo do carbono e nitrogênio: estudo da fotossíntese e fotorespiração, biossíntese e degradação de aminoácidos; estudo do estresse abiótico em plantas; caracterização das proteases em plantas.
- Genética quantitativa e melhoramento: estudos da herança de caracteres quantitativos utilizando técnicas clássicas e moleculares. Estudos da eficiência de métodos de seleção recorrente intra e interpopulacional e de obtenção de cultivares em espécies autógamas, alógamas e de propagação assexuada.

Em 2006, quarenta e seis (46) projetos de pesquisa estavam em andamento nas diversas linhas de pesquisa indicadas pelo programa da ESALQ/USP, com a participação de alunos de graduação e pós-graduação.

O Programa de pós-graduação *stricto sensu* em Genética e Biologia Molecular do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas foi iniciado em 1980 e possui cursos de mestrado e doutorado. Conta atualmente com 18 professores titulares e dezenove professores participantes e visitantes originários de importantes instituições de pesquisa e ensino do país, como Embrapa, ESALQ, IAC, LNLS, entre outras.

O Programa de pós-graduação da Unicamp possui cinco áreas de concentração: Genética Animal e Evolução; Genética de Microrganismos; Genética Vegetal e Melhoramento; Microbiologia; Imunologia. Dentre as pesquisas desenvolvidas na área de concentração Genética Vegetal e Melhoramento destaca-se a biotecnologia vegetal, com o desenvolvimento de projetos genoma, pesquisa com marcadores moleculares para seleção recorrente de plantas e a produção de cultivares transgênicas com características agronômicas interessantes.

O Programas de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), contempla cursos de mestrado e doutorado, ambos com conceito 5 pela CAPES, tiveram início em 1986 e 1995 respectivamente. Realizam atividades de docência e pesquisa direcionadas à capacitação do melhorista de plantas e possui um número significativo de teses e dissertações concluídas. Entre as linhas de pesquisa estão:

- Melhoramento Genético de Plantas de Importância na Região: melhoramento de feijão, milho, batata, arroz, etc., cuja ênfase é obter novos cultivares mais adaptados à região, e obtenção de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para auxiliar futuros programas de melhoramento com essas espécies.
- Biotecnologia: uso de cultura de células, tecidos e órgãos vegetais visando micropropagação, limpeza de vírus, obtenção de haplóides, resgate de embrião e emprego de marcadores moleculares no melhoramento de plantas e na avaliação de diversidade genética.

- Citogenética Vegetal: emprego de técnicas citogenéticas para caracterizar o cariótipo de espécies cultivadas anuais, perenes e nativas, especialmente com o intuito de elucidar problemas taxonômicos, de efeitos de substâncias e mecanismos meióticos.
- Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas: utilização de dados gerados com plantas no Brasil, possibilitando obter importantes estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para obter informações que auxiliem os melhoristas nos programas de melhoramento.

Os Programas de pós-graduação Genética e Melhoramento de Plantas³⁹ da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no campus de Jaboticabal, contemplando cursos de mestrado e doutorado, e até 31/12/2006, titulou 156 mestres e 48 doutores. O Programa apresenta cinco (5) linhas de pesquisa:

- Biologia e Genética de Espécies Tropicais: refere-se a estudos de citogenética de espécies tropicais, genética clássica, anatomia e fisiologia aplicadas aos processos de melhoramento genético.
- Biologia Molecular Aplicada À Genética e ao Melhoramento: engloba estudos de genomas e projetos com uso ou identificação de marcadores moleculares para seleção assistida e projetos de genética molecular de bactérias.
- Biometria Aplicada a Genética e Melhoramento: envolve estudos de genética quantitativa, genética de populações e delineamentos experimentais aplicados aos métodos de melhoramento e à genética.
- Genética e Melhoramento para Resistência a Estresses, Pragas e Doenças: nesta linha estão alocados projetos de estudo de herança, de fontes de genes de tolerância e resistência e seleção visando obter materiais genéticos com resistência ou tolerância a estresses, a pragas e a doenças
- Melhoramento e Avaliação de Cultivares: envolve projetos aplicados de melhoramento de frutíferas, olerícolas, essências florestais e ornamentais,

³⁹ Fonte: <http://www.fcav.unesp.br/posgrad/programas/gmpla/index.php>

cana-de-açúcar e cereais, sobretudo milho e soja e de culturas de tecidos e micropropagação de cultivares.

2.2.6. Publicações feitas por brasileiros no exterior

Para se ter uma idéia do que os pesquisadores brasileiros estão publicando na fronteira do conhecimento científico e tecnológico no campo do melhoramento de plantas, foi realizada uma busca por artigos científicos em revistas internacionais de grande circulação no meio científico. A base de artigos *Web of Knowledge*, mantida pelo *Institute for Scientific Information (ISI)* foi a fonte de informação de publicações científicas por representar uma das mais completas bases de informações bibliográficas, com publicações desde 1900 a 2008 (última atualização em 5 de junho). A *Web of Knowledge*⁴⁰ consiste de 3 grandes bases de dados contendo informações retiradas de milhares de revistas científicas em todas as áreas do conhecimento: *Science Citation Index Expanded*TM, *Social Sciences Citation Index*[®], *Arts & Humanities Citation Index*[®]. As três bases de dados de citações contêm referências citadas pelos autores dos artigos de revistas indexados pela base⁴¹.

As palavras-chave atribuídas para a identificação dos artigos foram escolhidas a partir da pesquisa bibliográfica realizada para este trabalho de dissertação e posterior indicação por especialistas da área de melhoramento como técnicas modernas que estão na fronteira do conhecimento científico e são consideradas como vertentes de

40 A base *Science Citation Index Expanded* é uma base de dados multidisciplinar que indexa integralmente 5.900 revistas científicas abrangendo as publicações mais expressivas cobrindo 150 disciplinas. Corresponde a 2.100 revistas científicas a mais que as versões impressas e CD-ROM do SCI. A partir de 1991, aproximadamente 70% dos resumos em inglês constantes na base permitem busca por palavras. Inclui todas as referências citadas capturadas dos artigos indexados. Assuntos: agricultura, astronomia, biologia, biotecnologia, física, oncologia, neurociências, pediatria, farmacologia, ciência da computação, veterinária entre outros. A base *Social Sciences Citation* indexa integralmente 1.725 revistas científicas em ciências sociais cobrindo 50 disciplinas relacionadas. Indexa também 3.300 itens selecionados relevantes para o mundo científico e técnico. A partir de 1992, aproximadamente 60% dos resumos em inglês constantes na base permitem busca por palavras. Assuntos: antropologia, ciências políticas, direito, serviço social, lingüística, psiquiatria entre outras. A base *Arts & Humanities Citation Index* indexa integralmente 1.144 revistas científicas em artes e humanidades. Abrange as mais importantes publicações na área, além de 6.800 itens selecionados relevantes para as ciências sociais. Mais de 2.5 milhões de registros. A partir de janeiro de 2002, os resumos em inglês disponíveis na base permitem busca por palavras. Assunto: arqueologia, lingüística, revisão de literatura, poesia, artes, música, religião, televisão entre outros.

41 Uma pesquisa a partir de uma referência citada possibilita o uso de um trabalho publicado conhecido para localizar outro trabalho mais antigo que o citou.

inovações tecnológicas provenientes da biotecnologia aplicadas ao melhoramento genético de plantas.

Sabe-se até então que, para o melhoramento clássico, a base de competência instalada no país está atualizada em relação a pesquisadores de outros países e por esse motivo não há necessidade de realizar o levantamento de artigos utilizando palavras-chaves de técnicas já consolidadas e disseminadas (exceto “melhoramento de plantas”). Os termos de busca utilizados foram: “melhoramento de plantas”, “tecnologia do dna recombinante”, “transgênese”, “clonagem”, “marcadores moleculares”, “genômica”, “proteômica”, metabolômica, “bioinformática” e “biologia sintética”. Os termos e as *queries*⁴² utilizadas nesta pesquisa estão apresentadas na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Termos de Busca e *Queries* usadas na consulta de artigos

Termos de Busca	"Query"
Melhoramento de Plantas	TS=(crop* or vegetable* or plant or seed*) AND TS=(breed*)
Tecnologia do DNA Recombinante	TS=(biotech*) OR TS=(recombinant DNA technology or DNA technology or recombinant DNA)
Transgênese	TS=(transgenic* or OGM or genetically modified organism or genetically engineered organism or transgenese) NOT TS=(transgenic mice or transgenic model or transgenic rat)
Clonagem ou Clonagem in vitro	TS=(clone* or cloning* or in vitro)
Marcadores Moleculares	TS=(molecular marker* or RFLP or Restriction Fragment Length Polymorphism or RAPD or Random Amplified Polymorphic DNA or AFLP or Amplified Fragment Length Polymorphism or SCAR or Sequence Characterized Amplified Regions)
Genômica	TS=(genome or genomic*)
Proteômica	TS=(proteome or proteomic*)
Metabolômica	TS=(metabolom or metabolomic*)
Bioinformática	TS=(bioinformatic*)
Biologia Sintética	TS=(synthetic biology or synbio or synthetic biology or synthetic organism or syn organism or synthia or syntetic biologist*) or TS=(post genomic*)

Na pesquisa por artigos sobre “melhoramento de plantas” foram encontrados 14.714 registros com a participação de diversos países e idiomas (93% em inglês). O primeiro registro encontrado nessa base data de 9 de agosto de 1906, com o título “*International conference on hybridisation and plant-breeding*”, publicado pela Revista *Nature* (nº 74). A partir daí, após uma pausa de longos nove anos, novos artigos foram publicados sobre o tema, quando em 1915, treze publicações foram apresentadas. Contudo, a evolução dos artigos científicos sobre melhoramento genético de plantas

⁴² *Query* é uma unidade de consulta usada para realizar consultas em banco de dados e sistemas de informação.

permaneceu modesta até o final da década de 80, visto que mais de 95% do total de artigos publicados até os dias atuais ocorreram a partir de 1990. A primeira publicação registrada de autoria de pesquisadores brasileiros ocorreu em 1987, com o título “*Perspectives of Biotechnology in Plant-Breeding*” da pesquisadora Maria Irene Baggio de Moraes-Fernandes, da Embrapa Trigo, e trata de apontar perspectivas do uso da Tecnologia do DNA recombinante para o melhoramento genético vegetal.

Durante a década passada e a atual, os índices de publicação atingiram patamares crescentes, principalmente a partir de 1991, quando o mundo superou 500 publicações-ano sobre o tema. (Gráfico 2.21). É importante ressaltar que boa parte da publicação sobre melhoramento de plantas sempre foi de âmbito local. Ou seja, dada a especificidade de solo e clima, os pesquisadores acabam publicando suas obtenções em periódicos de circulação nacional e no idioma local, o que explica o baixo número de artigos encontrados na *Web of Knowledge*.

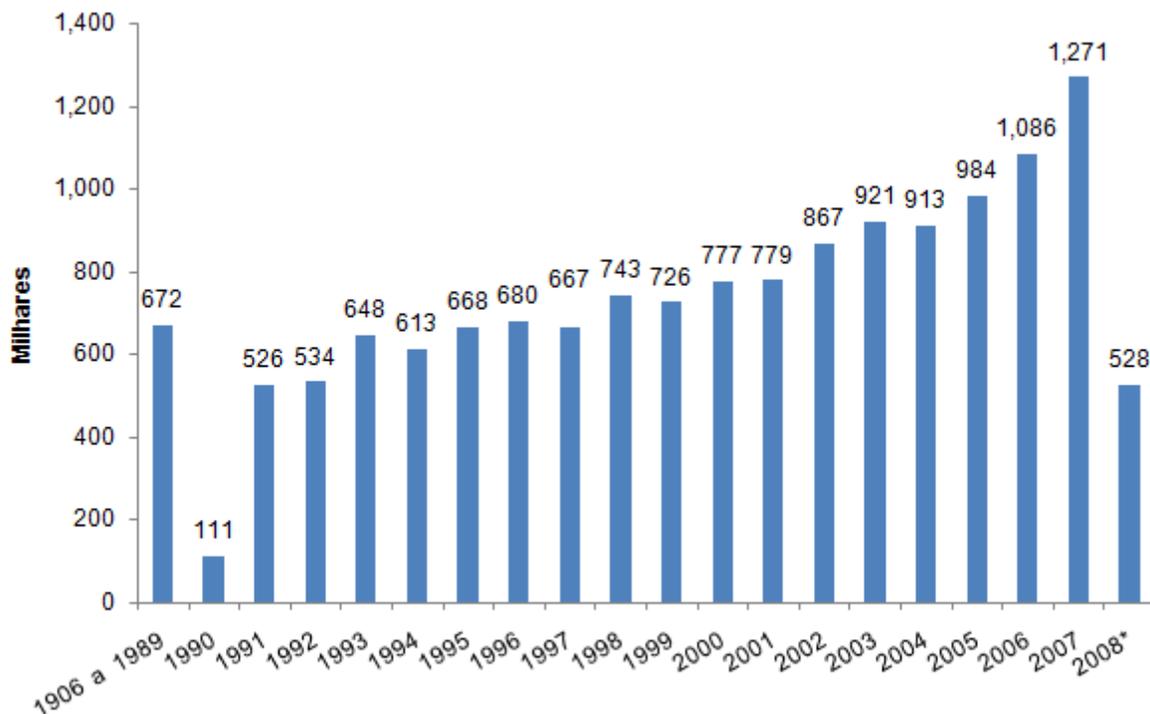


Gráfico 2.21 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas (n=14.714)

Fonte: Web of Knowledge

*Ate junho de 2008

O Brasil ocupa a décima colocação entre os países que mais publicaram sobre o tema, com 566 artigos (19% destes em parceria com outros países, com destaque para

os Estados Unidos com 11%) (Tabela 2.7). Praticamente 90% das publicações de cientistas brasileiros nessas revistas especializadas ocorreram a partir de 1995, com destaque para o ano de 2007.

Tabela 2.7 – Países com publicações de artigos científicos sobre Melhoramento de Plantas (n=14.714)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	4.509	30,6%
2	Austrália	1.080	7,3%
3	Canadá	841	5,7%
4	Alemanha	837	5,7%
5	Inglaterra	800	5,4%
6	França	715	4,9%
7	Japão	700	4,8%
8	Índia	668	4,5%
9	China	572	3,9%
10	Brasil	566	3,8%

Fonte: Web of Knowledge

Entre os países da América Latina e Caribe, o Brasil desponta como líder em publicação de artigos científicos na região, com 41,5% do total, seguido pelo México (22,3%), Argentina (16,4%), Colômbia (8,1%) e Chile (4,1%). (Tabela 2.8)

Tabela 2.8 – Países da América Latina e Caribe com publicações de artigos científicos sobre Melhoramento de Plantas (n=1.363)

Nº	País da América Latina e Caribe	Qtd.	%
1	Brasil	566	41,5%
2	México	304	22,3%
3	Argentina	223	16,4%
4	Colômbia	110	8,1%
5	Chile	56	4,1%
6	Peru	44	3,2%
7	Venezuela	35	2,6%
8	Costa rica	29	2,1%
9	Uruguai	24	1,8%
10	Cuba	12	0,9%
11	Equador	8	0,6%
12	Panamá	8	0,6%
13	Honduras	7	0,5%

Fonte: Web of Knowledge

Destaca-se também o percentual das publicações feitas por pesquisadores brasileiros em relação ao mundo. Por exemplo, até o ano de 2004 o país representava 1,73% do total de periódicos científicos internacionais indexados no *Institute for Scientific Information* (ISI) em todas as áreas do conhecimento de acordo com a

Coordenação-Geral de Indicadores do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Nesse mesmo ano, a participação brasileira em artigos sobre melhoramento genético de plantas representou 2,96%. Entre os anos de 2005 e 2008 esse índice subiu gradativamente, chegando a 5,18% em 2005, 4,33% em 2006, 5,74% em 2007 e 4,92% no ano de 2008 (até metade do ano). Como média geral, o país possui 3,8% do total de artigos científicos sobre melhoramento vegetal (Gráfico 2.22).

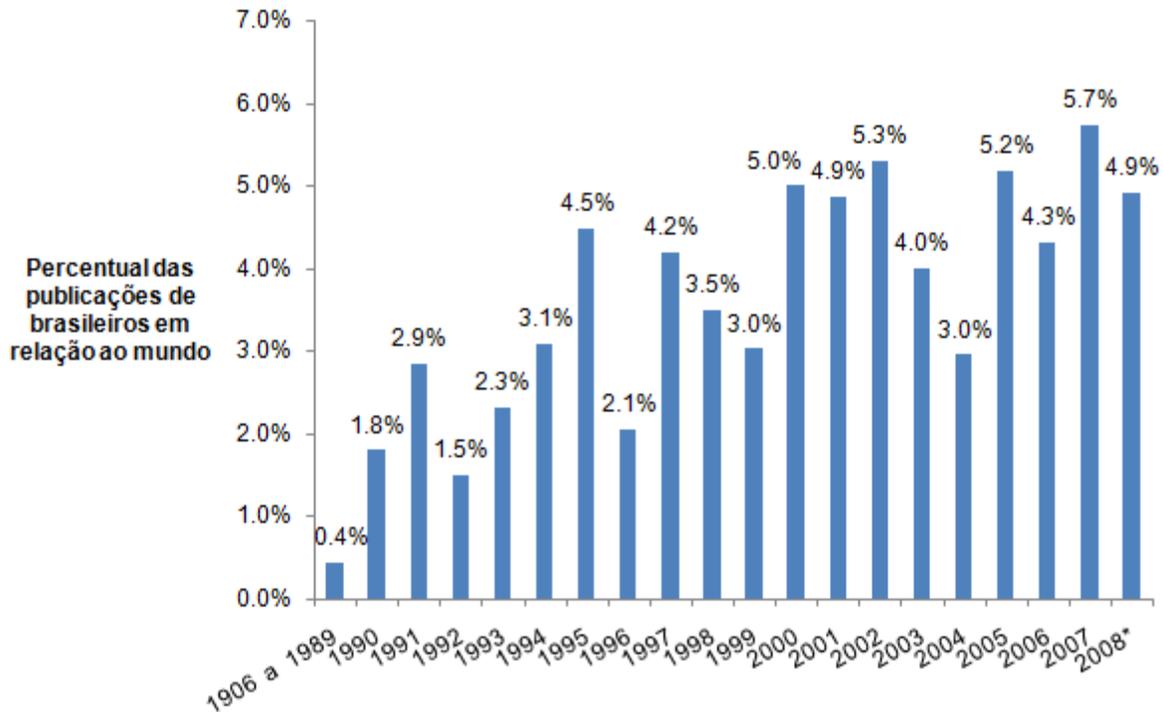


Gráfico 2.22 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas (n=566)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Entre as instituições nacionais que mais publicaram estão a Embrapa e suas unidades, a Universidade de São Paulo, a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade Federal de Lavras, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, entre outras quarenta instituições encontradas nessa base de dados. A Tabela 2.9 apresenta a relação das dez instituições nacionais que mais publicaram entre 1987 e junho de 2008.

Tabela 2.9 – Participação das Instituições Brasileiras que publicaram artigos científicos sobre Melhoramento de Plantas (n=566)

Nº	Instituições Nacionais	Qtd.	%
1	EMBRAPA e unidades	216	38,2%
2	USP	74	13,1%
3	UFV	49	8,7%
4	UFLA	46	8,1%
5	UFRGS	24	4,2%
6	APTA e IAC	23	4,1%
7	UNICAMP	20	3,5%
8	UNESP	14	2,5%
9	UEL	13	2,3%
10	UFPEL	12	2,1%

Fonte: Web of Knowledge

A partir dessa primeira visualização, foram combinados ao termo “melhoramento de plantas” os outros termos de busca que dizem respeito às técnicas ou tecnologias citadas na Tabela 2.6.

De acordo com o levantamento, os dados mostram que a comunidade científica brasileira vem acompanhando as mudanças que estão em curso no mundo, visto que seus artigos abrangem praticamente todas as áreas consideradas como vertente de inovação tecnológica e estão na fronteira do conhecimento científico e tecnológico, com exceção dos trabalhos sobre metaboloma e proteoma aplicados ao melhoramento de plantas (Tabela 2.10), que apesar de já existirem pesquisas embrionárias em andamento no país, não foram encontrados registros de publicações feitas por brasileiros nesses periódicos internacionais com as *queries* usadas nessa pesquisa. O desafio aqui é acompanhar o ritmo dessa mudança ou a velocidade de atualização das técnicas ou tecnologias que potencializam o trabalho de melhoramento pela comunidade científica brasileira e isso envolve certamente aplicações crescentes de recursos financeiros (públicos e privados) e formação de mais doutores e especialistas para resolução de problemas (em termos de volume e qualidade).

Tabela 2.10 – Síntese dos resultados encontrados nos artigos científicos sobre Melhoramento de Plantas e os demais termos de busca

Técnicas ou tecnologias	Mundo	Brasil	Brasil x Mundo
Bioinformática	26	2	7,7%
Biologia Sintética	14	1	7,1%
Clonagem ou Clonagem in vitro	1.467	58	4,0%

Marcadores Moleculares	1.758	56	3,2%
Genômica	1.368	34	2,5%
Tecnologia do DNA Recombinante	582	13	2,2%
Transgênese	440	4	0,9%
Metabolômica	11	0	0,0%
Proteômica	27	0	0,0%

Fonte: Web of Knowledge

A Tabela 2.10 mostra as técnicas ou tecnologias pesquisadas na base de artigos científicos internacionais e seus resultados provenientes das *queries* utilizadas para cada uma delas, conforme foi apresentado na Tabela 2.6. São apresentados o número total de artigos científicos publicados pelos diversos países que realizam pesquisas em melhoramento de plantas e as ferramentas biotecnológicas mais estudadas. Na última coluna são apresentados os números de publicações feitas por pesquisadores brasileiros em periódicos internacionais e que contenham as termologias apresentadas para essa busca.

A pesquisa de artigos envolvendo os termos “melhoramento de plantas” e “bioinformática” apresentou um percentual de 7,69% artigos publicados por brasileiros em relação ao mundo, ocupando a quinta colocação entre os dezenove países que publicaram sobre o tema. Estados Unidos e Inglaterra publicaram 6 artigos cada, seguidos por Austrália e Índia com 3 artigos (Tabela 2.11). Na América Latina e Caribe, México e Colômbia também contribuem com esse tema com a 2 e 1 artigos, respectivamente. Entre os parceiros do Brasil estão os Estados Unidos e Dinamarca.

Tabela 2.11 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Bioinformática (n=26)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	6	23,1%
2	Inglaterra	6	23,1%
3	Austrália	3	11,5%
4	Índia	3	11,5%
5	Brasil	2	7,7%
6	Dinamarca	2	7,7%
7	França	2	7,7%
8	Japão	2	7,7%
9	México	2	7,7%
10	Holanda	2	7,7%
11	China	2	7,7%
12	Colômbia	1	3,8%
13	Hungria	1	3,8%
14	Nepal	1	3,8%

15	Nigéria	1	3,8%
16	Noruega	1	3,8%
17	Polônia	1	3,8%
18	Escócia	1	3,8%
19	Turquia	1	3,8%

Fonte: Web of Knowledge

O percentual anual das publicações feitas por brasileiros sobre “melhoramento de plantas” e “bioinformática” esta apresentado no Gráfico 2.23.

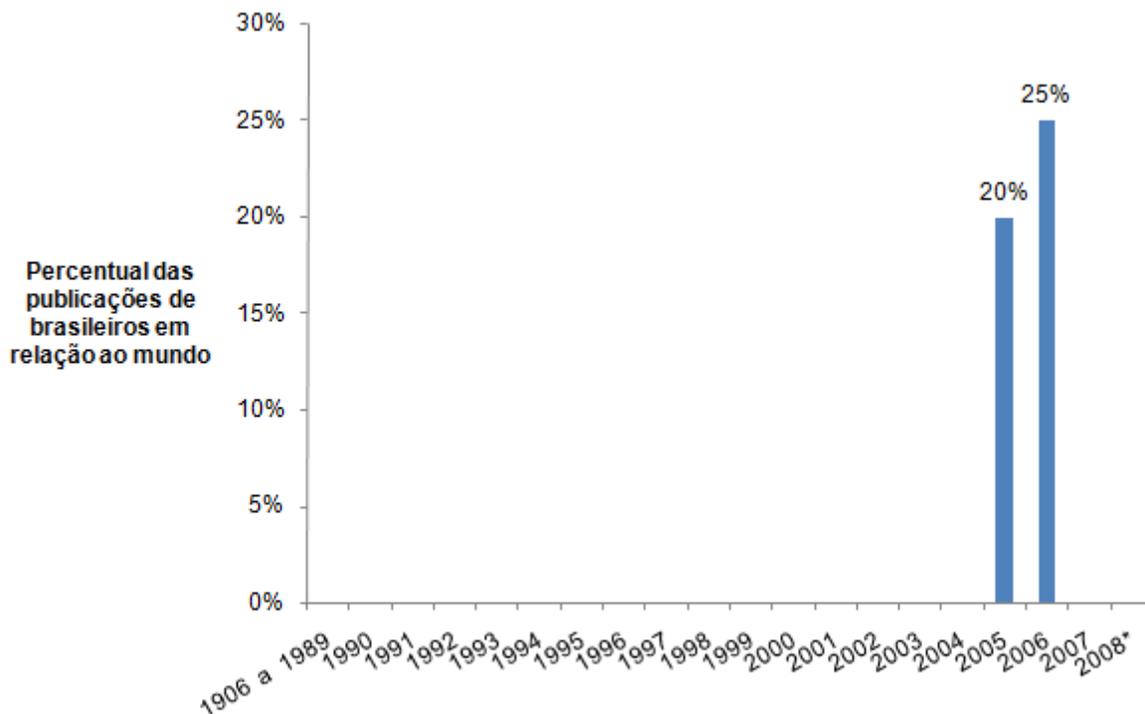


Gráfico 2.23 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Bioinformática (n=2)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Buscando pela combinação entre “biologia sintética” e “melhoramento de plantas”, foram encontrados quatorze registros na base *Web of Knowledge*. Os Estados Unidos foi o país com o maior número de publicações, seguido por Inglaterra e França (Tabela 2.12). Na América Latina e Caribe, o Brasil é o único representante quando publicou um artigo no ano 2000.

Tabela 2.12 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Biologia Sintética (n=14)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	6	42,9%
2	Inglaterra	3	21,4%

3	França	2	14,3%
4	Brasil	1	7,1%
5	Canadá	1	7,1%
6	Grécia	1	7,1%
7	Hungria	1	7,1%
8	Israel	1	7,1%
9	Itália	1	7,1%
10	Japão	1	7,1%
11	Holanda	1	7,1%
12	Escócia	1	7,1%
13	Tailândia	1	7,1%

Fonte: Web of Knowledge

O percentual anual das publicações feitas por brasileiros sobre “melhoramento de plantas” e “biologia sintética” esta apresentado no Gráfico 2.24.

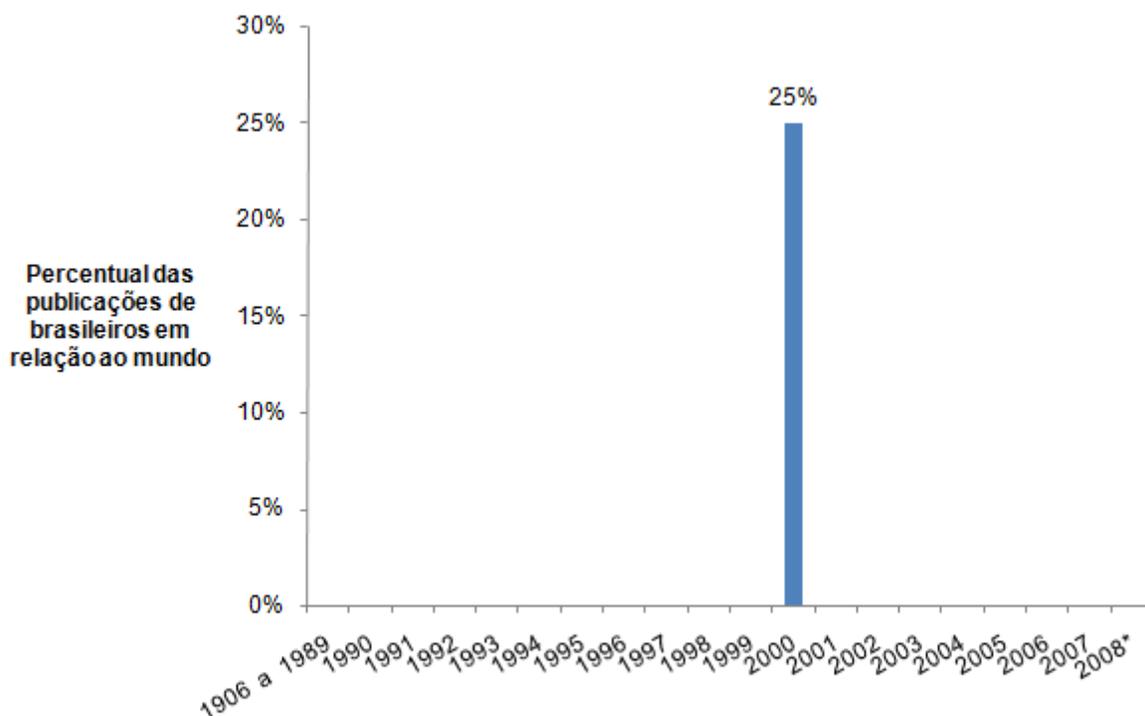


Gráfico 2.24 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Biologia Sintética (n=1)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Entre as técnicas pesquisadas, a clonagem é a segunda com maior número de publicações, ficando atrás apenas de marcadores moleculares. Foram encontrados 1.467 registros, entre os quais o primeiro artigo foi escrito em 1964, o primeiro artigo envolvendo as técnicas e tecnologias pesquisadas nesta busca. Na década de 90, os

anos de 1995 e 1998 atingiram a quantidade superior a oitenta artigos publicados. Cinquenta e seis por cento (56%) das publicações ocorreram a partir do ano 2000 e de 2002 até 2007 o volume foi crescendo gradativamente, alcançando 125 artigos sobre “clonagem” e “melhoramento de plantas” (Gráfico 2.25)

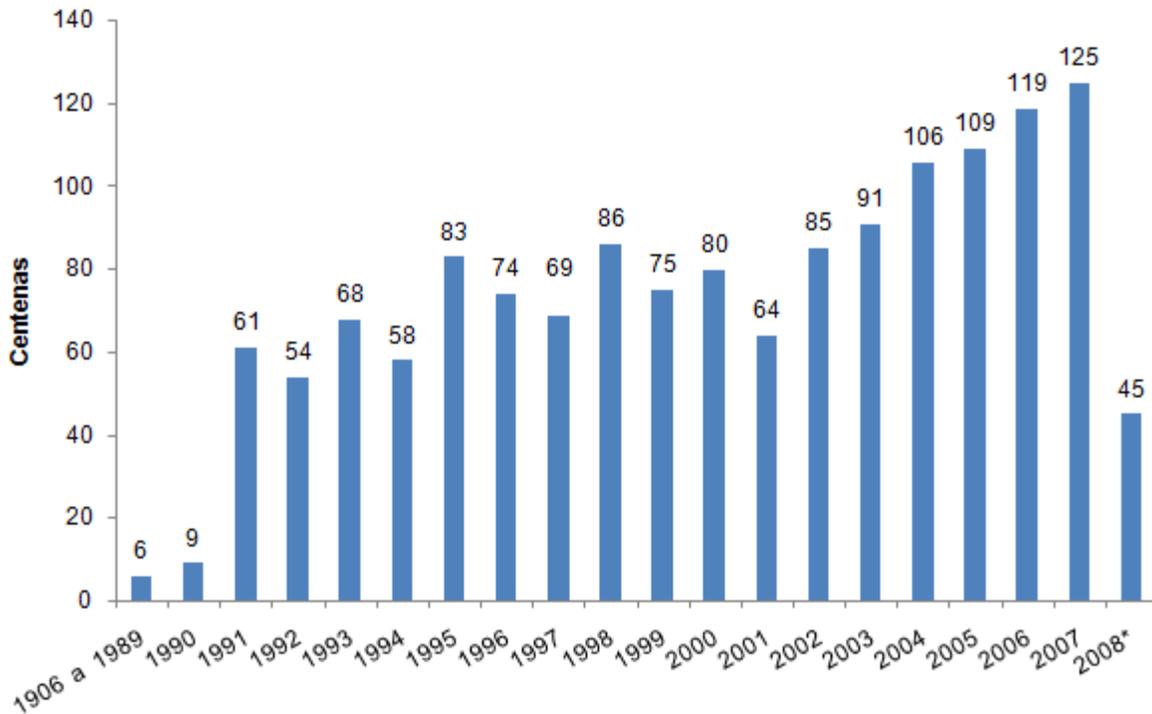


Gráfico 2.25 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Clonagem (n=1.467)

Fonte: Web of Knowledge
*Ate junho de 2008

O Brasil publicou quase seis dezenas de artigos sobre “clonagem” e “melhoramento de plantas” e está em décimo primeiro lugar entre os países que mais publicaram. O primeiro registro encontrado foi em 1991, com o artigo “*Effect of Benzylamino Purine and Naphtahaleneacetic Acid on Shoot Proliferation and Growth-Invitro Of Coffea-Arabica L*”, do agrônomo Moacir Pasqual, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Os Estados Unidos é o país com o maior numero de publicações, seguido por Alemanha, França e China (Tabela 2.13). Na América Latina e Caribe, o Brasil é o líder absoluto, com 42,6% dos artigos da região, seguidos por Argentina (22,1%), Peru (12,5%), Colômbia (10,3%), México (8,8%), Chile (4,4%) e Cuba (3,7%). Os Estados Unidos é o maior parceiro em publicação de artigos sobre clonagem, com 17,2% de participação das publicações nacionais.

Tabela 2.13 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Clonagem (n=1.467)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	436	29,7%
2	Alemanha	100	6,8%
3	França	79	5,4%
4	China	79	5,4%
5	Japão	78	5,3%
6	Austrália	74	5,0%
7	Inglaterra	73	5,0%
8	Canadá	70	4,8%
9	Itália	61	4,2%
10	Índia	59	4,0%
11	Brasil	58	4,0%

Fonte: Web of Knowledge

Mesmos estando atrás de países como Canadá, Itália e Índia, o Brasil apresentou índices bastante elevados de publicações sobre “clonagem” e “melhoramento de plantas” em alguns anos, representando até 10% da produção mundial no ano 2000, conforme é apresentado no Gráfico 2.26.

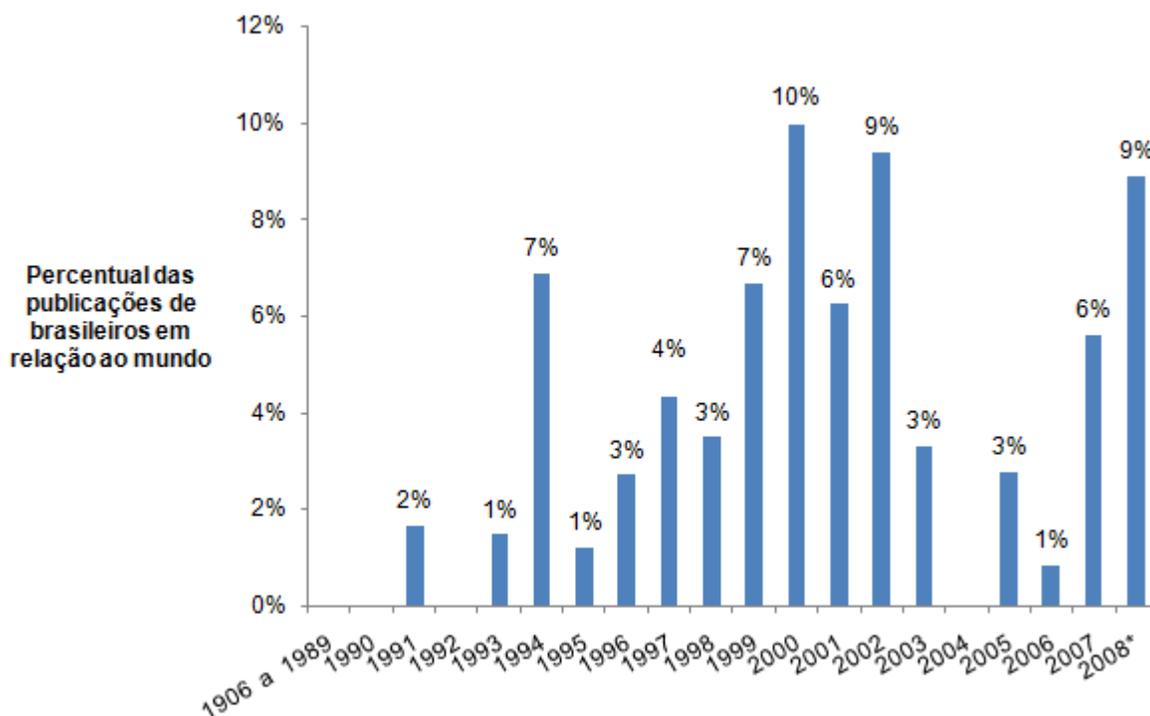


Gráfico 2.26 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Clonagem (n=58)

Fonte: Web of Knowledge

*Ate junho de 2008

Artigos envolvendo os termos “melhoramento de plantas” e “marcadores moleculares” foram os de maior publicação entre todas as técnicas analisadas nesta busca (1.758). Especialistas argumentam⁴³ que essa tecnologia, provavelmente, apresentará o maior impacto na pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares num futuro próximo. De 1991 a 2007, a evolução de artigos sobre esse tema apresentou-se praticamente com crescimento constante, com exceção dos anos de 1997 e 2005 (Gráfico 2.27).

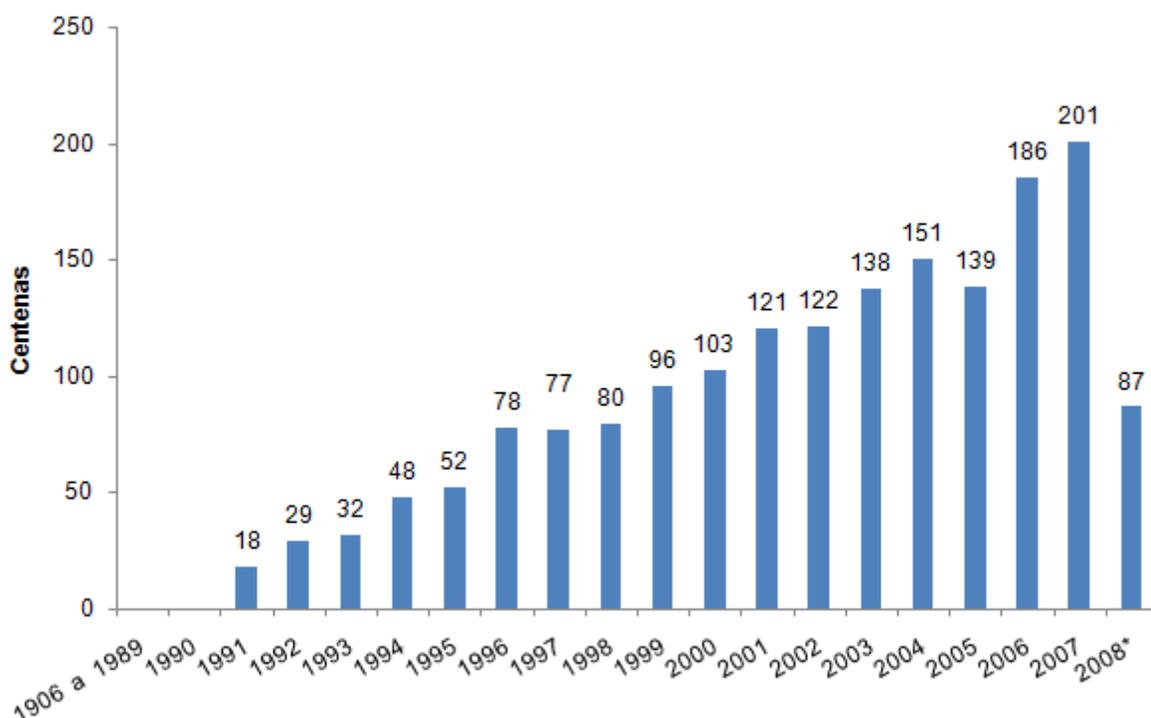


Gráfico 2.27 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Marcadores Moleculares (n=1.758)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Com 601 artigos publicados, os Estados Unidos estão apostando fortemente nessa tecnologia, seguidos pela Alemanha, China e Austrália, que juntos possuem 56% do total de publicações existentes (Tabela 2.14). Na América Latina e Caribe, o Brasil lidera com 32,9% do total de publicações na região, acompanhado por México (28,8%), Argentina (15,9%), Colômbia (10%), Chile 7,6%), Peru (2,9%), Costa Rica (1,8%), Uruguai (1,8%), Bolívia (0,6%), Cuba (0,6%) e Venezuela (0,6%). Entre os maiores

43 Para desenvolver os elementos que compõem essa dissertação, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com especialistas (setores público e privado) para checar e complementar as informações levantadas. A metodologia será apresentada mais adiante nesta dissertação.

parceiros do Brasil estão os Estados Unidos, com 21,4% da produção bibliográfica, Alemanha (5,4%) e Canadá (3,6%).

Tabela 2.14 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Marcadores Moleculares (1.758)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	601	34,2%
2	Alemanha	137	7,8%
3	China	136	7,7%
4	Austrália	114	6,5%
5	França	103	5,9%
6	Japão	99	5,6%
7	Canadá	96	5,5%
8	Índia	95	5,4%
9	Inglaterra	86	4,9%
10	Espanha	74	4,2%
11	Itália	69	3,9%
12	Brasil	56	3,2%

Fonte: Web of Knowledge

Assim como o ocorrido com a técnica de clonagem, os artigos científicos envolvendo “melhoramento de plantas” e “marcadores moleculares” apresentaram índices elevados em alguns anos, com destaque para o ano de 2006 (Gráfico 2.28).

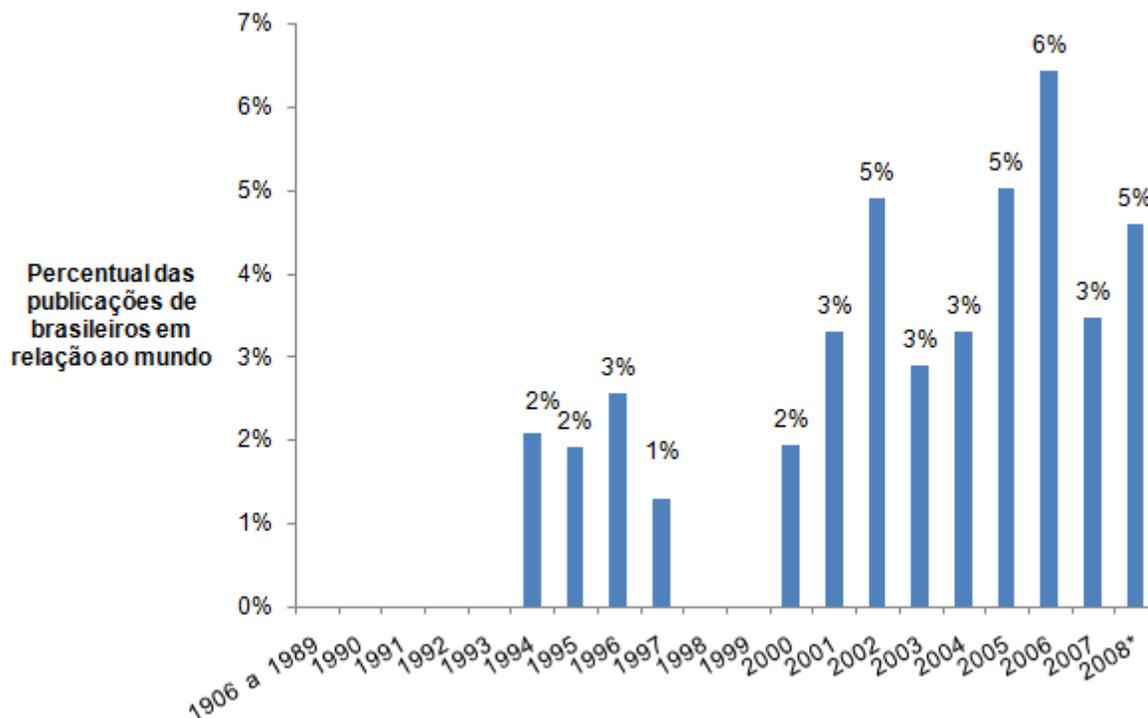


Gráfico 2.28 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Marcadores Moleculares (56)

Fonte: Web of Knowledge

**Até junho de 2008*

A genômica aplicada ao melhoramento de plantas é a terceira tecnologia com maior número de publicações, ficando atrás dos marcadores moleculares e clonagem. Foram encontrados 1.368 registros e sua primeira publicação ocorreu no ano de 1990. Observa-se uma evolução constante nos artigos e forte impulso nos anos de 2006 e 2007 (Gráfico 2.29).

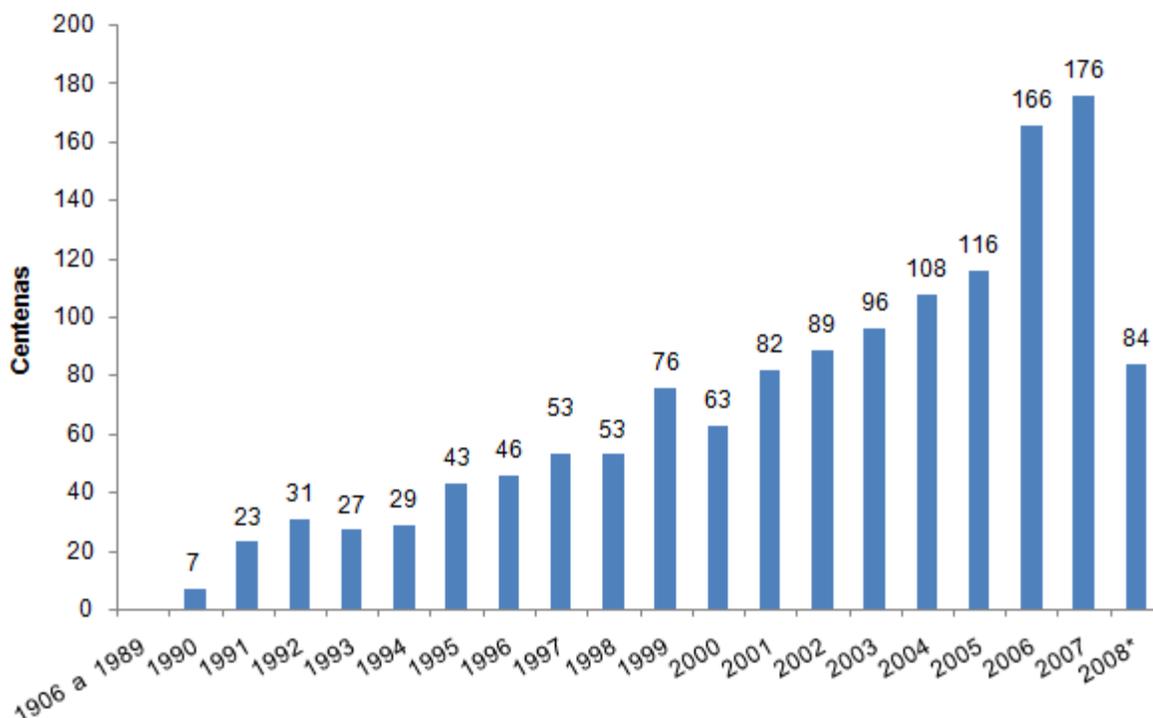


Gráfico 2.29 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Genômica (1.368)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Os países com maior número de publicações sobre “melhoramento de plantas” e “genômica” foram os Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra e China (Tabela 2.15). O Brasil ocupa a décima terceira colocação no nível mundial e primeiro entre os países da América Latina e Caribe com 38,6% das publicações. Os demais países que compõem o bloco latino-americano são: México (36,4%), Colômbia (11,4%), Argentina (9,1%), Chile (4,5%), Peru (3,4%), Bolívia (1,1%), Costa Rica (1,1%), Cuba (1,1%) e Panamá (1,1%). Entre os maiores parceiros do Brasil estão os Estados Unidos e Canadá, com 32,4% e 5,9% da produção bibliográfica nacional, respectivamente.

Tabela 2.15 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Genômica (1.368)

1	Estados Unidos	484	35,4%
2	Alemanha	120	8,8%

3	Inglaterra	114	8,3%
4	China	114	8,3%
5	Austrália	87	6,4%
6	Japão	87	6,4%
7	França	79	5,8%
8	Índia	79	5,8%
9	Canadá	75	5,5%
10	Espanha	60	4,4%
11	Itália	53	3,9%
12	Holanda	47	3,4%
13	Brasil	34	2,5%

Fonte: Web of Knowledge

A representatividade dos artigos feitos por pesquisadores brasileiros em “melhoramento de plantas” e “genômica” é surpreendente nos anos de 1996, 2006 e 2008. A partir de 2000 há uma constante participação do Brasil nos periódicos internacionais sobre o tema (Gráfico 2.30)

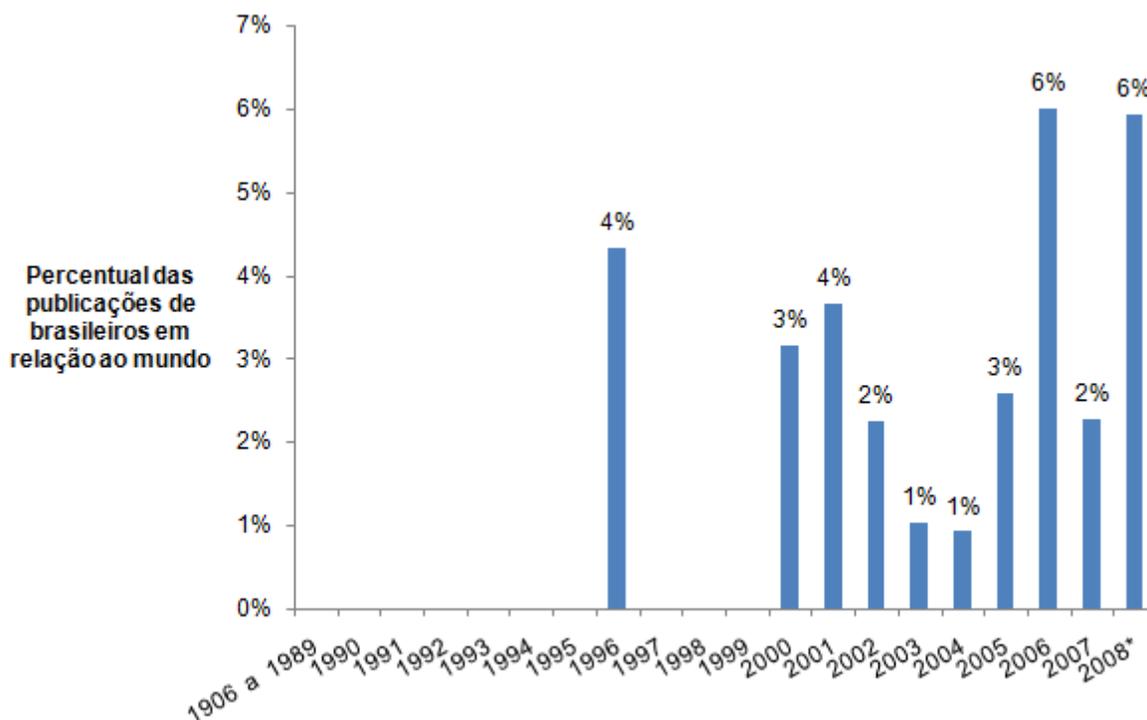


Gráfico 2.30 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Genômica (n=34)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

A tecnologia do DNA recombinante aplicada ao melhoramento vegetal apresentou um total de artigos às três últimas técnicas ou tecnologias apresentadas anteriormente. Com 418 registros, o primeiro artigo foi escrito em 1985, com o artigo “*Biotechnology*

and Plant-Breeding”, do cientista alemão Daniel Hass, da Uniderversidade de *Hohenheim* localizada em *Stuttgart*. Sessenta e cinco por cento das publicações ocorreram de 2000 a 2008 e o grande ápice foi em 2007, quando o mundo produziu 69 artigos sobre “melhoramento de plantas” e “tecnologia do DNA recombinante” (Gráfico 2.31).

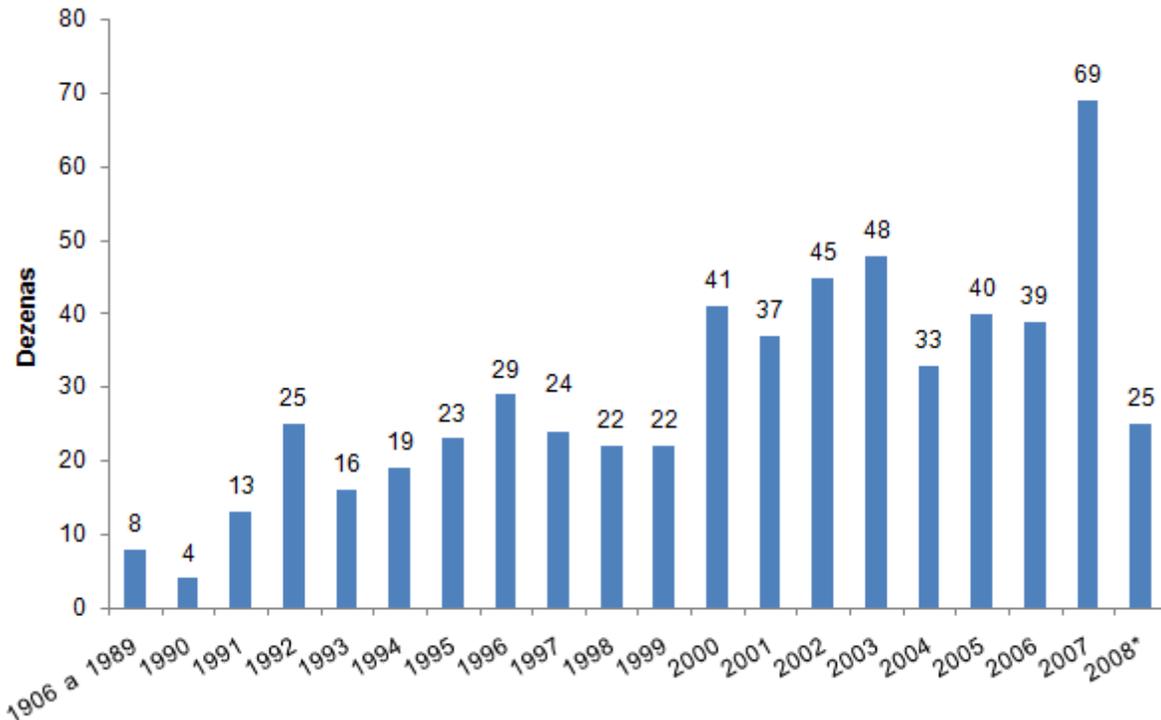


Gráfico 2.31 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Tecnologia do DNA Recombinante (n=418)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Entre os países com o maior número de publicações sobre tecnologia do DNA recombinante estão Estados Unidos, Índia, Alemanha e Inglaterra (Tabela 2.16). O Brasil ocupa a décima quinta colocação no nível mundial e segundo entre os países da América Latina e Caribe com 32,5% das publicações, ficando atrás do México que possui 52,5% dos artigos da região. Os demais países que compõem o bloco latino-americano são: Argentina e Costa Rica, com 5% cada, e Bolívia, Chile e República Dominicana com 2,5% individualmente. O maior parceiro do Brasil é o americano que contribui com 30,8% da produção bibliográfica nacional.

A participação do Brasil no total de publicações envolvendo “melhoramento de plantas” e “tecnologia do DNA recombinante” é, até 1989, representado por 1 artigo (Gráfico 2.32). Deve-se registrar que há muito mais publicações que aparecem com o

termo transgênese, como será visto logo abaixo, e que se devem somar “DNA recombinante”.

Tabela 2.16 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Tecnologia do DNA recombinante (n=418)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	191	32,8%
2	Índia	50	8,6%
3	Alemanha	47	8,1%
4	Inglaterra	43	7,4%
5	Canadá	39	6,7%
6	Austrália	32	5,5%
7	França	30	5,2%
8	China	22	3,8%
9	México	21	3,6%
10	Holanda	18	3,1%
11	Itália	16	2,7%
12	Japão	15	2,6%
13	Israel	14	2,4%
14	Suíça	14	2,4%
15	Brasil	13	2,2%

Fonte: Web of Knowledge

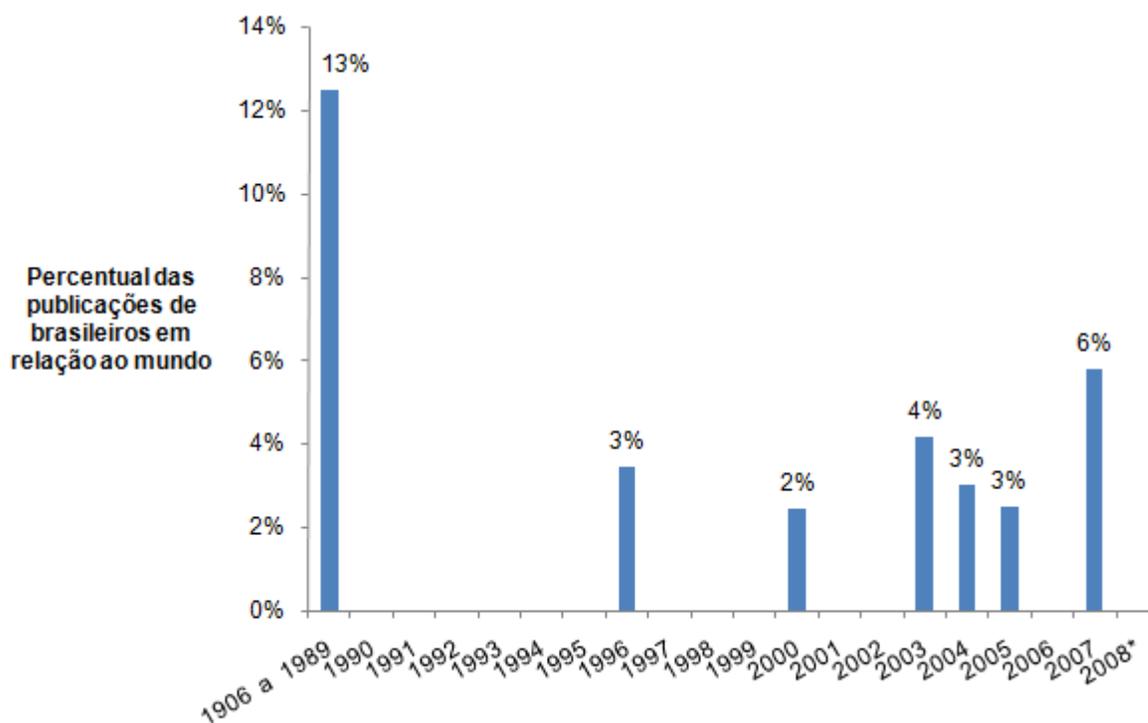


Gráfico 2.32 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Tecnologia do DNA Recombinante (n=13)

Fonte: Web of Knowledge

*Ate junho de 2008

A transgênese, técnica utilizada para o desenvolvimento de transgênicos, apresentou 440 registros nos bancos de publicações internacionais. O primeiro artigo foi publicado no ano de 1990 e teve origem da Universidade de *Oxford*, na Inglaterra, com o título "*Genetic-Engineering of Plants for Insect Resistance*" e descreve o crescente interesse na criação de plantas resistentes a insetos, sobretudo utilizando as mais recentes técnicas de engenharia genética. Conforme está apresentado no Gráfico 2.33, houve um salto significativo nas publicações sobre o tema no ano de 1995, com uma ligeira queda em 1997 e recuperação no ano seguinte. Praticamente 70% dos artigos foram publicados a partir do ano 2000 e os anos de 2002 e 2007 são os mais expressivos.

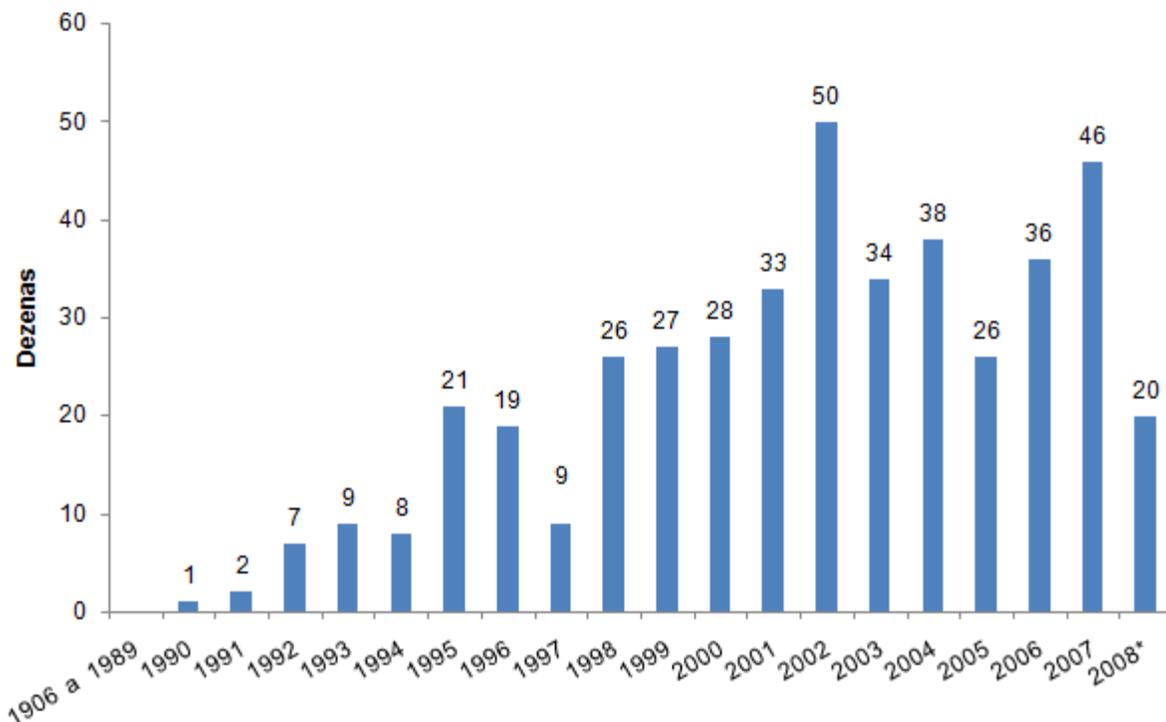


Gráfico 2.33 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Transgênese (n=440)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Entre os países com o maior número de publicações sobre transgenia estão Estados Unidos, China e Inglaterra (Tabela 2.17). O Brasil ocupa a vigésima quarta colocação dos países que mais publicaram sobre o tema. A participação do Brasil no total de artigos publicados sobre “melhoramento de plantas” e transgênicos é muito baixa, principalmente em relação a outros países com potencial agrícola.

É provável que o desgaste jurídico e ideológico ocorrido nos últimos anos sobre o uso da transgenia na agricultura tenha provocado um impacto de desatualização da base técnica nacional, frente ao avanço muito rápido do conhecimento. As *queries* usadas para busca de artigos sobre transgênicos foram estruturadas em termologias que tratassem especialmente da técnica aplicada ao melhoramento vegetal, excluindo-se os experimentos com animais transgênicos em laboratórios ou desenvolvimento de vacinas a partir de bactérias geneticamente modificadas.

Entre os países da América Latina e Caribe, o Brasil possui 23,5% de participação do total de artigos da região, ficando atrás do México, 35,3%. Os demais países que compõem o bloco latino-americano são: Argentina (17,5%) Cuba (11,8%), Colômbia (5,9%) e Costa Rica (5,9%). O maior parceiro do Brasil é o americano com 25%.

Tabela 2.17 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Transgenia (n=440)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	118	20,3%
2	China	44	7,6%
3	Inglaterra	42	7,2%
4	Alemanha	40	6,9%
5	Japão	34	5,8%
6	Canadá	32	5,5%
7	Índia	29	5,0%
8	Holanda	22	3,8%
9	Austrália	19	3,3%
10	França	16	2,7%
11	Itália	14	2,4%
12	Israel	12	2,1%
13	Bélgica	10	1,7%
14	Dinamarca	9	1,5%
15	Filipinas	8	1,4%
16	Espanha	8	1,4%
17	Suiça	7	1,2%
18	México	6	1,0%
19	Escócia	6	1,0%
20	Áustria	5	0,9%
21	Nova Zelândia	5	0,9%
22	Polônia	5	0,9%
23	Suécia	5	0,9%
24	Brasil	4	0,7%
25	República Checa	4	0,7%

Fonte: Web of Knowledge

Mesmo apresentando um volume muito baixo do total de artigos sobre “melhoramento de plantas” e “transgenia” em periódicos internacionais, o Brasil apresentou índices elevados nos anos de 2002, 2003 e 2008. Talvez, com a normatização da atividade de plantio e de comercialização de transgênicos no Brasil, mediante a aprovação da lei de biossegurança, a produção científica sobre essa tecnologia ganhe o impulso necessário (Gráfico 2.34).

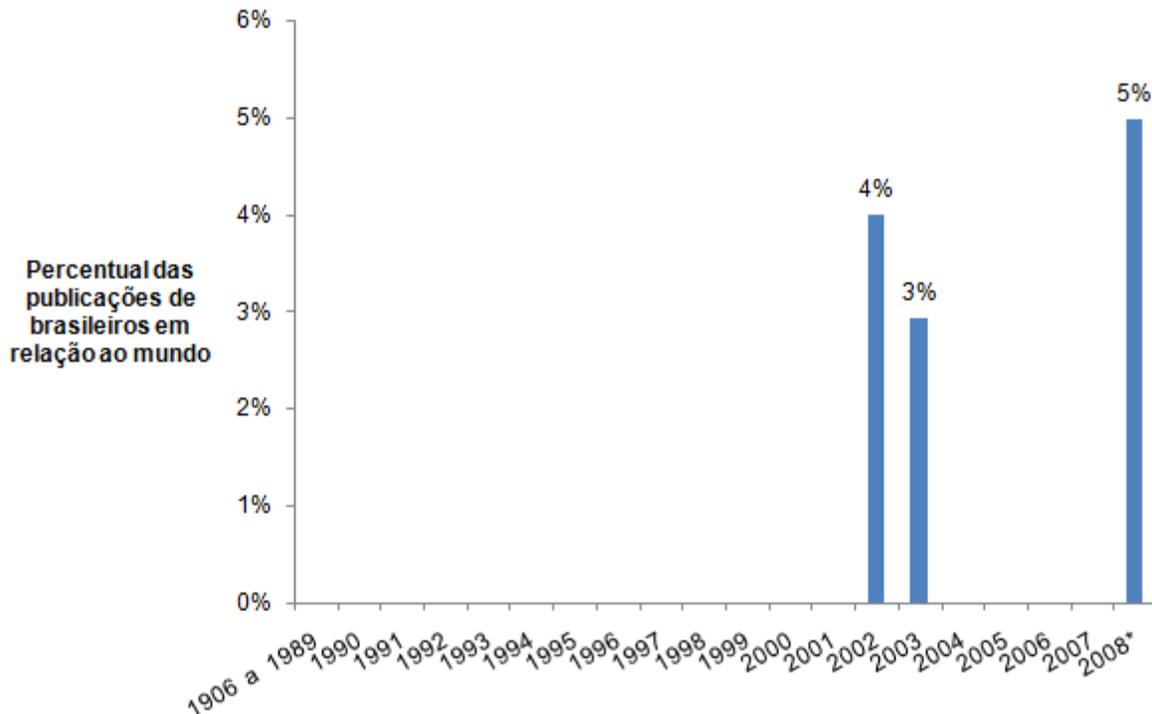


Gráfico 2.34 – Percentual anual das publicações de brasileiros sobre Melhoramento de Plantas e Transgênese (n=4)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

A pesquisa de artigos envolvendo os termos “melhoramento de plantas” e “metaboloma” apresentou um pouco mais que uma dezena de registros (11) e grande parte destes no ano de 2007 (Gráfico 2.35). O primeiro registro encontrado foi do artigo publicado em junho de 2004, cujo título é “*Unintended effects and their detection in genetically modified crops*” da Universidade Técnica de Munique (Alemanha).

Foram encontrados ao todo dezesseis países que publicaram artigos sobre “melhoramento de plantas” e “metaboloma” e a maior parte está na Inglaterra e na Holanda, com três artigos cada. Os Estados Unidos publicaram apenas um artigo e não

foram encontrados registros de artigos feitos por brasileiros ou de outro país latino americano (Tabela 2.18).

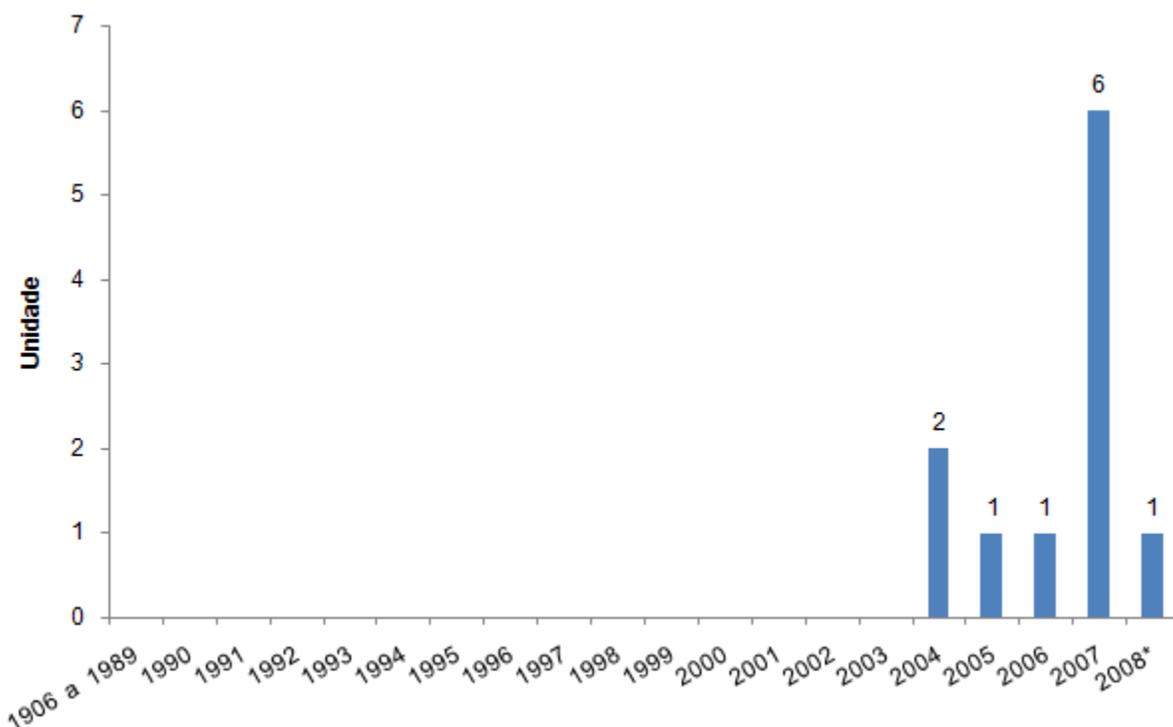


Gráfico 2.35 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Metaboloma (n=11)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Tabela 2.18 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Metabolômica (n=11)

Nº	País	Qtd.	%
1	Inglaterra	3	27,3%
2	Holanda	3	27,3%
3	Alemanha	2	18,2%
4	Escócia	2	18,2%
5	País de Gales	2	18,2%
6	Bulgária	1	9,1%
7	Canadá	1	9,1%
8	Dinamarca	1	9,1%
9	Finlândia	1	9,1%
10	França	1	9,1%
11	Israel	1	9,1%
12	Itália	1	9,1%
13	Noruega	1	9,1%
14	China	1	9,1%
15	Suécia	1	9,1%
16	Estados Unidos	1	9,1%

Fonte: Web of Knowledge

A pesquisa de artigos envolvendo os termos “melhoramento de plantas” e “proteoma” apresentou 27 registros. O primeiro artigo publicado veio da Universidade britânica de *Reading* com o título “*Crop genomics: progress and prospects*” (Gráfico 2.36).

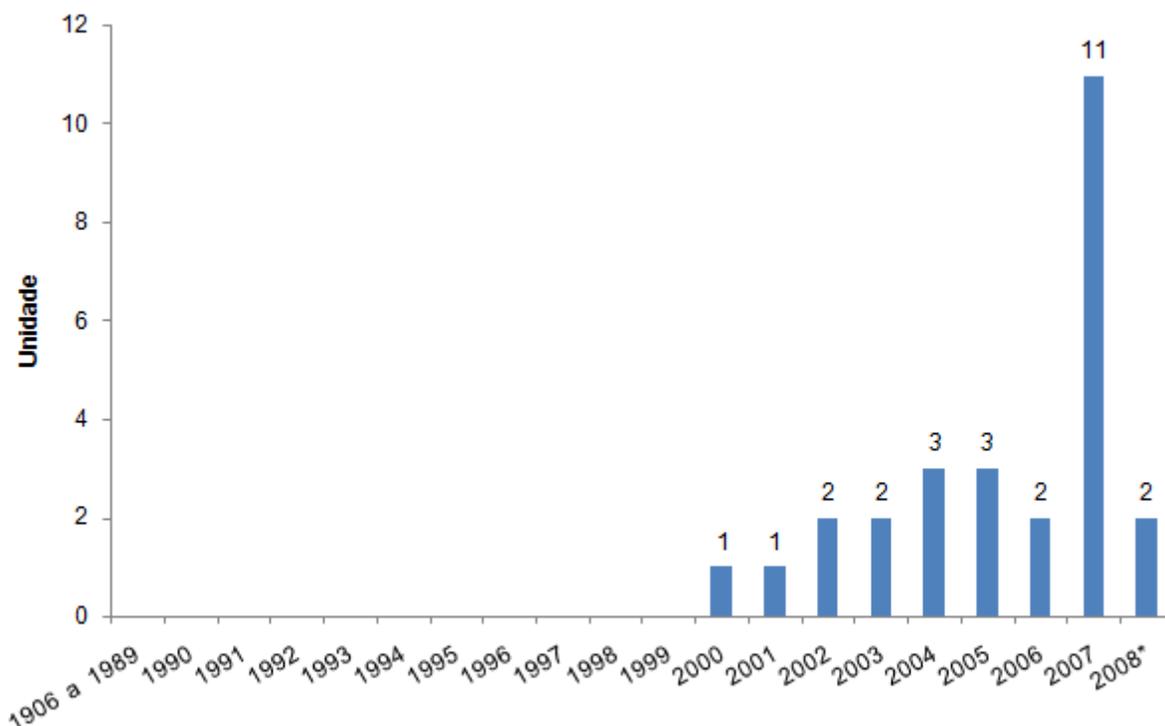


Gráfico 2.36 – Evolução anual das publicações sobre Melhoramento de Plantas e Proteômica (n=27)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Entre os países com o maior número de publicações sobre “melhoramento de plantas” e “metaboloma” estão os Estados Unidos, Inglaterra e China. Ao todo foram encontrados vinte países. Destes, nenhum era latino americano (Tabela 2.19).

Tabela 2.19 – Países com artigos sobre Melhoramento de Plantas e Proteômica (n=27)

Nº	País	Qtd.	%
1	Estados Unidos	5	18,5%
2	Inglaterra	4	14,8%
3	China	4	14,8%
4	Canadá	3	11,1%
5	Dinamarca	3	11,1%
6	França	2	7,4%
7	Alemanha	2	7,4%

8	Iran	2	7,4%
9	Itália	2	7,4%
10	Suécia	2	7,4%
11	Bélgica	1	3,7%
12	Finlândia	1	3,7%
13	Hungria	1	3,7%
14	Índia	1	3,7%
15	Israel	1	3,7%
16	Japão	1	3,7%
17	Holanda	1	3,7%
18	Filipinas	1	3,7%
19	Escócia	1	3,7%
20	Suíça	1	3,7%

Fonte: Web of Knowledge

2.2.7. Levantamento de patentes de técnicas e produtos relacionados a melhoramento de plantas

Para se ter idéia de qual a fronteira do conhecimento científico e tecnológico em melhoramento genético vegetal em uso pela indústria de sementes, foi realizado o levantamento dos depósitos de patentes publicados e indexados na base de dados *Derwent Innovation Index*, o mais abrangente banco de dados sobre informações de patentes internacionais, envolvendo plantas geneticamente modificadas, no período de 1966 a junho de 2008, utilizando análise bibliométrica. Nos documentos de patentes está a informação mais recente em relação ao estado da técnica de diversas áreas do desenvolvimento humano, e por isso, além de ser um documento de proteção legal, um bem econômico, é uma fonte de informação tecnológica bastante útil para o tipo de análise que esse trabalho propõe.

Da análise dos documentos de patentes estudados nesta pesquisa resultou uma visualização do número de apropriações de plantas ou cultivares nos escritórios de patentes internacionais e das técnicas modernas de melhoramento utilizadas para o seu desenvolvimento, identificando e quantificando o número de patentes no período, as empresas que detêm as patentes e os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP⁴⁴) atribuídos a esse tipo de proteção. Além da busca por palavras-chave,

44 A Classificação Internacional de Patentes surgiu a partir da necessidade de criação de uma ferramenta de busca e recuperação de documentos de patente e abrangem todas as áreas do desenvolvimento tecnológico humano. Até 2005 a estrutura hierárquica da CIP engloba 8 seções, 21 subseções, 120 classes, 628 subclasses e 69000 grupos.

o *Derwent Innovation Index* apresenta as classificações de patentes mais relevantes ao termo pesquisado.

As palavras-chave atribuídas para a identificação das patentes foram as mesmas utilizadas na consulta dos artigos científicos e seguiram os mesmos critérios de seleção: técnicas modernas da fronteira do conhecimento científico e tecnológico e vertentes de inovações proveniente da biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas. Para tanto, foram definidas os seguintes termos de busca: “melhoramento de plantas”, “tecnologia do DNA recombinante”, “transgênese”, “clonagem”, “marcadores moleculares”, “genômica”, “bioinformática” e “biologia sintética”. Na busca de patentes não foram encontrados registros sobre proteoma e metaboloma aplicadas ao melhoramento, de acordo com as *queries* utilizadas. Os termos de busca e as *queries* usadas nesta pesquisa estão apresentadas na Tabela 2.20.

Tabela 2.20 – Termos de Busca e *Queries* usadas na consulta de patentes

Termos de Busca	Query
Melhoramento de Plantas	TS=(crop* or vegetable* or plant or seed*) AND TS=(breed*)
Tecnologia do DNA Recombinante	TS=(biotech*) OR TS=(recombinant DNA technology or DNA technology or recombinant DNA)
Transgênese	TS=(transgenic* or OGM or genetically modified organism or genetically engineered organism or transgenese) NOT TS=(transgenic mice or transgenic model or transgenic rat)
Clonagem ou Clonagem <i>in vitro</i>	TS=(clone* or cloning* or in vitro)
Marcadores Moleculares	TS=(molecular marker* or RFLP or Restriction Fragment Length Polymorphism or RAPD or Random Amplified Polymorphic DNA or AFLP or Amplified Fragment Length Polymorphism or SCAR or Sequence Characterized Amplified Regions)
Genômica	TS=(genome or genomic*)
Bioinformática	TS=(bioinformatic*)
Biologia Sintética	TS=(synthetic biology or synbio or synthetic biology or synthetic organism or syn organism or synthia or syntetic biologist*) or TS=(post genomic*)

Em uma primeira busca, utilizando somente o termo “melhoramento de plantas”, foi encontrado o total de 4.759 (quatro mil, setecentos e cinqüenta e nove) registros de patentes entre 1966 a junho de 2008. De acordo com a CIP, as Seções A01H (*new plants or processes for obtaining them; plant reproduction by tissue culture techniques*) e C12N (*micro-organisms or enzymes; compositions thereof; propagating, preserving, or maintaining micro-organisms; mutation or genetic engineering; culture media*) são as mais representativas no universo de patentes envolvendo a atividade de apropriação de

plantas ou cultivares (Tabela 2.21). É compreensivo que o total de registros apresentados na tabela seguinte seja superior ao total de registros encontrados na busca, uma vez que uma patente pode estar classificada em mais de uma Seção.

Tabela 2.21 – Patentes de Plantas e Seções da CIP

Seções da CIP	Quantidade	% de 4.318
A01H*	2.385	55%
C12N*	1.937	45%
“A01H*” AND “C12N*”	1.604	37%
“A01H*” OR “C12N*”	2.718	63%
Outras Classes	1.600	37%

Fonte: Web of Knowledge

A evolução temporal dos depósitos na Seção C12H, utilizando o termo “melhoramento de plantas”, evoluiu gradativamente conforme é apresentado no Gráfico 2.37.

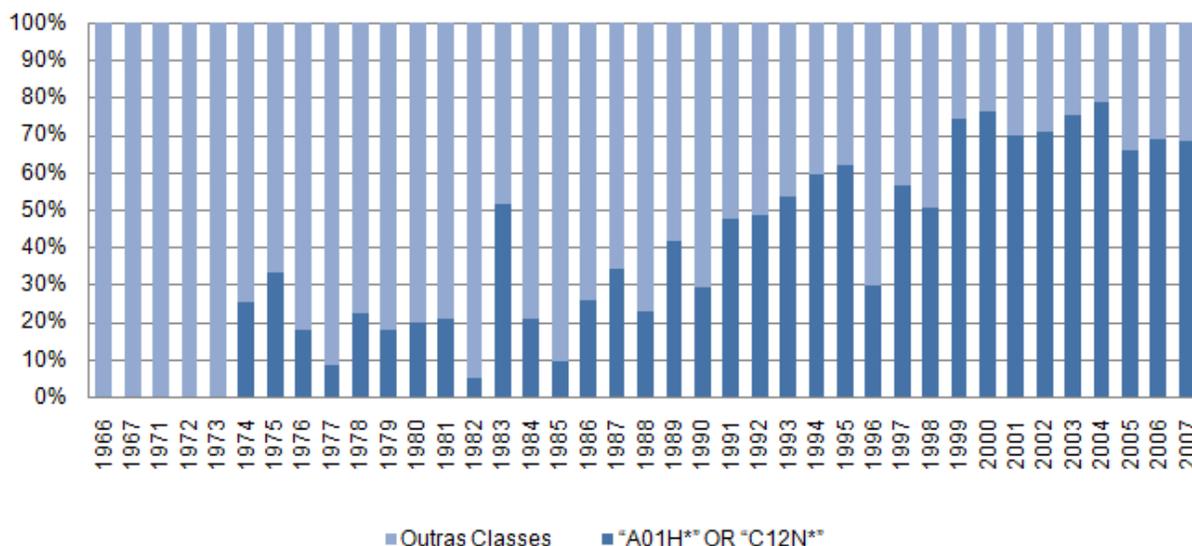


Gráfico 2.37 – Evolução temporal dos registros A01H e C12N

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

Esse movimento pode ser explicado pelo contínuo e crescente uso de técnicas modernas ou biotecnológicas no melhoramento genético vegetal pelas indústrias de sementes a partir de 1974. No entanto, o primeiro registro⁴⁵ encontrado na busca, contendo os termos indicados na Tabela 2.20, foi depositado somente em 1980, onde

⁴⁵ Patente Número SU912754-B. Depositada em 17 Jun 1980.

foram utilizadas as técnicas de clonagem e tecnologia do DNA recombinante numa mesma patente.

A Tabela 2.22 apresenta o número de patentes utilizando-se o termo “melhoramento de plantas” por Subclasses e Grupos.

Tabela 2.22 – Patentes de Plantas e Subclasses e Grupos da CIP

Subclasses e Grupos da CIP	Quantidade	% sobre o total de patentes
A01H-005/00	1.544	32%
A01H-001/00	1.009	21%
C12N-005/04	960	20%
C12N-015/82	803	17%
A01H-005/10	719	15%
A01H-001/02	705	15%
A01H-004/00	569	12%
C12N-015/29	398	8%
C12Q-001/68	386	8%
C12N-015/09	359	8%

Fonte: Web of Knowledge

Os dados apresentam uma tendência de crescimento das apropriações envolvendo cultivares, principalmente após a segunda metade da década de 90, quando, empresas do setor de sementes avançaram fortemente na direção de proteger suas inovações tecnológicas relacionadas ao melhoramento vegetal, conforme apresenta o Gráfico 2.38. Praticamente 82% dos depósitos ocorreram após o ano 1996 e desde então se mantiveram os altos índices de concessões.

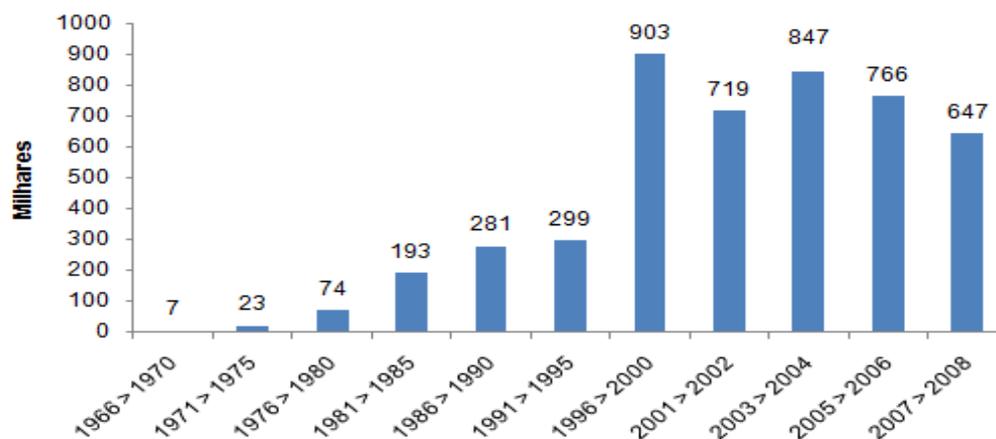


Gráfico 2.38 – Registros de patentes concedidos: Melhoramento Genético de Plantas – 1966 a 2008 (n=4.759)

Fonte: Web of Knowledge

*Ate junho de 2008

Entre as dez (10) instituições que mais solicitaram concessões de patentes, junto aos escritórios internacionais de propriedade intelectual, estão, não por coincidência, quatro das dez maiores companhias de sementes do mundo (Monsanto + Delta & Pine Land (US) pro forma, DuPont e Syngenta), de acordo com o *ETC Group*. Essas três companhias movimentaram no ano de 2006 aproximadamente US\$ 9 bilhões com venda de sementes. A lista das empresas com o maior número de apropriações e sua participação percentual em relação ao total de patentes concedidas entre 1966 a junho de 2008 está apresentada na Tabela 2.23.

Tabela 2.23 – Dez maiores Titulares segundo o termo Melhoramento de Plantas (n=4.759)

Nº	Nome do Titular da Patente	Qtd.	%
1	PIONEER HI-BRED INT INC	399	8,38%
2	DU PONT DE NEMOURS & CO E I	103	2,16%
3	STINE SEED FARM INC	89	1,87%
4	MONSANTO TECHNOLOGY LLC	81	1,70%
5	BASF AG	73	1,53%
6	TOSHIBA KK	71	1,49%
7	SYNGENTA PARTICIPATIONS AG	64	1,34%
8	DEKALB GENETICS CORP	59	1,24%
9	BASF PLANT SCI GMBH	54	1,13%
10	HITACHI LTD	54	1,13%

Fonte: *Web of Knowledge*

Do total de concessões encontradas no banco de dados *Derwent Innovation Index*, existem mais de quatro mil titulares ou empresas que depositaram patentes e informaram que estas tratam de melhoramento de plantas. Muitas dessas concessões são feitas em parceria entre duas ou mais instituições. Os dez maiores titulares (Tabela 2.23) são responsáveis por 22% do total de concessões de patentes envolvendo melhoramento de plantas e a *PIONEER HI-BRED INT INC* lidera essa lista.

Em relação às áreas temáticas ou de aplicação dessas inovações, a agricultura, como era de se esperar, é a que possui maior percentual em relação a outras áreas (Tabela 2.24). De acordo com o levantamento, existem ao todo 23 áreas temáticas. Um fato interessante a ser mencionado aqui é que na medida em que foram feitos rearranjos e combinações entre os outros termos de busca ou técnicas de melhoramento (Tabela 2.20), a agricultura deixou de ser a área de aplicação prioritária da inovação em questão, sendo ultrapassada pela química e biotecnologia e microbiologia aplicada, que se alternavam entre primeiro e segundo lugar de acordo

com a técnica utilizada. No caso da busca com os termos bioinformática e biologia sintética, combinado com transgenia, a agricultura permaneceu em primeiro, mas nas demais técnicas ocupa o terceiro lugar.

Tabela 2.24 – Áreas temáticas mais relevantes segundo o termo Melhoramento de Plantas

Nº	Áreas Temáticas	4.759	100,00%
1	Agricultura	3.941	82,81%
2	Química	3.715	78,06%
3	Instrumentação	3.671	77,14%
4	Biotecnologia e microbiologia aplicada	2.640	55,47%
5	Engenharia	642	13,49%
6	Farmacologia e Farmácia	468	9,83%
7	Ciência e Tecnologia de Alimentos	392	8,24%
8	Ciência e Tecnologia Nuclear	254	5,34%
9	Polímeros	193	4,06%
10	Recursos Hídricos	135	2,84%

Fonte: *Web of Knowledge*

A partir dessa análise inicial, foram feitas combinações entre os termos de busca apresentados na Tabela 2.20, para identificar quais técnicas ou biotecnologias estão em uso pela indústria de sementes. Após essas associações, o número de registros encontrados para cada termo apresenta-se inferior à quantidade informada anteriormente (4.759). Isso ocorre porque as técnicas aqui pesquisadas não englobam todas as ferramentas disponibilizadas pela biotecnologia vegetal. Conforme foi colocado anteriormente, buscou-se, como critério de pesquisa, selecionar apenas aqueles termos relacionados às técnicas que estão fronteira do conhecimento científico e tecnológico e que são consideradas novas vertentes de inovações tecnológicas para o melhoramento de plantas.

As biotecnologias utilizadas pela indústria de sementes vão desde transgenia, marcadores moleculares e genômica até tecnologia do DNA recombinante (que pode ser analisada conjuntamente à transgenia), clonagem, biologia sintética e bioinformática. Umas em maior intensidade do que outras. A transgênese, por exemplo, é a tecnologia que apresentou um maior grau de utilização pela indústria de sementes, seguida pelos marcadores moleculares, genômica, clonagem e tecnologia do DNA recombinante. Já biologia sintética e bioinformática, por serem temas inclusive com baixo índice de publicações quando relacionados ao melhoramento de plantas, apresentaram índices de utilização inferiores a 1%, conforme é apresentado no Gráfico

2.39. Isto ocorre, muito provavelmente, porque biologia sintética é técnica nascente e bioinformática é desenvolvida associada com genética, ecologia e outras disciplinas, mais do que com melhoramento.

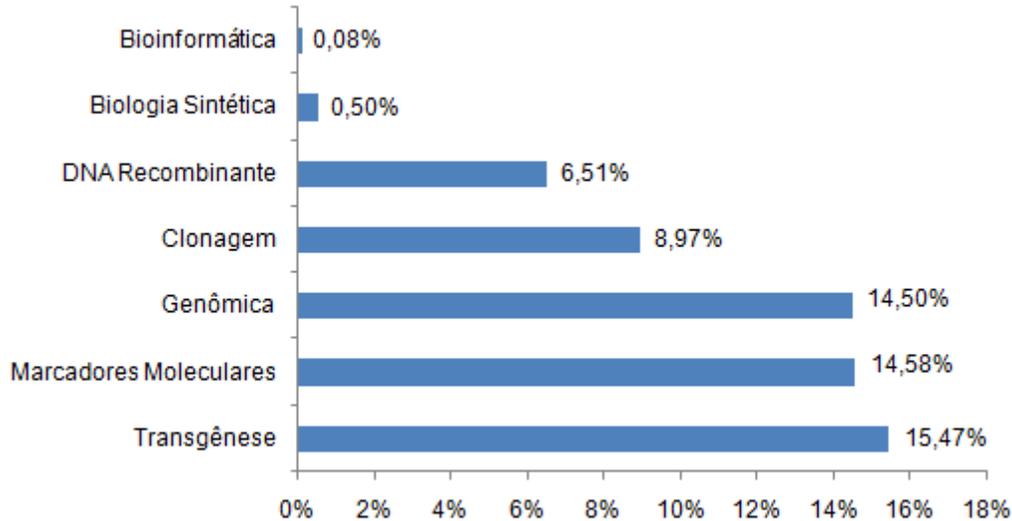


Gráfico 2.39 – Percentual das Técnicas e Biotecnologias em uso pela Indústria de Sementes (n=4.759)

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

O baixo número de apropriações envolvendo bioinformática não quer dizer que esta tecnologia possui baixo potencial frente ao desenvolvimento futuro de novas cultivares. Especialistas indicam que a bioinformática é uma das ferramentas com o potencial de maior impacto no campo do melhoramento vegetal para os próximos anos, visto que esta reduz drasticamente o tempo de obtenção, pois possibilita informação antecipada dos eventos que poderão ocorrer com a planta mediante manipulação genética, principalmente quando aliada a outras técnicas. Como vimos acima, esse baixo número deve-se ao fato de as ferramentas de bioinformática aparecerem associadas a várias disciplinas e também pelo fato de que muitos programas são registrados como softwares e não como patentes.

A biologia sintética aplicada ao melhoramento de plantas apresentou-se com um grau de apropriação superior à bioinformática, com 24 registros encontrados. Esse dado surpreende, pois, mesmo utilizando *queries* idênticas às usadas na pesquisa por artigos científicos sobre o tema, o número de registros de apropriações é quase o dobro encontrado na base de dados de publicações internacionais (14). Percebe-se o

interesse claro das empresas em proteger inovações desenvolvidas com essa tecnologia. Foram identificados 42 titulares relacionados com o desenvolvimento de produtos envolvendo os termos “melhoramento de plantas” e “biologia sintética”, e, em raros casos, as instituições compartilham a titularidade da patente.

Entre as dez maiores titulares de inovações envolvendo biologia sintética estão a *Athenix Corporation*, *Syngenta*⁴⁶ e a *Basf*⁴⁷, com o depósito de duas patentes em 2007. A *Syngenta* depositou sua primeira patente em 2002 e as demais no ano de 2003 e a *Athenix* com registros em 2004, 2005 e duas em 2008. A *Athenix*, criada em 2001, já é considerada como empresa líder em biotecnologia agrícola e industrial e possui parceria em P&D com diversas instituições de pesquisa e outras empresas, entre elas a própria *Syngenta* com o desenvolvimento de projetos em biotecnologia avançada em milho e soja para resistência a insetos.

Utilizando os termos “tecnologia do DNA recombinante” e “melhoramento de plantas”, foram encontrados 310 registros de patentes concedidas, 80% destes a partir de 2001. A primeira concessão foi dada em 1983 ao Instituto de Química Bioorgânica da Rússia, pelo desenvolvimento de um novo processo de clonagem de microorganismos a partir da tecnologia do DNA recombinante (SU912754-B). Em relação ao desenvolvimento de uma nova planta propriamente dita, o primeiro depósito foi do algodão transgênico eito pela *Bayer* em 1997 (WO2003013224-A), quando até então as patentes concedidas com essa tecnologia estavam mais direcionadas ao desenvolvimento de um novo processo biotecnológico. A *Du Pont* é a instituição com o maior número de concessões envolvendo a tecnologia do DNA recombinante, com quase 13% das patentes (38). A *Pioneer* (26), *Basf* (24) e *Syngenta* (14) também apresentam registros nessa categoria e estão entre as dez maiores titulares.

Os registros de patentes encontradas com as expressões “melhoramento de plantas” e “clonagem” chegam a quatrocentos e vinte e sete (427). A *Du Pont* novamente é a instituição com o maior número de proteções de plantas melhoradas

⁴⁶ A *Syngenta* é uma das principais companhias mundiais na área do agronegócio e líder em Proteção de Cultivares, ocupando atualmente a terceira posição no ranking do mercado de sementes de alto valor.

⁴⁷ A *Basf* é a empresa química líder mundial e atua em diversas linhas de mercado, inclusive agricultura.

com a técnica de clonagem (61), seguida pela Pioneer (38) e Basf (19). A Syngenta ocupa a sétima posição entre os titulares com treze patentes.

Seiscentos e noventa (690) foram a quantidade de registros encontrados com os termos de busca “melhoramento de plantas” e “genômica”. Noventa e cinco por cento destes foram depositados a partir de 1996. Nos últimos dois anos (2007 e 2008), a genômica é a tecnologia com o maior número de solicitação de patentes entre todas as demais pesquisadas nesta busca. As empresas Pioneer e Monsanto são as instituições com o maior número de patentes em genômica e juntas com a Du Pont, Basf e Syngenta possuem 43,6% das concessões. Foram encontrados na busca o total de 845 concessionárias registradas com essa tecnologia aplicada ao melhoramento de plantas, correspondendo a 20% das instituições que solicitaram concessões de patentes envolvendo cultivares junto aos escritórios internacionais de propriedade intelectual.

A busca por marcadores moleculares totalizou seiscentos e noventa e quatro registros, o segundo maior índice de utilização entre as técnicas e tecnologias pesquisadas, ficando atrás somente do uso da transgenia pela indústria de sementes. O primeiro registro depositado com essa tecnologia ocorreu em fevereiro de 1988, com o desenvolvimento de um processo biotecnológico de restrição de fragmentos do DNA de milho (WO8907647-A1), depositado pela Pioneer. Praticamente 80% das concessões ocorreram a partir do ano 2001. Segundo os especialistas entrevistados para este trabalho de dissertação, o uso dos marcadores moleculares é a tecnologia que provocará o maior impacto no campo do melhoramento entre todas as outras citadas para os próximos cinco anos. Nos últimos dois anos (2007 e 2008), as patentes com marcadores moleculares alcançaram a segunda colocação em termos de registros, ficando atrás apenas das patentes contendo o termo de busca “genômica”. A Pioneer possui 37% das concessões envolvendo marcadores moleculares, com 257 patentes.

A transgenia, conforme foi apresentado no Gráfico 2.39, foi a tecnologia que apresentou o maior grau de utilização pela indústria de sementes entre as pesquisadas. O número de registros encontrados que citam o uso da técnica de transgenia para o melhoramento de plantas chega a 736. A primeira patente envolvendo a técnica de transgenia aplicada ao melhoramento vegetal ocorreu em junho de 1981 (Patent Number(s): WO8204443-A1; WO8204443-A; EP81570-A; US4873191-A; US6872868-

B1). Até o ano 2000 foram concedidos 170 pedidos de patentes de transgênicos. Foi a partir de 2001 que as proteções de transgênicos tiveram um salto significativo. Praticamente 76% destes foram depositados a partir do ano de 2001. A Pioneer (104), Du Pont (56) e Basf (50) são as empresas com o maior número de concessões. A Monsanto e Syngenta possuem 25 e 24 patentes, respectivamente.

No caso das técnicas pesquisadas neste levantamento de patentes, observa-se uma tendência de utilização dessas tecnologias a partir de 1996 por parte da indústria de sementes para o desenvolvimento de novas cultivares e, principalmente, evidencia-se a estratégia de proteção de seus processos e produtos para fins de vantagem competitiva em relação aos concorrentes (Gráfico 2.40).

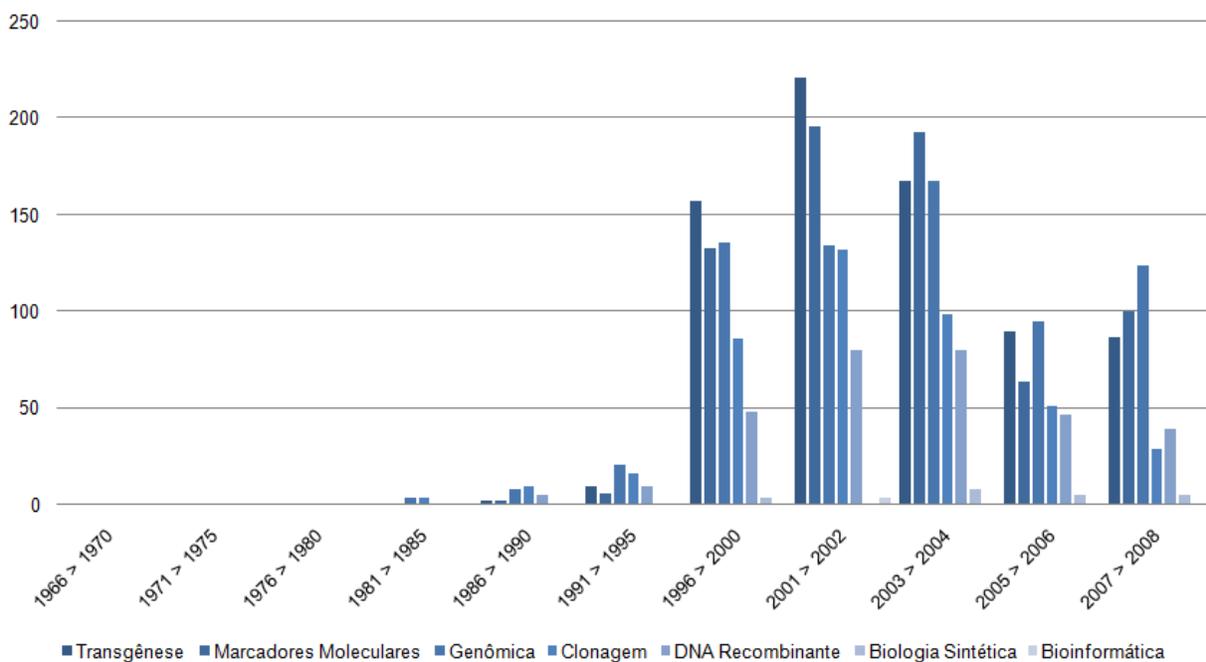


Gráfico 2.40 – Evolução temporal das Técnicas e Biotecnologias em uso pela Indústria de Sementes

Fonte: Web of Knowledge

*Até junho de 2008

2.3. Políticas recentes para biotecnologia agrícola no Brasil e situação do quadro regulatório

O tema da biotecnologia associada à biologia molecular e à engenharia genética apareceu na agenda de debates públicos do Brasil nos anos 70, a partir de discussões entre governo e academia, representada pela criação do PIEG – Programa Integrado de Engenharia Genética (1978) e do PIDE – Programa Integrado de Doenças Endêmicas

(1973-1985). Estes programas foram responsáveis pelo desenvolvimento das áreas básicas de Imunologia, Bioquímica, Biologia Molecular, Genética e Biologia Celular (Caldas, 2000).

O primeiro programa a estimular a aplicação industrial baseada na engenharia genética foi o PRONAB – Programa Nacional de Biotecnologia (1981). O PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico), em 1984, e o RHAIE (Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas) também merecem destaque nessa trajetória por permitir a formação e capacitação de pessoal e implementação de uma infra-estrutura laboratorial em biotecnologia no país⁴⁸, a exemplo do Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos, hoje Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN⁴⁹), criado em 1986, e dos Centros de Biotecnologia em algumas instituições de ensino e pesquisa, tais como na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; na Universidade Federal de Viçosa – UFV e na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, da Universidade de São Paulo – USP, fortalecida com a criação do subprograma de Biotecnologia – SBIO, no âmbito do PADCT, e dos programas estaduais de biotecnologia coordenados por lideranças acadêmicas e empresariais, a exemplo dos programas BioMinas; BioRio; do Estado do Paraná e do Rio Grande do Sul, sendo este último fortemente apoiado pelo Banco de Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul – BADESUL (Caldas, 2000).

Os anos 90 trouxeram a evolução das ações iniciadas na década anterior. A criação de projetos cooperativos e as iniciativas da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) na área do genoma através da atividade de C&T em rede resultaram no seqüenciamento do genoma da *Xilella Fastidiosa*, bactéria responsável pela doença clorose variegada dos citros (CVC), também conhecida como “amarelinho”⁵⁰.

48 **Fonte:** Web site do MCT (www.mct.gov.br) – acessado em 30 de março de 2008.

49 Atualmente o CENARGEN é responsável por importantes coleções de recursos genéticos, insumo básico para a P&D em cultivares.

50 **Fonte:** Web site da FUNDECITRUIS (<http://www.fundecitrus.com.br/doencas/cvc.html>) – acessado em 30 de março de 2008.

Essas e outras ações proporcionaram ao país a realização de projetos bem sucedidos como o desenvolvimento institucional e o financiamento de inúmeros projetos como a descoberta do Platinil, primeiro medicamento para uso oncológico totalmente fabricado no Brasil; do Biohulin, insulina desenvolvida utilizando técnicas de engenharia genética; do Biofill, pele artificial que revolucionou o tratamento de queimados; entre outros.⁵¹

A partir de 1999 foram criados os Fundos Setoriais de C&T, com a finalidade de garantir a ampliação e a estabilidade do financiamento para a área de Ciência e Tecnologia apoiando o desenvolvimento de projetos de parcerias entre Universidades, Centros de Pesquisa e Empresas. O Fundo Setorial de Biotecnologia (CT-BIO) foi implementado em dezembro de 2001 para financiar projetos específicos de interesse da área da biotecnologia e recursos genéticos.

Em 2000, o Ministério da Ciência e Tecnologia lançou o Projeto Genoma Brasileiro que conta com a participação de 25 laboratórios de biologia molecular, distribuídos nas diversas regiões do país, e dos Laboratórios de Bioinformática (LABINFO) do Laboratório Nacional de Computação Científica do Ministério da Ciência e Tecnologia (LNCC/MCT) para a análise das seqüências de nucleotídeos e de proteínas. Busca-se com esse consórcio a “ampliação da competência, em âmbito nacional, nas atividades de pesquisa e manipulação de genoma, com o apoio financeiro para infra-estrutura laboratorial, formação de recursos humanos especializados e desenvolvimento de trabalhos multi-institucionais”⁵²

O Programa Nacional de Biotecnologia e Recursos Genéticos, criado em 2002 e com duração de 10 anos (2002-2012), tem o objetivo geral de elevar o nível de competitividade científica e tecnológica do País a patamares equiparáveis ao dos países desenvolvidos, acelerando os mecanismos de transferência de tecnologia entre o setor produtivo e instituições de pesquisa e desenvolvimento, com vistas à inovação e à melhoria de produtos, processos e serviços biotecnológicos de interesse social e econômico. (MCT, 2002)

51 **Fonte:** *Web site* da FINEP (<http://www.finep.gov.br>) – acessado em 30 de março de 2008.

52 **Fonte:** *Web site* do MCT (www.mct.gov.br) – acessado em 30 de março de 2008.

No entanto, os resultados em relação ao desenvolvimento de processos e produtos de interesse econômico e/ou social, que constituí a finalidade maior da biotecnologia, foram extremamente tímidos em relação aos investimentos feitos, comparando os esforços nacionais com outros países, podendo atribuir várias causas como: a pulverização de recursos financeiros e a descontinuidade na liberação destes, ocorrida em certas fases desses programas; baixa interação entre universidades e empresas, o que dificultou com que produtos e processos eventualmente desenvolvidos em universidades e outras instituições de pesquisa pudessem chegar ao setor produtivo. A pesquisa em biotecnologia no Brasil é realizada predominantemente nas universidades e centros públicos de pesquisa.

Uma barreira ao desenvolvimento da biotecnologia no país diz respeito à polêmica em torno dos transgênicos. Com a aprovação comercial da soja “*Roundup Ready*” da multinacional Monsanto em 1998 e a posterior decisão judicial de suspensão temporária desta liberação, por uma ação impetrada pelo IDEC e o GREENPEACE, alegando que a decisão para liberar os organismos transgênicos são inconstitucionais em função da ausência de estudos de impactos ambientais, iniciou-se no país um debate jurídico. De acordo com a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, os transgênicos só podem ser liberados se houver um Estudo de Impacto Ambiental comprovando a inexistência de riscos para o meio ambiente. Esse é o argumento central no debate jurídico acerca da soja transgênica.

Enquanto países como Estados Unidos e Argentina intensificavam suas pesquisas em organismos transgênicos, o Brasil enfrentava forte pressão de organizações do terceiro setor para proibir o plantio e a comercialização desses produtos, o que conseqüentemente possibilitou o avanço dessa tecnologia em outros países em ritmo mais acelerado que no Brasil. A falta de dados científicos sobre os impactos e riscos dos transgênicos no meio ambiente e na saúde humana e o direcionamento do debate a um viés ideológico acirrou a discussão em todos os setores da sociedade durante longos anos até a aprovação da nova lei de biossegurança no ano de 2005 (Lei nº 11.105/05, regulamentada pelo Decreto nº 5.591/05).

Outro ponto de profunda discussão está relacionado com as questões de acesso e uso dos recursos genéticos, ao conhecimento tradicional associado e à repartição dos

benefícios. O Brasil foi um dos primeiros países signatários da CDB (Convenção sobre a Diversidade Biológica). Os instrumentos jurídicos que regulamentam o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e a transferência de tecnologia estão previstos na Medida Provisória nº. 2.186-16 de 2001 e no Decreto nº. 3.945 de 2001, modificado Decreto 4.946/03, regulamentando as atividades de acesso ao patrimônio genético e a criação do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético – CGEN.

O CGEN é vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) e lhe compete regulamentar, autorizar, negar, propor sanções e fiscalizar toda e qualquer atividade de acesso aos recursos genéticos, que envolva bioprospecção, e conhecimento tradicional. Somente no caso de acesso ao recurso genético para pesquisa científica, este procedimento deve ser autorizado pelo IBAMA, conforme definido em deliberação do CGEN.

Conforme Assad & Sampaio (2005; 20) “existe hoje no país um arcabouço legal bastante complexo, demorado e burocrático, que poderia ser mais efetivo e menos cartorial (...) se vários dos processos hoje existentes não forem simplificados e se as relações de confiança entre atores como ONGs, Governo, empresas, comunidade científica, comunidades tradicionais e indígenas não forem melhoradas no país, propiciando o desenvolvimento de produtos e a repartição justa e eqüitativa de benefícios, corre-se o risco de ao invés do Brasil ser um participante ativo no mercado internacional de produtos derivados da biodiversidade, com alto valor agregado, estabelecer-se como importador de matérias primas vegetais, inclusive de origem nacional, e reprodutor de formulações farmacêuticas de um modo geral”.

As autoras citam que o prazo para análise a aprovação de um processo está variando de 2 meses a 2 anos (projetos de empresas para Bioprospecção). Afirmam a necessidade de regulamentar de forma clara o acesso aos recursos genéticos para que a biodiversidade do Brasil seja protegida, evitando sua devastação e erosão genética, mas chamam a atenção de que “uma empresa privada ou mesmo uma instituição pública de pesquisa não pode esperar este tempo para iniciar seus trabalhos, convivendo com a incerteza da aprovação, e sendo fortemente pressionada a

apresentar resultados que venham a gerar benefícios para o país” (Assad e Sampaio, 2005: 20).

No que se refere ao desenvolvimento futuro da bioindústria nacional, manifestações do setor produtivo indicam que a lei de Propriedade Industrial deve ser revisada no sentido de permitir o patenteamento dos produtos da genômica bem como de substâncias encontradas na natureza (Artigos 10 e 18), desde que atendam aos critérios de patenteabilidade.

A Lei nº. 9.279, de 14 de maio de 1996, que regulamenta os direitos e as obrigações relativas à propriedade industrial no Brasil, não considera invenção, e portanto, não são patenteáveis todo ou parte dos seres vivos, exceto os microorganismos transgênicos que atendam aos três requisitos de patenteabilidade: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. Esta lei apresenta dois artigos com relação a proteção jurídica da genômica e OGMs (Arruda e Arruda, 2004):

“Art. 10. Não se considera invenção nem modelo de utilidade:

VIII - técnicas e métodos operatórios, bem como métodos terapêuticos ou de diagnóstico, para aplicação no corpo humano ou animal; e

IX - o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais.”

....

“Art. 18. Não são patenteáveis:

...

III - o todo ou parte dos seres vivos, exceto os microorganismos transgênicos que atendam aos três requisitos de patenteabilidade - novidade, atividade inventiva e aplicação industrial - previstos no art. 8o. e que não sejam mera descoberta.

Parágrafo único - Para os fins desta lei, microorganismos transgênicos são organismos, exceto o todo ou parte de plantas ou de animais, que expressem, mediante intervenção humana direta em sua composição genética, uma característica normalmente não alcançável pela espécie em condições naturais.”

Em um panorama internacional de globalização da economia e do conhecimento, o crescimento substancial dos custos de pesquisa e desenvolvimento, principalmente no campo das novas tecnologias (biotecnologia e nanotecnologia), estão entre as razões que explicam a atitude dos países na direção do fortalecimento dos direitos de propriedade intelectual em todo o mundo. Países líderes em inovação tecnológica na área de biotecnologia já tomaram iniciativas neste sentido, evidenciado pelo número crescente de patentes concedidas nesta área no exterior, com destaque para as patentes genômicas.

“No Brasil, apesar dos enormes progressos em genômica realizados pela academia e pela indústria, a adequação do aparato legal no tocante à genômica está muito aquém das necessidades e da importância dessa área para o país, sobretudo na área agrícola” (Arruda e Arruda, 2004: 3).

Nesse cenário é freqüente o debate sobre os limites da proteção patentária de produtos ou processos provindos da biotecnologia, particularmente no que diz respeito à relação conceitual entre descoberta e invenção, na qual estão inseridas as atividades de isolamento ou purificação de substâncias encontradas na natureza. A descoberta é a revelação de algo existente na natureza, não visa a fins práticos pré-estabelecidos e apenas aumenta a soma dos conhecimentos do homem sobre o mundo físico. A invenção, ao contrário, apresenta-se como a solução de um problema técnico que visa à satisfação de fins determinados, de necessidades de ordem prática.

A Lei de Proteção de Cultivares (LPC), regulamentada no dia 7 de novembro de 1997, através do Decreto do n.º 2.366 do Presidente da República, publicado no Diário Oficial do mesmo dia, proporciona ao melhorista brasileiro o reconhecimento do direito à propriedade intelectual de novas obtenções vegetais. No decreto são definidas as atribuições e competências do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), que

está vinculado ao Ministério da Agricultura. “Esse serviço tem como missão a administração do sistema de proteção das inovações em plantas, inovações essas voltadas para um mercado que, no Brasil, gera vendas próximas de US\$ 1 bilhão ao ano” (Carvalho e Carvalho Filho, 1998: 01). Os interessados na multiplicação das sementes e mudas da nova variedade deverão negociar os royalties que deverão ser pagos, com o obtentor, mas permite utilizar livremente a cultivar protegida como fonte de variação no melhoramento genético ou na pesquisa científica.

Carvalho e Carvalho Filho (1998) indicam a existência de uma interface crítica entre os dois mecanismos de proteção (LPC e LPI). Para os autores, “a proteção à propriedade intelectual de novas variedades de híbridos se dá, basicamente, pelo segredo das linhagens parentais que as originam. A proteção dos híbridos é adicionalmente ampliada pela marca. Ou seja, a proteção, no caso dos híbridos, considerados o filet mignon do mercado de sementes, se processa, principalmente, através da Lei de Propriedade Industrial (Título III — Das Marcas; e Título VI — Dos Crimes da Concorrência Desleal)” (Carvalho e Carvalho Filho, 1998: 03).

Segundo Scholze (1998) apud Galvão (2001: 22), “a engenharia genética possibilita adicionar um gene, protegido por patente ou não, em uma nova variedade desenvolvida com muito esforço pelo melhorista. Com a expressão de uma nova característica, poderia ser requerida e outorgada proteção para esse material e o obtentor da variedade inicial seria privado de qualquer remuneração pelo seu trabalho. Por isso, a Lei de Proteção de Cultivares brasileira adotou o conceito de cultivar essencialmente derivada”.

2.4. Conclusão do capítulo

Neste capítulo foi apresentada a história e a importância da formação do padrão tecnológico da agricultura moderna, a influência do melhoramento na construção da competitividade da agricultura brasileira e os caminhos da capacitação em melhoramento genético vegetal no Brasil, bem como sua expertise em áreas da fronteira do conhecimento. Identificou as instituições envolvidas com o tema no país e os elementos que podem interferir no futuro da capacitação nacional, particularmente o que diz respeito ao marco regulatório nacional. Também identificou quais técnicas ou tecnologias estão em uso pela indústria de sementes e tendências.

Por ser um *major player* em questão agrícola, os avanços tecnológicos, proveniente dos avanços da biotecnologia moderna, as mudanças legais, a nova dinâmica do mercado de sementes, os novos padrões de segurança e consumo alimentar e as pressões no contexto geopolítico e econômico que ocorrem em todo o mundo também influenciam as perspectivas de desenvolvimento e de capacitação no campo do melhoramento genético de plantas no Brasil.

Capítulo 3: O futuro do melhoramento de plantas e a posição do Brasil

Este capítulo apresenta o cenário futuro do melhoramento (estado da arte e tendências) e seus possíveis impactos inclusive para a competitividade da agricultura. Também, analisa o posicionamento do Brasil em relação a esse cenário e aponta trajetórias possíveis para que o país mantenha um papel de protagonista no desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação na agricultura. Para tal, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com especialistas de instituições dos setores público e privado que atuam no setor de sementes (a lista com os nomes dos especialistas bem como o questionário utilizado para condução das entrevistas encontra-se em anexo).

3.1 Cenário futuros para melhoramento

Para área de sementes, existem duas frentes não excludentes de pesquisa: o melhoramento convencional⁵³, que se utiliza de técnicas tradicionais, sustentado em cruzamento e seleção e genética quantitativa, e o melhoramento que utiliza tecnologias modernas para obtenção das modificações genéticas desejadas, derivadas da biologia molecular e das aplicações da informática ao melhoramento. De acordo com os especialistas entrevistados, a integração entre o novo e o clássico tem trazido grandes avanços no melhoramento genético de plantas e esse é um caminho sem volta.

De certa forma, o melhoramento genético de plantas depende de dois fatores primordiais. O primeiro é ter fontes de genes, o que significa ter um banco de germoplasma, ou seja, dentro daquela espécie que o melhorista está trabalhando é preciso ter disponível materiais genéticos variados que serão cruzados e avaliados em diferentes solos e nutrientes, verificando se o produto do cruzamento confere resistência a doenças ou pragas e atenda ao desempenho agrônômico esperado pelo produtor.

Os institutos de pesquisa e as grandes empresas que trabalham com melhoramento genético no mundo procuram desenvolver o seu próprio banco de

53 A evolução do melhoramento genético convencional passou por métodos de avaliações de experimentos com diferentes delineamentos estatísticos para conseguir medir a produtividade dos diferentes cruzamentos que são realizados.

germoplasma e ter material genético em abundância. Esse material costuma ser trocado entre os países por meio de requerimento junto aos órgãos responsáveis de cada país, pois essa troca é importante para o melhorista por possibilitar acesso a materiais que venham de diferentes localidades do planeta.

Nesse contexto, percebe-se uma importância crescente dos recursos genéticos *in situ* e da bioprospecção nos centros de origem das plantas. Há muita reserva de variabilidade genética para o melhoramento vegetal nesses centros de origem, tanto que cada vez mais vêm aumentando as pesquisas nas comunidades que praticam agriculturas nessas localidades, como, por exemplo, os agricultores que plantam variedades locais de batata no altiplano boliviano e peruano. A importância desses recursos genéticos está sendo novamente valorizada, e tudo indica que essas pesquisas sobre agrobiodiversidade trarão forte impacto na competitividade dos melhoristas, das empresas e também dos países num futuro próximo, se não por um valor acadêmico, de existência desse material para pequenas comunidades, mas por um valor de mercado.

Mesmo que todas as empresas ou institutos de pesquisa tenham seus bancos de germoplasma, e continuem trocando material genético, talvez o próximo gene de interesse agrônomo possa vir de uma variedade hoje inexpressiva, podendo ser uma planta distante ou talvez não seja nem mesmo uma planta e, se por acaso, uma determinada instituição não tiver programas de bioprospecção dentro dessa nova visão, ela pode perder uma grande oportunidade. Dentro dessa perspectiva, a própria legislação de acesso a recursos genéticos dos países deve se adequar à dinâmica de desenvolvimento científico e tecnologia de cada setor, elemento este que ainda está sendo construído no Brasil, como vimos no capítulo anterior.

Inclusive, as discussões sobre acesso e repartição de benefícios que ocorrem na CDB levam em conta que há dois cenários muito diferentes em que os recursos genéticos são utilizados para gerar valor. Um deles é mais bem representado pelo "modelo farmacêutica", no qual bioprospecção começa a partir de uma base ampla e, em seguida, os recursos genéticos são utilizados para procurar um composto ou um gene ou uma proteína de potencial médico. Neste cenário, um único acesso poderia abranger um projeto de bioprospecção e tudo o que segue a partir dele. Outro cenário

completamente diferente é melhor representado pelo "modelo de produção de vegetais". Para a melhoria das culturas, é essencial que os melhoristas tenham acesso contínuo a todo o patrimônio genético da espécie. O fato de existirem barreiras regulatórias acaba por estabelecer um fator de competitividade para o melhorista, que pode ser positivo ou negativo, dependendo das regras estabelecidas.

O segundo fator é ter tecnologia como ferramenta de automação de processos capaz de realizar mais rapidamente e com sucesso a rota das descobertas e invenções, além da possibilidade de adotar estratégias de diversificação de produtos derivados de organismos vivos. Machado (2005) considera que "o melhoramento é um *re-design* de organismos vivos, a recombinação genética é um procedimento de busca e a biotecnologia é filha dileta da automação de processos". Nesse contexto, a biotecnologia apresenta-se como uma estratégia de melhoramento genético vegetal indispensável nesse novo milênio.

Existe hoje um conjunto de culturas altamente tecnificada, onde a biotecnologia já tem papel central, que são as espécies mais importantes economicamente e que podem ser chamadas de *Global Crops*, como soja, milho, sorgo, canola, eucalipto, algodão, cana-de-açúcar, entre outras. Mas há também culturas órfãs, ou seja, onde o nível de melhoramento é menor e o interesse das empresas, pequeno, como são os casos do arroz, feijão, alguns legumes, hortaliças e frutas. A própria dinâmica genética da planta muitas vezes não gera interesse por parte das empresas por ser uma planta autógama, que se reproduz por autofecundação, gerando dificuldades de apropriabilidade.

O cenário futuro será de crescente utilização de transgênicos, mas não numa abordagem generalista onde todos os problemas do melhoramento serão resolvidos através da transgenia. Tecnicamente, os transgênicos serão mais utilizados para resolver problemas inclusive de nicho de mercado, introduzindo um gene de interesse numa variedade "elite", que muito provavelmente foi feito a partir de cruzamento e seleção assistido, inclusive, por marcadores moleculares, incorporando novas características agrônomicas para o *agribusiness*, como resistência a herbicidas ou insetos, maior resistência contra seca, uma função que regula osmose ou então para mercados onde um gene resolve um problema específico, como, por exemplo, a

geração de novos materiais e energia. “Cabe ressaltar que é promissora aos agricultores a alternativa de dispor de variedades contendo transgênese, pois essas representam ganhos imediatos em termos de produtividade, fitossanidade e/ou qualidade dos produtos” (Quecini & Vieira, 2001: 323).

A intragenia, que é a utilização de material genético do próprio organismo para tolerância a estresses bióticos e abióticos, também apresenta-se como vertente tecnológica de grande impacto para o futuro do melhoramento, pois possibilita adicionar um gene da mesma espécie à planta reduzindo, nestes casos, a utilização de transgênicos.

A otimização gênica ou enzimática, que é trabalhar com genes de uma espécie específica ou de espécies diferentes, mas relacionados à mesma função gênica e utilizados na evolução *in vitro*, é outra área do conhecimento que trará grandes impactos ao trabalho do melhorista. Trata-se de um método de melhoramento e não apenas de uma inovação científica e tecnológica, mas que provavelmente apresentará implicações extraordinárias, pois independe do modelo da transgenia de fazer um gene exógeno se acomodar dentro do genoma de outro organismo. Para tal, são necessários investimentos financeiros, computação e uma equipe competente e bem organizada. No Brasil não há indícios de pesquisas sendo realizadas, nem a existência de grupos de pesquisa estudando esse tema aplicado ao melhoramento vegetal.

Grande parte das espécies de importância econômica está tendo seu genoma completamente seqüenciado e as informações estão sendo acopladas aos programas de melhoramento genético convencional. Assim foi com o arroz e milho, está sendo com a soja e sorgo e vai ser com o eucalipto, trigo e cana-de-açúcar (embora tenha uma biologia diferente por ser uma espécie poliplóide e seja mais complexo trabalhar), entre outras.

O seqüenciamento gerou um grande volume de informação em um tempo extremamente curto, criando perspectivas, na visão do biólogo molecular, de estudar a interação gene e ambiente. A biologia de sistemas, como é conhecida essa área, busca relacionar todos os genes, proteínas e reações bioquímicas entre si de maneira integrada, estudando os mecanismos celulares como um todo, e tentando perceber o funcionamento destes em diferentes sistemas simultaneamente. A maioria das

características de importância econômica são multifatoriais e complexas, derivadas do controle de múltiplos genes e, portanto, uma abordagem reducionista dificilmente vai trazer grandes impactos para o melhoramento. De acordo com os especialistas entrevistados, poucos lugares no mundo estão pesquisando esse tema, mas indicaram ter grande potencial de aplicação para os próximos cinco a dez anos. No Brasil, segundo foi mencionado pelos entrevistados, essa é uma área que está começando a ser discutida, mas não passam de discussões informais entre especialistas, longe de aplicação no melhoramento.

O uso de marcadores moleculares para seleção recorrente de populações de plantas é outra tecnologia importante. Os marcadores são fragmentos do DNA da espécie que se consegue mapear e associar uma seqüência genética a uma característica desejável agronomicamente. As grandes companhias multinacionais da área de sementes possuem grandes programas de marcadores moleculares, pois imprimem velocidade no programa de melhoramento e, conseqüentemente, na redução de custo.

Com a disponibilidade do genoma completo das espécies, há a possibilidade de iniciar o processo de seleção de uma variedade a partir de marcadores associados a diferentes características. Ao invés trabalhar com grandes quantidades de plantas em diferentes locais, é possível limitar-se àquelas variedades que realmente interessam. No entanto, os especialistas entrevistados ressaltam que não adianta fazer a seleção só por marcadores moleculares, tem que ter a contrapartida no campo, visto que essa tecnologia é aditiva, ou seja, acrescenta valor àquilo que está selecionando. Advertem que muitos trabalhos não avançaram porque o experimento ficou só em nível de laboratório, como o ocorrido no Brasil. Conforme o levantamento de patentes feito para esse trabalho de dissertação, a seleção assistida por os marcadores moleculares foi a segunda tecnologia mais utilizadas pela indústria de sementes, sendo superado apenas pela transgenia.

Sobre biossegurança, ciência que estuda os riscos e impactos decorrentes do uso da biotecnologia no meio ambiente e na saúde humana, há estudos novos sobre toxicologia, onde são avaliados os impactos da integração entre dois ou mais genes transgênicos numa mesma planta, e genética ecológica, que busca estudar a interação

ecossistêmica que uma espécie nova vai ter no ambiente. A genética ecológica pode acrescentar conhecimentos relevantes sobre fluxo gênico para os próximos cinco a dez anos.

A bioinformática já está inserida no processo de melhoramento e é considerada como uma das ferramentas de maior impacto no campo do melhoramento vegetal para os próximos anos, pois permite acessar rapidamente a informação gênica dos bancos de seqüenciamento e transformá-la em informação útil ao melhorista, antecipando os eventos que poderão ocorrer com a planta mediante manipulação genética, pois possibilita simular o resultado do cruzamento, principalmente quando aliada a outras técnicas, reduzindo drasticamente o tempo de obtenção de uma nova variedade. Vale ressaltar que essa tecnologia trata de trabalhar com informação biológica e não informatização de bancos de germoplasma. Contudo, a utilização de tecnologias de informação para o desenvolvimento de bancos de dados para integração da informação fenotípica e genética será empregada cada vez em maior escala. Em relação aos Estados Unidos, há uma defasagem muito grande em volume de recursos humanos formados no Brasil e com isso a distancia do conhecimento nessa área tende a aumentar.

A biologia sintética está longe de ser aplicada de fato no trabalho de melhoramento, visto que ainda faltam entendimentos sobre regulação gênica dos vegetais, impossibilitando no curto e médio prazo o desenvolvimento de um eucarioto⁵⁴ sintético para daqui a dez ou mais anos, mesmo quando já são encontrados registros de patentes relacionados a essa tecnologia no desenvolvimento de cultivares, conforme foi apresentado. Em muitos casos as patentes servem para restringir a entrada de novos competidores numa área emergente. De qualquer forma, trata-se de uma vertente tecnológica interessante tanto que algumas universidades e empresas já despertaram interesse em criar organismos sintéticos como, por exemplo, o primeiro genoma sintético de uma bactéria desenvolvido em laboratório pelos pesquisadores norte-americanos do Instituto Venter, um passo considerado crucial para a criação de uma forma de vida artificial. Para Machado (2005), a biologia sintética é um dos campos

54 Animais, plantas, fungos e protozoários

mais revolucionários da biotecnologia, visto que trata da “concepção e construção de novos componentes biológicos, dispositivos e sistemas que não existem no mundo natural, e também a reformulação dos atuais sistemas biológicos para executar tarefas específicas” (ETC Group, 2007a: 01). No Brasil, existem pesquisadores brasileiros interessados no tema, mas, assim como na biologia de sistemas, não passam de discussões informais entre especialistas, longe de aplicação no melhoramento.

3.2 Posicionamentos do Brasil em relação a este cenário

Até a década de 80, os programas de melhoramento genético de plantas no Brasil foram fortemente sustentados em seleção baseada em cruzamento e desenvolvidos principalmente por instituições públicas (no Brasil sempre houve programas privados, como os ligados às cooperativas e empresas, normalmente com importância econômica menor que das organizações públicas, mas mesmo assim importantes, como os casos da OCEPAR, FECOTRIGO e Agrocere). Nos últimos 15 anos tem aumentado a importância de programas ligados às empresas.

Os especialistas entrevistados reconhecem que os próprios programas de melhoramento da Embrapa estão hoje mais lentos. Por razões de mercado e de posicionamento do setor público de pesquisa, reduziu-se a proximidade de interação entre público e privado, abrindo espaço para uma atuação mais incisiva de grandes corporações multinacionais. Com o predomínio dessas organizações mundiais na oferta de novas tecnologias ao setor, os institutos de pesquisa agrícola dos países em desenvolvimento estão perdendo o espaço que ocupavam no passado.

Contudo, a participação de novos atores no mercado de sementes (mundial e nacional) demanda por recursos humanos capacitados a trabalhar com técnicas modernas, provenientes da engenharia genética e genômica, integrando o conhecimento do melhoramento clássico a esse trabalho. De acordo com um dos especialistas entrevistados, atender essa demanda hoje é um desafio global: poucas são as universidades do mundo, salvo algumas exceções, que proporcionam uma formação de interface entre melhoramento convencional e biotecnologia, visto que esse é um fenômeno relativamente recente – somente nos últimos cinco anos que algumas universidades montaram programas interdisciplinares de *genomic science* ou *molecular breeding*, fortalecendo a interface entre o novo e o clássico. Um potencial competitivo

para o Brasil é acoplar ao currículo dos cursos de pós-graduação disciplinas ligadas ao melhoramento clássico e moderno, visto que as empresas multinacionais instaladas no país já dão preferência pelo profissional com essa visão integrada.

Uma vez que o Brasil desenvolveu um marco regulatório razoável com proteção de propriedade intelectual, lei de proteção de cultivares, lei de sementes, entre outras regras que organizam o mercado, as empresas começaram a investir no país, o que tem gerado uma forte demanda por recursos humanos qualificados. Entretanto, segundo os especialistas entrevistados, os programas de graduação e de pós-graduação estão com dificuldade de atender a este tipo de demanda.

Houve um crescimento marginal do número de mestres e doutores em melhoramento de plantas formados por ano no país, em função do surgimento de novos programas de pós-graduação em instituições de ensino superior. Mas devido à ampliação da entrada de empresas multinacionais no mercado brasileiro, primeiro para abastecimento interno e depois para atender o mercado internacional, motivado inclusive pelo aumento de preços das commodities agrícolas, a quantidade de profissionais formados não está atendendo a necessidade das instituições que atuam no setor.

Essa incapacidade de formar uma quantidade de mestres e doutores que atenda a demanda das empresas globais do setor de sementes para o desenvolvimento de pesquisa em cultivares não é um gargalo exclusivamente brasileiro. Nos Estados Unidos está acontecendo o mesmo tipo de problema, tanto que a iniciativa privada propôs um modelo de financiamento para as instituições públicas de ensino superior para formar pesquisadores em maior quantidade. As empresas investem milhões de dólares em bolsas de estudo, não exigindo contratos que obriguem o pesquisador a trabalhar para a empresa e a própria dinâmica do mercado faz essa seleção. Esse fenômeno recente ocorre ainda em pequena escala na Universidade de Illinois.

No caso brasileiro, seria interessante adotar uma política de relacionamento das universidades com o setor empresarial, com um formato institucional que possa ampliar os investimentos em capacitação, mesmo porque, além do ambiente legal favorável, as empresas multinacionais do setor de sementes investem em pesquisa onde já existem

recursos humanos capacitados. O ambiente institucional brasileiro ainda é desfavorável ao pleno desenvolvimento das técnicas mais recentes.

Apesar de já existirem escolas que capacitam bons profissionais com formação em biologia molecular e genética e em métodos ligados ao melhoramento clássico, como os cursos de pós-graduação da UFV e ESALQ, há escassez de recursos humanos com perfil mais talhado para enfrentar o desafio do setor privado. Hoje no país, existem mais pessoas formadas com o perfil de melhorista clássico ou capacitadas em técnicas de melhoramento convencional, o que proporciona uma visão compartimentada entre o melhoramento convencional e a biologia molecular e mesmo a nova biologia celular. Em algumas escolas, esse tipo de formação é reflexo da própria formação dos professores que, em muitos casos, estão desatualizados em relação às mudanças⁵⁵ que estão em curso na agricultura. Recai aqui a reflexão sobre a atualização desses multiplicadores sobre a nova visão do melhoramento genético.

Em relação à aplicabilidade das técnicas pelo melhorista em si, na maior parte das multinacionais instaladas no país o uso das técnicas modernas no melhoramento já é rotina. No caso das instituições de ensino superior, a maioria dos programas de melhoramento genético possui baixa flexibilidade e poucas condições estruturais em relação às empresas multinacionais para aplicar as técnicas modernas na velocidade necessária. Há uma dissincronia das pesquisas nas universidades brasileiras, por exemplo, em relação com as americanas onde, junto com as empresas, já estão sendo utilizadas técnicas modernas em maior escala.

No âmbito da América Latina o Brasil é altamente competitivo nas pesquisas envolvendo técnicas modernas aplicadas ao melhoramento, como bioinformática, biossegurança, engenharia genética, marcadores moleculares, seqüenciamento genético, transgenia e proteômica, mas se comparado a países europeus e da América do Norte (Estados Unidos e Canadá) há uma defasagem grande em algumas áreas de

55 As mudanças tecnológicas, proveniente dos avanços da biotecnologia; mudanças legais, com a implementação de legislações de proteção intelectual (patentes e cultivares), de biossegurança e de acesso ao patrimônio genético; a nova dinâmica do mercado de sementes; as condicionantes climáticas e ambientais; novos padrões de segurança e consumo alimentar e; pressões no contexto geopolítico e econômico mundial representado pelas negociações da OMC.

ponta, como por exemplo: biologia de sistemas, biologia sintética, evolução *in vitro* e otimização gênica.

Machado (2005) aponta algumas áreas de pesquisa que podem surtir efeitos positivos na formação profissional e acadêmica dos futuros melhorista brasileiros, são elas: seleção recorrente e marcadores moleculares; evolução *in vitro*; técnicas massivas de análise da expressão gênica; biologia de sistemas e biologia sintética⁵⁶ – tudo isso aliado à bioinformática como ferramenta de automação de processos já consagrados, buscando redescobrir e utilizar, com maior velocidade, o que já existe nos bancos internacionais de códigos genéticos. Além dessas áreas indicadas por Machado (2005), a nanotecnologia está rapidamente convergindo com a biotecnologia e a tecnologia da informação e pretende alterar radicalmente os sistemas de alimentação e agricultura (ECT Group, 2004).

Existem hoje no país pesquisas envolvendo marcadores moleculares em algumas instituições de ensino superior, mas com baixa aplicação efetiva no campo, a não ser em poucos setores como na área de citros, e ainda não está no ritmo necessário. O uso de marcadores moleculares para seleção recorrente é considerado como um dos melhores métodos para o desenvolvimento de tipos novos de plantas por meio de recombinação genética que não envolve transgenia. Em termos de conhecimento, a competência nacional encontra-se atualizada com a fronteira do conhecimento científico e tecnológica, inclusive com pessoal formado no exterior, mas em relação ao uso dessa técnica no melhoramento o país está desatualizado. A velocidade de disseminação ou uso dessa tecnologia é mais lenta que a disseminação da pesquisa porque muitos trabalhos ficaram apenas em nível de laboratório. O país poderia ter usado sua capacitação sobre métodos de seleção recorrente e aplicado marcadores moleculares para ter avançado muito mais, mas, de acordo com os especialistas e a pesquisa feita nessa dissertação, ainda não o fez.

Em relação à transgenia, o país é competitivo no conhecimento das técnicas e sua base de competência está medianamente atualizada com a fronteira do conhecimento

56 A primeira conferência sobre biologia sintética do mundo aconteceu em junho de 2004. Dois meses depois, a Universidade da Califórnia e Berkeley (EUA) anunciou o estabelecimento do primeiro departamento de biologia sintética nos Estados Unidos (ETC Group, 2004: p. 36).

científico e tecnológico, mas devido aos impedimentos de pesquisar em campo durante o período em que os trabalhos com transgênicos ficaram suspensos, perderam-se alguns anos de desenvolvimento e capacitação.

Mesmo com a percepção de que o país avançou com a aprovação da nova lei de biossegurança, essa mesma lei ainda influencia negativamente os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de plantas devido o formato processual para a aprovação do plantio e comercialização de organismos transgênicos, visto que a CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança) ainda acomoda interesses conflitantes e difíceis de gerenciar, muitas vezes protelatórios de decisões que poderiam ser tomadas de forma menos desgastante.

Sobre a competência nacional a respeito de recursos genéticos *in situ* e bioprospecção, percebe-se atualmente a necessidade de capacitar recursos humanos não somente em botânica ou taxonomia, mas profissionais com visão de valor para saber valorar os recursos genéticos de modo a contabilizar e planejar a repartição de benefícios. De certa forma, existem profissionais responsáveis por coletar o recurso genético (e nisso o CENARGEN, por exemplo, possui bastante competência), mas há uma defasagem por especialistas que trabalham na etapa de pré-melhoramento, de valoração das espécies. O Brasil tem todas as condições de liderar o assunto de valoração da biodiversidade, desde que tenha uma legislação que permita e uma política que avance nessa direção, tão necessária para um país considerado mega-diverso.

Além da valoração da biodiversidade, é fundamental a conservação da variabilidade genética existente em bancos de germoplasma. Não se trata de uma técnica ou tecnologia em si, mas de infra-estrutura necessária para pesquisa. Ter recursos genéticos em mãos é importante para o desenvolvimento de novas variedades porque muitas vezes é no banco de germoplasma que serão encontrados genes de interesse agrônomo. O país poderia até empenhar esforços para criação de centros de pesquisa em evolução *in vitro* para desenvolver novas moléculas e proteínas utilizando-se seqüências de DNA, iniciativa para a qual estamos decididamente atrasados. Evolução *in vitro* é uma área em que o Brasil é extremamente deficitário e poderia não ser.

Para o fortalecimento dos bancos de germoplasma no país é preciso ter políticas de Estado para conservação dos recursos genéticos. Os interesses da iniciativa privada recaem em poucas espécies de plantas. A alimentação humana está centrada em menos de três dezenas de alimentos e, se for necessário e oportuno incorporar novos alimentos a essa rede de produção, é preciso conhecer a biodiversidade, o principal ativo do país nesse contexto.

A otimização gênica é também uma área de grande potencial para o melhoramento, conforme foi apresentado anteriormente. Existem poucos pesquisadores que conhecem o tema no país, localizados na Embrapa CENARGEN, ESALQ e UFV, e também não há incentivo sistemático para avançar nessa área, visto a carência de recursos materiais e de infra-estrutura de pesquisa e da ausência de políticas de investimento para formação de recursos humanos. O Brasil está muito desatualizado e é pouco competitivo nessa área, principalmente no caso agrícola.

Sobre a biologia de sistemas, até mesmo nas universidades americanas essa é uma área emergente e seus impactos efetivos no melhoramento deverão ocorrer daqui a cinco ou dez anos. Também são poucas as empresas que vêm trabalhando com biologia de sistemas em grande escala. No Brasil, segundo foi mencionado pelos entrevistados, essa é uma área que está começando a ser discutida, mas não passam de discussões informais entre especialistas, longe de aplicação no melhoramento. Numa visão otimista, se o país começar a investir em capacitação hoje, é possível diminuir essa defasagem em relação ao mundo, mas não chegará a ser uma referência científica nessa área o conhecimento nos próximos dez anos.

O mesmo caso está ocorrendo com a biologia sintética. Existem pesquisadores brasileiros interessados no tema e como essa é uma área muito nova, existe uma defasagem um pouco menor do que a identificada em biologia de sistemas, onde o nível de conhecimento em relação à fronteira do conhecimento encontra-se medianamente atualizado, mas com volume muito pequeno de pesquisadores. O viés para os próximos cinco anos é aumentar essa distância em relação a outros países, quando daqui a dez anos a biologia sintética será uma realidade como é a otimização gênica hoje.

Vale ressaltar que as indicações de atualização ou desatualização da base de competência instalada no país é medida em parâmetros da situação real de investimento público em pesquisa e capacitação, em que a proporção dos gastos em agricultura e organização agrária entre 2000 e 2005, correspondeu a menos de 2% (dois por cento) dos gastos totais da União, e para pesquisa propriamente dita essa fração é ainda menor.

A atividade de pesquisa e de geração do conhecimento em bioinformática está medianamente atualizada em relação à fronteira do conhecimento em função dos trabalhos desenvolvidos no país nos últimos anos, principalmente com o Projeto Genoma Xylella, financiado pela FAPESP. No entanto, nos últimos oito anos houve pouco crescimento no volume de pessoal formado e de investimentos em pesquisa com bioinformática. Com isso, existe hoje uma defasagem muito grande entre o Brasil e os Estados Unidos em relação ao volume de recursos humanos formados influenciando no distanciamento gradativo da pesquisa desenvolvida em território nacional com a fronteira do conhecimento.

Como iniciativa, a CAPES induziu a criação de dois programas de pós-graduação em bioinformática no ano de 2008 com níveis de mestrado e doutorado na USP e outro em nível de doutorado na UFMG. No programa de Agronomia em Genética e Melhoramento de Plantas da ESALQ, nesse mesmo ano foi iniciado o processo de nucleação da bioinformática à grade de disciplinas oferecidas pela instituição. Numa visão otimista, induzir a formação de profissionais em bioinformática é essencial para que daqui a cinco ou dez anos o nível da base de competência instalada no país se torne competitivo num campo que é um dos pilares para o futuro do melhoramento de plantas. Atualmente existem aproximadamente quarenta grupos de pesquisa em bioinformática com atuação em setores do agronegócio (agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal).

Por outro lado, o nível de investimento em bioinformática no Brasil é preocupante quando comparado a outros países da América do Norte, da Europa e Ásia e Oceania, com destaque para Austrália que institucionalizou um plano nacional de bioinformática cujo investimento será de A\$ 1 bilhão anual para financiar pesquisas e formação de recursos humanos na área. Tomando como base os investimentos atuais em

bioinformática no país, a base de competência nacional poderá perder em parte a sua importância mundial nessa área e ficará desatualizada em relação à fronteira do conhecimento.

3.3. Conclusão do capítulo

Após a leitura deste capítulo é possível constatar que o Brasil apresenta dificuldades em acompanhar o ritmo e a direção das mudanças que estão em curso no mundo em relação à pesquisa, ao uso das técnicas de melhoramento genético vegetal e à capacitação de recursos humanos em algumas das áreas de ponta.

A base de competência instalada no país é extremamente competitiva quando é comparado o conhecimento nacional sobre técnicas tradicionais de melhoramento em relação ao mundo. A razão desse sucesso foi o investimento nos últimos 150 anos em pesquisas, principalmente pública, que possibilitou a formação de recursos humanos nessa área. Mas, em algumas áreas ligadas à biologia molecular existe um distanciamento da fronteira do conhecimento científico e tecnológico e do uso das técnicas de melhoramento genético de plantas. Esse distanciamento pode levar à perda da competência instalada no país. E isso de forma muito rápida.

Em relação à biologia de sistemas, biologia sintética, evolução *in vitro* e otimização gênica o país encontra-se extremamente desatualizado em relação ao mundo, tanto em termos de pesquisa quanto do uso dessas técnicas no melhoramento. O nível de atualização do conhecimento científico e tecnológico em bioinformática, biossegurança, engenharia genética, marcadores moleculares, seqüenciamento genético, transgenia e proteômica, apresenta-se mais favorável, visto que para estas áreas foram capacitados recursos humanos no exterior com posterior nucleação e disseminação desse conhecimento em instituições de pesquisa e de ensino superior no Brasil, mesmo que ainda concentrado em instituições localizadas nas regiões sul e sudeste como é o caso da genética que possui dezessete dos vinte e três programas de pós-graduação localizados nestas regiões. Devido a esse esforço, financiado por órgãos de fomento do país, como a CAPES, a FAPESP, a FAPEMIG, entre outras instituições que investiram volumosos recursos financeiros em bolsas de estudos no exterior e em pesquisa e desenvolvimento de projetos ligadas à biotecnologia, o país

apresenta atualmente um nível satisfatório de capacitação nestas áreas de pesquisa e encontra-se medianamente atualizada em relação à fronteira do conhecimento.

No entanto, à ausência de políticas governamentais de longo prazo, a pulverização de recursos financeiros, a descontinuidade na liberação destes, ocorrida em certas fases desses programas, e da visão compartimentada entre o melhoramento convencional e o moderno em alguns centros de formação, pode levar o país à desatualização dessas áreas em que a competência nacional apresenta certa competitividade já nos próximos cinco anos. É urgente ampliar os investimentos em capacitação, com visão integrada de modo a atender a necessidade das instituições que atuam no setor, e em programas de melhoramento genético vegetal, incentivando o uso sistemático dessas modernas técnicas para desenvolver novas variedades de plantas.

Sob a ótica dos países, a capacitação científica e tecnológica é condição fundamental para a competitividade da agricultura. A comunidade científica deve estar preparada e capacitada a lidar com as discussões relacionadas ao uso da biotecnologia na agricultura, de modo a dirimir as dúvidas da sociedade a respeito das tecnologias envolvendo organismos vivos, e utilizar tais conhecimentos como poder de negociação em fóruns internacionais que tratam do tema.

Conclusão

O presente trabalho de dissertação apresenta evidências de que o Brasil não está acompanhando o ritmo e a direção das mudanças que estão em curso no mundo em relação à pesquisa, ao uso das técnicas de melhoramento genético vegetal e à capacitação de recursos humanos em algumas áreas de ponta, com sérios riscos de aumentar ainda mais a distância em relação à fronteira do conhecimento nos próximos cinco a dez anos.

O país é líder em pesquisa para agricultura tropical e referência mundial em melhoramento florestal e um dos poucos países do mundo que tem condição de praticamente dobrar a quantidade de alimentos, usando relativamente menos energia do que outros países produtores de commodities para alimentação e ainda possui áreas de expansão para plantio onde seus competidores começam a apresentar limitações. Diversos produtos são produzidos a um preço extremamente competitivo e a única maneira de quebrar essa competitividade é criando barreira tarifária ou sanitária para os produtos brasileiros. Portanto, é um ator importante no cenário agrícola global.

Então, por que essa distância ocorre? E quais as recomendações políticas para que o Brasil se mantenha competitivo no campo do melhoramento genético vegetal e fortaleça sua base de competência?

Uma das razões para esse distanciamento é o nível de investimento em pesquisa. Mas não é apenas isso, pois mesmo quando existem recursos, falta foco, faltam políticas agressivas em um campo que não pode ser tratado de forma incremental. Os desafios e os riscos de defasagem hoje são radicais.

Há necessidade de se investir em programas direcionados e focados no Brasil. Para o desenvolvimento da pesquisa aplicada no tema não há alternativa se não a criação de programas focados em determinadas técnicas, tecnologias e produtos, para os quais são canalizados os investimentos com a finalidade de ter aplicação direta no melhoramento e, decorrente disto, novos produtos no mercado.

Atualmente, poucas são as empresas que estão investindo em pesquisa e desenvolvimento no país, e muito menos em pesquisas de ponta. As empresas multinacionais que atuam no mercado brasileiro realizam suas pesquisas na matriz ou

em países onde o ambiente de inovação é mais favorável, visto que atualmente no Brasil o cenário ainda está desfavorável em relação ao agronegócio com marcos regulatórios que inibem o investimento. Com a nova lei de biossegurança, a CTNBio deveria assumir definitivamente o papel de órgão responsável pela liberação da pesquisa, cultivo e comercialização de transgênicos.

De acordo com os especialistas entrevistados, o modelo das empresas *Allelyx* e *Canavialis*, controladas pela Votorantim Novos Negócios, foi uma decisão acertada. Criadas há mais de quatro anos, essas empresas possuem atualmente uma variedade de soluções tecnológicas direcionadas a cana-de-açúcar, laranja e eucalipto, onde estas tecnologias poderão ser utilizadas em outras culturas, como o milho e a soja.

O Brasil deveria fazer como o ocorrido em muitos países (Estados Unidos, China e na Europa): investir em pequenas empresas com fins específicos para aproveitar oportunidades biotecnológicas, visto que existem pessoas capacitadas no país capazes de absorver as tecnologias mais modernas, embora ainda não haja uma *expertise* consolidada nessa área. Faltam programas direcionados e contínuos com o uso de marcadores moleculares, por exemplo, para que o Brasil se mantenha como protagonista de desenvolvimento de novas cultivares.

Para áreas que estão na fronteira do conhecimento, como biologia de sistemas, biologia sintética, evolução *in vitro* e otimização gênica, seria importante e necessário incentivar a formação de grupos de excelência nessas áreas, investindo na capacitação de pesquisadores em centros de referência mundial, identificando instituições de intercâmbio, e apoiar financeiramente a nucleação de novos grupos de pesquisa de modo a internalizar esse novo conhecimento em instituições de pesquisa do país.

Como instrumento de apoio à essa política de capacitação, valeria a pena colocar esse assunto como pauta ativa no Fórum de Competitividade de Biotecnologia, sob coordenação dos ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, da Saúde, da Ciência e Tecnologia e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e também das Secretarias Técnicas dos Fundos Setoriais de Biotecnologia (CT-BIO), de Agronegócio (CT-AGRO), de Infra-Estrutura (CT-INFRA) e de Verde-Amarelo, para desenvolvimento de projetos entre os setores público e privados.

Os editais lançados pelas agências de fomento no Brasil para o financiamento de pesquisa básica, absolutamente necessária para fazer o aprimoramento dos pesquisadores e cientistas, devem necessariamente estar integrados a uma política macro institucional de capacitação de recursos humanos e de desenvolvimento nacional. Devido a isso, os recursos públicos empenhados para pesquisa são em geral dispersos em linhas com carência de foco macro institucional e insuficientes para o tamanho do desafio.

Conforme foi apresentado neste trabalho de dissertação, o advento da biotecnologia e suas diversas vertentes geram significativas mudanças na dinâmica do desenvolvimento de cultivares e do mercado de sementes, que tende a se tornar cada vez mais sofisticado e competitivo. Os investimentos feitos pelas empresas multinacionais em pesquisa e desenvolvimento em cultivares de alto valor agregado, como as commodities agrícolas, refletem na perda gradativa de competitividade do setor público em razão da velocidade e dinâmica empregada por essas empresas no desenvolvimento de novas cultivares. Devido a isso, o trabalho de melhoramento genético que é feito nas instituições públicas de pesquisa passa por uma crise de identidade e com isso a distância do desenvolvimento científico e tecnológico só aumenta.

A formação de redes de pesquisa, integradas por universidades, institutos de pesquisa e empresas, tem sido uma estratégia bastante utilizada por países para diminuir o tempo para a obtenção de novas variedades e, através dos recursos disponibilizados pela tecnologia da informação, dar maior rapidez na comunicação entre seus membros e melhoristas ao redor do mundo. Essa é uma realidade que dificilmente mudará: cada vez mais, as organizações de pesquisa serão forçadas a migrar de um modelo de atuação disciplinar e pontual, para um modelo de operação mais complexa, alinhando múltiplas disciplinas e competências, em redes de inovação que as permitam tratar problemas de natureza cada vez mais complexa.

De modo a garantir a sustentabilidade econômica e de capacitação das instituições públicas de pesquisa, no médio e longo prazo, é importante o Estado induzir pesquisas em culturas de menor valor agregado, mas que regionalmente têm potencial de desenvolvimento econômico e social elevado, como batata doce, alguns tipos de

legumes, hortaliças e frutas. Em função do tamanho do mercado, em comparação ao volume de venda das commodities, é pouco provável que essas empresas invistam nessas culturas.

Em relação à percepção pública dos riscos da biotecnologia na agricultura, é preciso desmistificar o melhoramento genético e apresentar para sociedade, utilizando uma linguagem de fácil entendimento e com fundamentação científica, o modo como a comunidade científica lida com os riscos provenientes do desenvolvimento técnico-científico e que as novas técnicas, como a transgenia, e ferramentas aplicadas ao melhoramento são na verdade avanços científicos e tecnológicos alcançados pela biologia ao longo do século XX, resultado de um esforço coletivo entre cientistas de todo o mundo.

É importante também o Brasil acompanhar e adotar as recomendações da GIPB (*Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building*), iniciativa da FAO em parceria com instituições de pesquisa e desenvolvimento agrícola dos países-membros. A missão da GIPB é fortalecer os programas de melhoramento genético de plantas destes países a partir de estudos, análises e recomendações institucionais e políticas.

Entre as ações da GIPB, estão previstas a realização de consultas eletrônicas com especialistas para identificar gargalos e oportunidades relacionadas ao melhoramento de plantas, levando em consideração as necessidades nacionais e regionais existentes em cada país-membro. A primeira consulta⁵⁷ foi realizada no ano de 2007 e contou com a participação de 66 especialistas de diferentes instituições localizadas em diversos países para sugerir o plano operacional 2009-2013 da GIPB. Na ocasião, foram estabelecidos cinco objetivos estratégicos desta parceria:

- (1) Suporte no desenvolvimento de políticas associadas ao melhoramento de plantas;
- (2) Suporte a educação e formação de recursos humanos;
- (3) Facilitar o acesso às tecnologias;
- (4) Facilitar a troca dos recursos genéticos vegetais;
- (5) Compartilhamento de informações.

⁵⁷ Fonte: GIPB (<http://km.fao.org/gipb/>) – acessado em 9 de julho de 2008.

Sobre o segundo objetivo estratégico – suporte a educação e formação de recursos humanos, e de acordo com a segunda consulta realizada em 2008, a GIPB e as suas organizações parceiras já apontam para necessidade de adaptação dos currículos existentes nos centros de formação, incorporando matérias multi e trans-disciplinares na preparação dos futuros melhoristas de plantas, com ênfase na integração do conhecimento convencional (genética quantitativa, estatísticas, etc.) e conceitos e ferramentas avançadas (genômica funcional, reprodutores molecular, bioinformática, etc.), mas também disciplinas alternativas que incorporem habilidades gerenciais, de mercado e outras capacidades necessárias ao pleno desenvolvimento de novas cultivares, como, como por exemplo, cursos de curta duração em tecnologia de informação.

Em relação aos programas de pós-graduação, é importante adequar o currículo à demanda existente. No processo da inovação e da competitividade, são as instituições do ensino superior que qualificam os recursos humanos essenciais para dar coerência a políticas nacionais e comunitárias de inovação e competitividade. O ensino superior deve funcionar como a ponte da investigação pública e privada entre o Estado e a Sociedade.

As instituições do ensino superior deverão formar profissionais que saibam executar pesquisas básicas e aplicadas, mas que também saibam identificar quais os nichos de aplicação de seus resultados e que sejam capazes de interagir com os diferentes atores envolvidos no processo de melhoramento. No futuro, esse profissional será um agente em uma cadeia de operadores encarregados por identificar demandas e necessidades além daquelas exigidas pelos produtores rurais, entendendo toda a sistemática que envolve o consumidor final.

Espera-se do melhorista uma visão multidisciplinar⁵⁸, com um perfil diversificado e de conhecimentos integrados com a genômica, engenharia genética e fisiologia de plantas, e também que saiba entender e interagir com o meio ambiente e a sociedade. Para tal, os cursos devem dotar o aluno de visão sistêmica e de conhecimentos que vão

⁵⁸ É previsível que não será possível ter todos esses conhecimentos acumulados em uma só pessoa. O que os autores QUAIS AUTORES? colocaram eficientemente e de forma simplificada é que o sistema de melhoramento vai ter que se estruturar em equipes multidisciplinares, onde todos os especialistas trabalhem integrados com visão multidisciplinar.

além dos conhecimentos teóricos ligados a sua disciplina específica de pesquisa, todavia, conhecer as técnicas de melhoramento tradicional para tornar realidade a inserção de genes exógenos, com maior segurança, em outro organismo por meio da biotecnologia, é condição fundamental.

A produção agrícola passa por um importante momento de transformação. Nos próximos anos a agricultura deverá fornecer, além de alimentos em grandes quantidades para assegurar a oferta, outros produtos com atributos qualitativos para os quais o padrão produtivista dava pouca atenção, tais como insumos para energia, química, fármacos, fibras e materiais, onde o melhoramento e a inovação deverão estar cada vez mais ligados. Espera-se também melhoria da qualidade fitossanitária dos alimentos, com o controle biológico de pragas e doenças, reduzindo o uso de agrotóxicos e fertilizantes, com perspectivas de maior sustentabilidade ambiental na produção. Essa nova demanda da produção agrícola altera também o perfil do melhorista de plantas, pois esse profissional está sempre buscando a otimização de processos, demandados pelo consumo urbano ou social.

Bibliografia

- ALBUQUERQUE, R; SALLES-FILHO, S. (coord.). “Determinantes das Reformas Institucionais, Novos Modelos Organizacionais e as Responsabilidades do SNPA: Análise Consolidada da Situação Organizacional das OEPAs”. Relatório Final. UNICAMP/DPCT. 1998.
- AMARAL, C. L. F.; SILVA, A. B. “Melhoramento biotecnológico de plantas medicinais”. Revista BIOTECNOLOGIA Ciência & Desenvolvimento. KL3 Publicações. Ano VI. N. 30. pp. 55 - 59. Janeiro / Junho. 2003.
- ARRUDA, P e ARRUDA, F. S. “Propriedade Intelectual e Genômica no Brasil”. Brasília. CGEE. 2004 (texto para discussão)
- ASSAD, A. L.; SAMPAIO, M. J. A., “Acesso à biodiversidade e repartição de benefícios: perspectivas futuras e sugestões de ação para o Brasil”. Brasília. CGEE. 2005 (texto para discussão)
- BARROS-PLATIAU, A. F.; VARELLA, M. D., “O regime internacional de biossegurança e suas implicações para os cidadãos brasileiros” Cena Internacional . Revista de Análise em Política Internacional. Ano 6. Número 1. p. 36-58. Jun 2004. ISSN 1518-1200
- BONNY, S. “*La dynamic de l’innovation dans l’agriculture française actuelle*”. *Echole chercheurs “Innovations, dynamique des organisations et transformations intitutionelle”*. Grenoble, 6-8 avril, 1994.
- BORÉM, A. “Biossegurança”. CIB – Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2004. (Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/01Biosseguranca.pdf>) Acessado em 20.06.2007.
- BORÉM, A. “O melhoramento de plantas na virada do milênio”. Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, número 07, jan/fev-99, pág.: 68-72
- BROCKWAY, L. H. 1979. “*Science and Colonial Expansion: The Role of the British Royal Botanical Gardens*”. New York: Academic Press.

- BYÉ, P.; CHANARON, J. J.; PERRIN, J. “*Les determinans de l’innovation en agriculture à travers de la littérature sur le machinisme et les engrains*”. *Cahiers d’Economie et Sociologie Rurales*, 10, 1er trimestre, 1989.
- CALDAS, R.A. "O setor e a política de biotecnologia na Coréia". Em Seminário sobre a Coréia, IPRI, 2000
- CARRARO, I. M., “A importância da utilização de sementes melhoradas na agricultura moderna”. Matéria Técnica. Associações Estaduais e da Associação Brasileira de Produtores de Sementes e Mudas (ABRASEM). 2004. Disponível em http://www.abrasem.com.br/materia_tecnica/2004/0004_sementes_melhoradas.htm. Acessado em 20.06.2007
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J., “Sementes: ciência, tecnologia e produção”. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 429p.
- CARVALHO, S. M. P. e CARVALHO FILHO, R. P. “Pelo entrelaçamento das atividades inerentes ao INPI e ao SNPC” *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.15, n. especial, p. 131-134, 1998
- CARVALHO, S.M.P.; SALLES-FILHO, S.; PAULINO, S. R. “Propriedade Intelectual e Organização da P&D vegetal: evidências preliminares da implantação da Lei de Propriedade de Cultivares”. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Jan./Mar. 2007, vol.45, no.1, p.9-26. ISSN 0103-2003
- CASTRO, A.M.G et al. “O futuro do melhoramento genético no Brasil: impactos da biotecnologias e das leis de proteção de conhecimento”. EMBRAPA, 2005.
- CESNIK, R. “Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil”. *Comciencia - SBPC/Labjor Brasil*, Unicamp-Campinas, SP, p. 1 - 4, 10 abr. 2007. Disponível em <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=23&id=256>
- CGEE. “Estudo sobre o papel das Organizações Estaduais de Pesquisa – OEPAS” 2006. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2006
- CORDEIRO, M.C.R, “Engenharia Genética: conceitos básicos, ferramentas e aplicações”. Documento 86. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. Brasília. 2003

- CORRÊA, V. P. “Novos caminhos do financiamento agrícola e suas distorções”. In: XXVII Encontro Nacional de Economia da ANPEC, 1999, Belém. Anais do XXVII Encontro Nacional de Economia. Belém : ANPEC, 1999. v. I. p. 247-266.
- COSTA, S. O. P. “Biossegurança e bioética em biotecnologia”. In SERAFINI, L. A.; N. M. BARROS; AZEVEDO, J. L. “Biotecnologia na agricultura e na agroindústria”. Livraria e Editora Agropecuária. 2001. Cap. 11. 31p.
- DEAN, W., “A Botânica e a Política Imperial: Introdução e Adaptação de Plantas no Brasil Colonial e Imperial”. Artigo. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). Conferência feita no Instituto de Estudos Avançados da USP no dia 21 de junho de 1989. São Paulo. 1989. Texto disponível em www.iea.usp.br/artigos
- DOSI, G. *et al.* (orgs) “*Technical Change and Economic Theory*”, Pinter Publishers, London. 1988.
- DOSI, G., “*Technological paradigms and technological trajectories*”, *Research Policy*, v.2, n.3, p.147-162, 1982.
- EMBRAPA. “II Plano Diretor 2000 – 2003”. EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília. 2002.
- ETC Group, “*Extreme Genetic Engineering: An Introduction to Synthetic Biology*”. 2007a
- ETC Group, “*The World’s Top 10 Seed Companies – 2006*”. 2007b. Disponível em: http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=615.
- FÁRI, M.G. & KRALOVÁNSZKY, U. P. “*The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky*”. *International Journal of Horticultural Science* 2006, 12 (1): 9–12. *Agroinform Publishing House, Budapest, Printed in Hungary* ISSN 1585-0404, 2006
- FEHR, W.R. “*Principles of cultivars development*”. *New York: Macmillan*, 1987, 536 p.
- FONSECA, M.; DAL POZ, M. E.; SILVEIRA, J. M. “Biotecnologia vegetal e produtores afins: sementes, mudas e inoculantes”. In: Silveira, J.M.; Dal Poz, M.E; Assad, A.L. *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil*. Campinas: Instituto de Economia/Finep. (2004)

- GALVÃO, A. P. M. “Direitos de propriedade intelectual em inovações vegetais arbóreas para plantios florestais no Brasil”. Colombo: Embrapa Florestas, Documentos 055. 2001. 41 p.
- GASQUES, J. G. et al, “Desempenho e Crescimento do Agronegócio Brasileiro”. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Diretoria de Políticas e Estudos Sociais (DISET), 2004.
- GASQUES, J. G. et al., “Gastos Públicos em Agricultura: retrospectiva e prioridades”. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Diretoria de Políticas e Estudos Sociais (DISET). Texto para Discussão 1225, 2006.
- GRAZIANO DA SILVA, J. “A nova dinâmica da agricultura brasileira”. Campinas, (SP): UNICAMP, 1996.
- JAMES, C. “*Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2005*”. *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA Briefs No. 34-2005). 2005.
- JAMES, C. “*Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2006*”. *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA Briefs No. 35-2006). 2006.
- JAMES, C. “*Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2007*”. *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA Briefs No. 37-2007). 2008.
- JOHN F. M. *et al.*, “*Replication and Transcription of Eukaryotic DNA in Escherichia coli*”. *National Academy of Sciences* (PNAS). Maio, 1974 | vol. 71 | no. 5 | 1743-1747.
- KAGEYAMA, A. (Coord.) “O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais”. In: *Agricultura e políticas públicas*. 2. ed. Brasília, IPEA, 1996.
- KAGEYAMA, A., GRAZIANO DA SILVA, J. “Os resultados da modernização agrícola dos anos 70”. *Estudos Econômicos*. p.537-554 . set./dez.1983.
- KAUTSKY, K. “A questão agrária”. Ed. Nova Cultural, São Paulo, 1986, 401pp. (primeira edição em alemão de 1899).

- KIYUNA, I & FERREIRA, C. R. R. P. T. "Análise do setor de sementes no Brasil, 1982/83 a 1991/92". Revista Informações Econômicas, SP, v.24, n.3, mar. 1994.
- KLOPPENBURG Jr., J. (1990), "*First the seed – The political economy of plant biotechnology*", Cambridge University Press, Cambridge.
- KOHLMEYER, F. W. & HERUN, F. L. "*Science and engineering in agriculture: a historical perspective*". *Technology and Culture*, 1961.
- LOPES, M. A. "A pesquisa agrícola nacional frente às mudanças decorrentes da biologia molecular, suas técnicas e áreas afins: Impactos no Melhoramento Genético Vegetal". CGEE. 2004 (texto para discussão)
- MACHADO, J. "Tecnologia da Informação e Melhoramento Genético: uma investigação sobre interações G x E* nos espaços de inflexão coevolutiva" CGEE. 2005 (texto para discussão)
- MACHADO, M. A. "Transgênicos x genômica: etapas no melhoramento vegetal". Revista Eletrônica COMCIÊNCIA. 2002.
- MANTOUX, P. "A revolução industrial no século XVIII". UNESP/Hucitec, São Paulo, 1988, 552 p. (tradução da versão de 1927).
- MCT, "Programa Nacional de Biotecnologia". Ministério da Ciência e Tecnologia. MCT. Brasil. 2002.
- MIYAMOTO, Y., "Sementes o princípio de tudo". Matéria Técnica. Associação Brasileira dos Produtores de Sementes (ABRASEM). 2004.
- MÜLLER, G. "Complexo Agroindustrial e Modernização Agrária". São Paulo: Hucitec, 1989.
- NRLO. "*Agribusiness: Knowledge and Innovation Priorities Aspirations for the 21st Century*". *The Netherlands*, <http://www.agro.nl/nrlo/>, National Council for Agricultural Research (NRLO) report 98/20, 1998.
- OLIVEIRA, M. C. *et al.*, "Capim Buffel (*Cenchrus Ciliaris* L.) preservação "ex - situ" e avaliação aprofundada" in QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R., ed. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro. (*on line*). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos

Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br>. ISBN 85-7405-001-6. Acessado em 20.06.2007.

OTA. “*A new technological era for American agriculture*”. Washington D. C., Government Printing Office, Office of Technology Assessment (OTA) F-474, 1992.

PARLAMENTO EUROPEU. “O futuro da biotecnologia”. Relatório (2000/2100(INI)), número A5-0080/2001, da Comissão da Indústria, do Comércio Externo, da Investigação e da Energia, RELATOR John Purvis – Comissão Europeia. 2001

PATERNIANI, E. “Técnicas de manipulação genética em plantas: Uma análise crítica”. Genética na Escola. Revista semestral publicada pela SBG (Sociedade Brasileira de Genética). V. 1., p25-29, 2006. Disponível em: http://www.sbg.org.br/geneticaEscola/TrabalhoRecebido/Diagramado/vol01/TECNICA_SDEMANIPULACAOGENETICAEMPLANTAS.pdf Acessado em 20.06.2007

PETIT, M & BARGHOUTI, S. “*Diversification: challenges and opportunities*”. In: BARGHOUTI, S.; GARBUS, L.; UMALI, D. (Eds.). *Trends in agricultural diversification – Regional perspectives*. World Bank Technical Paper (180), 1992.

PINHEIRO, M. M.; GERHARDT, L.; MARGIS, R.: “*A technology with multiple applications*”. História, Ciências, Saúde — Manguinhos, vol. VII (2), 465-79, July-Oct. 2000. (http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010459702000000300015&script=sci_arttext&lng=pt) Acessado em 20.06.2007.

POSSAS, C. A.; NEPOMUCENO, A. L., “Bioética nas atividades com plantas geneticamente modificadas: contribuição ao código de ética das manipulações genéticas”. Pg. 163 a 191 In: Revista Parcerias Estratégicas nº 16. Outubro de 2002. Brasília. CGEE – Centro de Gestão e estudos Estratégicos. (2002)

POSSAS, M.L; SALLES-FILHO, S. L.; SILVEIRA, J. M., “*An Evolutionary Approach to Technological Innovation in Agriculture: some preliminary remarks*”, *Research Policy* 25, 933-945, 1996.

QUECINI, V. M.; VIEIRA, M. L. C, “Plantas Transgênicas”. Pg. 279 a 331 In: SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L.. Biotecnologia - Avanços na Agricultura e na Agroindústria. 1. ed. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2001. v. 2. 433 p.

- ROCHA, R. B et al. "O mapeamento genético no melhoramento de plantas". Revista BIOTECNOLOGIA Ciência & Desenvolvimento. KL3 Publicações. Ano VI. N. 30. pp. 27 – 32. Janeiro / Junho. 2003.
- RODRIGUES, C. M. "Gênese e evolução da pesquisa agropecuária no Brasil: da instalação da corte português ao início da república". Trabalho apresentado na 38 Reunião Anual para o Progresso da Ciência no período de 9 a 16 de julho de 1986. Curitiba. 1986.
- RODRIGUES, R; CRESTANA, S., "O desafio do topo da montanha". Artigo publicado na Revista *Agroanalysis* de abril de 2005. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br/imprensa/artigos/2005/artigo.DesafioTopoMontanha>.
- RUNGE & RYAN, "*The Global Diffusion of Plant Biotechnology: International Adoption and Research in 2004*", University of Toronto, 2004
- SALLES-FILHO, S. "A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectivas da biotecnologia". Tese de Doutorado. Campinas, IE/Unicamp, 1993.
- SALLES-FILHO, S., "Política científica e tecnológica para a agricultura", Workshop sobre Capacitación en Análisis de Cadenas Agroalimentarias y Macroeconomía/Políticas Agrícolas en América Latina, Rio de Janeiro, 1998.
- SALLES-FILHO, S.; BONACELLI, M. B., "Biotecnologia transforma bases da pesquisa agrícola". Artigo. Revista COMCIÊNCIA. São Paulo. 2003. Texto disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/agronegocio/15.shtml>
- SANDRONI, Paulo. "A questão agrária e o socialismo: notas sobre problemas econômicos e políticos". In: STÉDILE, João Pedro (coord.). A questão agrária hoje. 2.ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1994. p. 152-161.
- SCHAPER, M., HERNÁNDEZ, A.M., OLIVER, M.F., VÉLEZ, M.A. "*Cinco estudios sudamericanos sobre comercio y ambiente*". Fundación Futuro Latinoamericano. Grupo Zapallar. Equador. 2001
- SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L.. "Biotecnologia - Avanços na Agricultura e na Agroindústria". Primeira Ed. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2001. v. 2. 433 p.

- SILVEIRA, J. M. J. (Coord) "Avaliação das potencialidades e dos obstáculos à comercialização dos produtos de biotecnologia no Brasil". Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001 (Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos).
- SILVEIRA, J.M.F.J. "Progresso técnico e oligopólio: as especificidades da indústria de sementes no Brasil". (Dissertação Mestrado). Campinas: IE/Unicamp, 1985.
- SILVIERA, J. M. F. J.; "Relatório Setorial Preliminar: Biotecnologia". Brasil. FINEP, 2003.
Disponível em:
http://www.finep.gov.br/PortalDPP/relatorio_setorial/impressao_relatorio.asp?lst_setor=19.
- SILVIERA, J. M. F. J.; Borges, IC. "Um Panorama da Biotecnologia Moderna", 2004. in Silveira, JM, Dal Poz, ME, Assad, AL. "Biotecnologia e Recursos Genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil", Campinas, Brasil, 2004
- SILVIERA, J. M. F. J.; BUAINAIN, A. M.; BORGES, I. "Cultivos Geneticamente Modificados e Comércio de Commodities Agrícolas". Instituto de Economia/Unicamp. 2004
- SILVIERA, J. M. F. J.; FONSECA, M. G. "Biotecnologia na Agricultura e Inovações Tecnológicas - Novas questões, Novos rumos". Texto apresentado no seminário 19/2005 do Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo, no dia 10/11/2005, 2005
- SIMÕES, M. R. A., "O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança e sua implementação pelo Brasil". Cena Internacional . Revista de Análise em Política Internacional. Ano 6 . Número 1. p. 59-81. Jun 2004 . ISSN 1518-1200
- SPADOTTO, C. A. "Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos". Revista Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, 2006. Disponível em: http://www.fmr.edu.br/npi_2php Acessado em 20.06.2007. 9p.
- TERRA, L. U. "A cédula de produtor rural (cpr) como alternativa de financiamento e hedging de preços na cultura da soja". 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- TRIGO, E. J. & KAIMOWITZ, D. "*Investigacion agricola y transferencia de tecnologia em America Latina en los años noventa*". Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 11, n.1/3, p. 96-123. Brasília, Embrapa, 1994.

- VALOIS, A.C.C., “A importância dos transgênicos para agricultura”. Caderno de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.18, n.1, p. 27-53, jan/abr. 2001. Disponível em: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/cct/v18/cc18n102.pdf>. Acessado em 20.06.2006
- VELASCO, L. O. M; CAPANEMA, L. X. L., “O setor de Agroquímicos”. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 69-96, set. 2006
- WILLIAMS, R.J.; BURT, R.L.; STRICKLAND, R.W. “*Plant Introduction*”. In: SHAW, N.H.; BRYAN, W.W., ed. *Tropical Pasture Research; principles and methods*. Hurley Berkshire, England. Commonwealth Agricultural Bureaux, 1976. Cap. 5, p. 77-100. (Bulletin, 51)
- YAMAMURA, S., SALLES-FILHO, S., PAULINO, S. “Propriedade intelectual e plantas transgênicas: discussões atuais sobre ciência, tecnologia e inovação”. In: Revista Parcerias Estratégicas nº 25. Dezembro de 2007. Brasília. CGEE – Centro de Gestão e estudos Estratégicos. (2007)

Apêndice

Lista com os nomes dos especialistas entrevistados

1. Dr. Dario Grattapaglia – Embrapa CENARGEN
2. Dr. Joaquim Aparecido Machado – Syngenta Seeds
3. Dr. Marcio de Castro Silva Filho – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)
4. Dr. Paulo Arruda – UNICAMP e Alellyx
5. Dr. Ruy Caldas – Universidade Católica de Brasília (UCB)

Questionário utilizado para condução da entrevista semi-estruturada

1. Em sua opinião, quais os cenários futuros para melhoramento genético vegetal (estado da arte, tendências desse estado da arte) e seus possíveis impactos na capacitação de recursos humanos e para a competitividade da agricultura nacional e mundial?
2. Qual o posicionamento do Brasil em relação a este cenário? O país vem acompanhando o ritmo e a direção das mudanças que estão em curso no mundo?
3. A base de competência instalada no país (recursos humanos e materiais) é competitiva?
4. Qual a sua percepção do nível de atualização e de desatualização da base de competência instalada no país (em relação ao mundo) e de quão distante estaremos da fronteira do conhecimento científico e tecnológico e do uso das técnicas de melhoramento genético vegetal no horizonte próximo (5 e 10 anos), para cada técnica listada abaixo Se possível comente:

Legenda: (-2) muito desatualizado (-1) desatualizado (1) medianamente atualizado (2) atualizado

Bioinformática		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
Biologia de Sistemas		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
Biologia Sintética		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2

Biossegurança ciência que estuda os riscos de impactos decorrentes do uso da biotecnologia no meio ambiente e saúde humana		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
Clonagem		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
Marcadores Moleculares		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2

Ciências Genômicas

Engenharia Genética		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
Evolução <i>In Vitro</i>		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2

Seqüenciamento Genético		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2

QUAL OUTRA TECNICA PRECISARIA SER CONSIDERADA NA ANÁLISE?

		Situação da pesquisa em relação à fronteira do conhecimento				Disseminação das técnicas no trabalho de melhoramento			
	Atual	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	5 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
	10 anos	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2

- Por que essa distância ocorre e quais as implicações da situação atual do ponto de vista da competitividade?
- Como o atual marco regulatório (ver abaixo) influencia os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de plantas?

	Muito negativamente	Negativamente	Indiferente	Positivamente	Muito positivamente
Lei de Biossegurança					
Lei de Sementes					
Lei de Proteção de Cultivares					
Lei de Propriedade Industrial					
Acesso aos recursos genéticos					

Acordo de Cartagena					
Financiamento da pesquisa pública					

7. Impacto do não patenteamento de genes e OGMs em geral (exceto microrganismos)

	Muito negativamente	Negativamente	Indiferente	Positivamente	Muito positivamente
Competitividade da agricultura nacional					
Capacitação em melhoramento genético vegetal					
Investimentos públicos em pesquisa em biotecnologia agrícola					
Investimentos privados em pesquisa em biotecnologia agrícola					
Desenvolvimento de novas cultivares					
Desenvolvimento de novas cultivares transgênicas					
Proteção de cultivares					

8. Diante o exposto, quais seriam suas recomendações políticas para que o Brasil se mantenha competitivo no campo do melhoramento genético vegetal e fortaleça sua base de competência?