

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

MARIA ESTER SOARES DAL POZ

"DA DUPLA À TRIPLA HÉLICE: O PROJETO GENOMA XYLELLA"

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

Orientador: Prof. Dr. Sandra de Negraes Brisolla

Este exemplar corresponde à
redação final da dissertação
por Maria Ester S. Dal Poz
e aprovada em 21/11/2000
por Sandra de Negraes Brisolla
ORIENTADOR

CAMPINAS - SÃO PAULO

Novembro - 2000

200104888



UNIDADE B.C.
 V.º CHAMADA: 1/UNICAMP
D168d
 Ex.
 OMBO BC/ 43647
 PROC. 16-892/00
 C ☐ D ☒
 REC# R\$ 1.00
 DATA 08/02/01
 1.º CPD

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

M-00153326-4

Dal Poz, Maria Ester Soares
 D15d "Da dupla à tripla hélice: o projeto Genoma *Xylella* / Maria Ester Soares
 D168d Dal Poz .- Campinas, SP.: [s.n.], 2000.
 Orientador: Sandra de Negraes Brisolla
 Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto
 de Geociências.
 1. Política Científica. 2. Inovação Tecnológica. 3. Biotecnologia.
 4. Genética Molecular. I. Brisolla, Sandra de Negraes. II. Universidade
 Estadual de Campinas, Instituto de Geociências III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

MARIA ESTER SOARES DAL POZ

"DA DUPLA À TRIPLA HÉLICE: O PROJETO GENOMA XYLELLA"

ORIENTADORA: Profa. Dra. Sandra de Negraes Brisolla

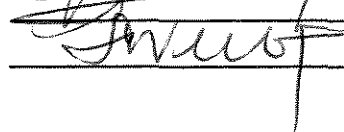
Aprovada em: 21 / 11 / 00

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Sandra de Negraes Brisolla

Prof. Dr. Carlos Henrique Brito Bruz

Profa. Dra. Léa Velho

 - Presidente


Campinas, 21 de novembro de 2000



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

"DA DUPLA À TRIPLA HÉLICE: O PROJETO GENOMA *XYLELLA*"

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Maria Ester Soares Dal Poz

RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo do caso do Projeto Genoma *Xylella* (PGX), uma investida pública na área de política C&T da área de genética molecular.

Em 1996, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo percebe a lacuna que existia na área de genômica na base paulista de pesquisas. Era urgente que fosse instalado um programa de capacitação de pesquisadores, e, para tal, a bactéria *Xylella fastidiosa* teve seu genoma sequenciado. O PGX tem o objetivo de inaugurar as pesquisas em genética molecular, contribuindo com a futura resolução da *clorose variegada do citros*, importante fitopatologia das plantações de cítricos do Estado.

Encontram-se aliados interesses da universidade, do governo e das empresas agro-industriais de cítricos. Daí o título ser "Da dupla à tripla hélice": analisa o caso do PGX, um programa de pesquisa sobre o DNA - a molécula em dupla hélice - frente às tríplices relações entre universidade, empresa e governo. São discutidos:

- 1) *O contexto político-acadêmico da formulação e a implementação do PGX*, no Capítulo 1, no qual são analisados os parâmetros científicos da tomada de decisão acerca do PGX e sua implementação, e o Capítulo 2, referente ao papel do setor de cítricos na definição do organismo a ser geneticamente sequenciado.
- 2) *Os nexos tecnológicos das pesquisas sobre a *X. fastidiosa*, em termos da resolução do problema da CVC, vis-a-vis as redes de biotecnologia internacionais.*

O caso da rede norte-americana de pesquisa genômica é apresentado no Capítulo 3, e demonstra como os programas integrados de pesquisa e capacitação de recursos humanos em várias áreas do conhecimento, as políticas de captação de recursos financeiros e o estabelecimento de direitos de propriedade intelectual são equacionados em rede. Um círculo virtuoso de *governança* é estabelecido entre os setores acadêmico e empresarial, que se beneficiam da pesquisa cooperativa, elevando o aporte de recursos financeiros para programas públicos de pesquisa, originando *spin offs*, e resultando em inovação.

- 3) *O potencial e os obstáculos para a formação de redes de inovação em biotecnologia no Brasil, dadas as dinâmicas de produção de conhecimentos em genômica geradas pelo PGX.*

Em termos científicos, o PGX alcançou todos seus objetivos, originando uma malha de pesquisas em genômica no Brasil e fora dele; alcançou visibilidade social e política e é hoje um modelo de gestão como programa de C&T, colocando o Brasil no contexto internacional do mercado de modernas biotecnologias derivadas de genômica.

Diante do caráter semipúblico das informações genômicas no contexto internacional, os resultados de pesquisa básica originam biotecnologias, desde que três grupos de fatores condicionantes - *integração das pesquisas com negócios de desenvolvimento de biotecnologias, criação de novas e alternativas formas de captação de recursos financeiros e organização de estrutura institucional* sejam equacionados. O endereçamento destes fatores pode induzir a emergência de redes de bio-inovações, garantindo que os esforços de capacitação de pesquisadores e os resultados de pesquisa no Brasil não se restrinjam à fase de sequenciamento genômico. Esta análise prospectiva constitui o Capítulo-Conclusão deste estudo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica

"DA DUPLA À TRIPLA HÉLICE: O PROJETO
GENOMA *XYLELLA*"

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Maria Ester Soares Dal Poz

ABSTRACT

This thesis examines the Genome *Xylella* Project (GXP) case, a governmental effort of S&T policy in molecular genetics.

In 1996, the Research Foundation of the State of São Paulo Research detected a research gap in genomics scientific area base. It was urgent to address a human resources capacitation and research program. Then, *Xylella fastidiosa*, a bacterial organism, was chosen to have its genome sequenced. GXP was implemented, aiming at inaugurating molecular genetics research, that could contribute with *citrus variegated chlorosis*, a serious phyto-pathology of citrus crop, caused by *X. fastidiosa* in the State of São Paulo.

Interests of academia, principal locus of knowledge production, government - represented by Fapesp - and agribusiness citrus production sector are allied. Therefrom is the title "From the double to triple helix". This is a GXP analysis, that is a DNA - the inherited double helix molecule - research program, in front of university-industry-government triple relationships. There are discussions regarding:

- 1) *The PGX formulation and implementation processes*, what is made in Chapter 1 and 2.
- 2) *The technological nexus of X. fastidiosa scientific research, vis-a-vis the international biotechnology networks*.

The USA genomics and biotech network case is presented in Chapter 3. It demonstrates how are sorted, in network, the integrated programs for the capacitation of human resources, in many knowledge areas, research funding mechanisms and research results appropriability rules management. As a result, this system brings modern biotech innovation. A governance virtuous cycle is established, that makes a proclivity academic and entrepreneurship sectors profit condition from cooperative research. This makes the increasing the funding resources for public research programs, creates *spin offs* and results in process and product innovation.

- 3) *The potential and the obstacles of a biotech innovation network development in Brazil, since the genomics knowledge production dynamics inbred by GXP*.

In scientific terms, GXP has reached all its objectives, and has originated a genomics research spot inside and outside Brazil; it has reached social and political visibility, and today is a multidisciplinary and interinstitutional model of management, that puts Brazil in the international genomic driven biotech marked context, for which scale and scope human resources are needed.

In the face of semi-public character of genomic information in the international context, it is possible to transfer basic research results into biotechnologies, ever since three groups of conditional factors - *basic research and biotech business, new and alternative forms of funding creation and institutional structure organization* - are equated. The address of these factors may induce innovation networks emergence, assuring that researchers capacitation efforts and research results do not become restricted to genomic sequencing phase. This prospective analysis constitutes the Conclusion-chapter of this study.

Agradecimentos

Eu não tenho palavras para agradecer à minha Professora Orientadora, Dr^a Sandra Brisolla. Acredito que ensinar pelo caminho da autonomia e da confiança seja mesmo a única forma de o fazer, e foi isto que tive.

Um dia, quando minha vida profissional estava numa encruzilhada, uma amiga se lembrou de mim, e me trouxe o *folder* do DPCT. A ela, Ludmila Antunes, desejo, como agradecimento, um brilho nos olhos.

Aos meus colegas da turma de 1998, agradeço os deliciosos dias de convívio, ainda que, morando em São Paulo, eu tenha aproveitado menos do que gostaria.

Aos meus professores e colegas de pesquisa, pelo exemplo de seriedade e competência acadêmica.

Ao meu marido, Bueno, e às crianças, que têm me suportado durante esta busca pelos meus objetivos.

Sumário

Introdução

A. Tema

B. Objetivos

B.1. Contexto gerador da formulação e implementação do PGX 2

B.2. Nexos tecnológicos do PGX 7

B.3. Potencialidades e obstáculos à moderna biotecnologia no Brasil 11

B.3.1. Integração de C&T: pesquisas em genômica e os negócios de desenvolvimento de biotecnologias 13

B.3.2. Formas de financiamento e de captação de recursos financeiros 14

B.3.3. Competências institucionais e recursos humanos 15

C. Instrumentos de Investigação 17

C.1. Instrumental Analítico 17

C.2. Instrumental de Campo - em Anexos Metodológicos 157

Parte I - Estudo de Caso do Projeto Genoma *Xylella* (PGX) 23

Capítulo 1 - Contexto Gerador do PGX: Parâmetros Científicos 23

1.1. A Formulação do PGX 24

1.2. A Implementação do PGX 27

1.3. O PGX enquanto política de C&T 34

1.4. Pesquisa em genômica: relações entre universidade, empresa e governo 37

Capítulo 2 - Contexto Gerador do PGX: o papel do setor de cítricos 39

2.1. O impacto econômico da clorose variegada dos citros no Brasil 48

2.2. Demanda Tecnológica e Esforços de P&D 55

Parte II - Políticas de Pesquisas de Genoma no Contexto Internacional

Capítulo 3 - Redes Tecno-econômicas em Genômica nos Estados Unidos 60

3.1. Rede de Pesquisas em Genômica de Vegetais 65

3.1.1. Dinâmicas da Produção de Conhecimentos 65

3.1.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado 70

3.1.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política.	74
3.2. Projeto Genoma Humano (PGH)	78
3.2.1. Setor 1 do PGH	82
3.2.1.1. Dinâmicas da Produção de Conhecimentos	82
3.2.1.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado	83
3.2.1.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política	87
3.2.2. Setor 2 do HGP	89
3.2.2.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos	89
3.2.2.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado	92
3.2.2.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política	95
3.2.3. Setor 3 do HGP	97
3.2.3.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos	97
3.2.3.2. Dinâmicas de Mercado e Nexos Tecnológicos	100
3.2.3.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política	105
3.2.4. Análise conjunta dos Setores 4, 5, 6 e 7	106
3.2.4.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos	107
3.2.4.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado	109
3.2.5. Conclusões do capítulo	117
Capítulo 4 - Conclusões: Genes, Seqüências e Conseqüências	120
4.1. Os ganhos do Projeto Genoma <i>Xylella</i> : aprendizado científico e pesquisa colaborativa	120
4.2. A dinâmica de pesquisas criada pelo PGX e seu entorno tecnológico	129
4.2.1. Dificuldades das relações universidade- empresa -governo no Brasil	130
4.3. O potencial e os obstáculos para a formação de redes de inovação em biotecnologia	135
4.3.1. Integração de C&T: pesquisas em genômica e os negócios de desenvolvimento de biotecnologias	137
4.3.2. Formas de financiamento e de captação de recursos financeiros	141
4.3.3. Competências institucionais e recursos humanos	143
Bibliografia	150
Anexos 1 - Anexos Metodológicos	154

Lista de Tabelas

Tabela 1.1.1. Totais de Artigos Publicados pelo Conjunto de Principais Instituições de São Paulo (1981-1993) Por área do Conhecimento	24
Tabela 1.1.2. Recursos Totais ao Ensino e Pesquisa nas Universidades Pública Paulistas	25
Tabela 2.1. Projetos do Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", em (1999)	46
Tabela 2.2. Projetos de pesquisa em citros financiados pela Fapesp / Excluído o PGX (por instituição/período 94-98)	46
Tabela 2.3. Investimento Global da Fapesp em Pesquisas Relativas ao Setor Citrícola (1994-98)	47
Tabela 3.2.1. Mecanismos de Transferência de Tecnologias Vigentes nos EUA	85
Tabela 3.2.2. Atividades de Transferência de Tecnologias - OTT - 1993-99	94
Tabela 3.2.3. Orçamento do NCI para o ano 2000	103
Tabela 3.2.4. Recursos dirigidos ao HGP (1995 a 1999)	106
Tabela 3.2.5. HGP - Programas de Pesquisa e Educação <i>on line</i>	108
Tabela 3.2.6. Alguns programas mistos de <i>Databases</i> do HGP	109
Tabela 4.1. Instituições de pesquisa e comercialização de produtos de genômica nos EUA	145

Lista de Figuras

Figura 1.2.1. Logotipo da Organização para Sequenciamento e Análise - ONSA.	28
Figura 2.1. Fotomicrografia de <i>Xylella fastidiosa</i>	42
Figura 2.2. Folha de Citros com "amarelinho"	43
Figura 2.1.1. Corte transversal de vaso do xilema de citros colonizado por <i>Xylella fastidiosa</i> .	42
Figura 2.1.2. Planta infectada por CVC	52
Figura 2.1.3. Frutos de planta infectada por CVC	52
Figura 2.2.1. Cadeia Inovativa de Citros	55
Figura 2.2.2. Cadeia Produtiva de Citros	56
Figura 3.1.1. Rede de Pesquisa Básica e Qualificação em Genômica de Vegetais	67
Figura 3.1.2. Pesquisa Estratégica em Agricultura Internacional	76
Figura 3.2. Mapa Panorâmico <i>Human Genome Project</i> e seus <i>spins offs</i>	79
Figura 3.2.1. Setor 1 do HGP - Pesquisa Estratégica em Genômica	82
Figura 3.2.2. Setor 2 do HGP -Programas de Suporte à Pesquisa Básica em Genômica	90
Figura 3.2.3. Setor 3 - <i>National Cancer Institute</i> dos NIH Redes Intramuros (I) e Extramuros (E)	99
Figura 3.2.4. Setor 4 do HGP - <i>National Human Genome Research Institute</i>	112
Figura 3.2.5. Setor 5 do HGP - <i>Human Genome Management Information System</i>	114
Figura 3.2.6. Setor 6 do HGP - <i>Human Genome Research Institute</i>	115
Figura 3.2.7. Setor 7 do HGP - Rede de Pesquisas dos <i>National Institutes of Health</i>	117

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1.1. Produção Científica do Estado de São Paulo por Área do Conhecimento
no País - 1995 (em milhares de artigos) 26

Gráfico 1.1.2. Produção Científica do Estado de São Paulo e do Brasil no Exterior 26

Gráfico 2.1.1. Vantagem Relativa na Exportação (VRE) Agropecuária, Brasil, 1985-1995 52

Lista de Siglas e Abreviações: ver Apêndice 1 157

Introdução

A. Tema

Esta dissertação apresenta um estudo de caso da formulação e implementação do Projeto Genoma *Xylella* (Fapesp – 1997-2000), deste ponto em diante PGX, que é uma investida pública na área de política C&T em genética molecular. A agência de fomento à pesquisa, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - a Fapesp - autarquia estadual brasileira de financiamento à pesquisa científica e tecnológica¹ representa o governo, neste projeto que envolve também a universidade, como centro de produção de conhecimentos e as empresas do setor agrícola de produção de cítricos e do setor industrial de produção de suco cítrico, como setor de utilização de inovações tecnológicas.

Em 1996, a Fapesp percebe a lacuna que existia na área de biologia molecular e genômica na base de pesquisas paulista. Era urgente que fosse instalado um programa de capacitação de pesquisadores e, para tal, escolheu-se a bactéria *Xylella fastidiosa* para ter seu genoma sequenciado. Produzir conhecimentos em genômica desta bactéria poderia contribuir com a futura resolução do problema do "amarelinho", ou clorose variegada do citros (CVC), a mais importante fitopatologia das plantações de cítricos do Estado de São Paulo e que resulta em enormes perdas de produção. Assim, em 1997, a Fapesp implementa o PGX.

Este é um caso no qual alinham-se interesses nos âmbitos da universidade, principal *locus* da produção de conhecimentos, do governo - representado pela Fapesp - e das empresas agro-industriais de produção de cítricos. Daí o título desta dissertação ser "Da dupla à tripla hélice": analisa o caso do PGX, que é primordialmente um programa de pesquisa sobre o DNA - a molécula hereditária em dupla hélice – e de capacitação científica, frente às tríplexes relações entre universidade, empresa e governo.

Produziu-se, então, esta análise de política de C&T no âmbito do fomento à pesquisa científica e de sua importância para o desenvolvimento da moderna biotecnologia no Brasil.

¹ A Lei Orgânica n. 5918 de 18/10/60 criou a Fapesp, de modo a executar a disposição de amparo à pesquisa científica prevista na Constituição Estadual de 1947. Em 1989 seus recursos orçamentários foram elevados de 0,5 para 1% dos recursos orçamentários do Estado. Com isto, ampliou-se o objetivo de investimentos também para aplicação em desenvolvimento tecnológico.

B. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivos explorar três questões acerca do PGX:

- 1) *O contexto político-acadêmico da formulação e o processo de implementação do PGX.*
- 2) *Os nexos tecnológicos das pesquisas sobre a X. fastidiosa em termos da resolução do problema da CVC, vis-a-vis as redes de biotecnologia internacionais e,*
- 3) *O potencial e os obstáculos para a formação de redes de inovação em biotecnologia no Brasil, dadas as dinâmicas de produção de conhecimentos em genômica geradas pelo PGX.*

B.1. Contexto gerador da formulação e implementação do PGX

O primeiro objetivo é o de compreender o contexto gerador da formulação e o processo de implementação do projeto - discutidos nos Capítulos 1 e 2, respectivamente.

Os objetivos institucionais declarados pela agência de pesquisa são os de instaurar uma nova área de pesquisas científicas no Brasil, fazendo com que a produção científica brasileira possa participar da comunidade internacional de genômica² As estratégias de implantação do PGX levaram em conta o fato de que não havia competências científicas instaladas para a realização de tal meta de pesquisas. Seguindo a tendência global de acordos entre setores governamentais e privados para o desenvolvimento de pesquisas em biotecnologia, o organismo escolhido como objeto de pesquisa têm papel importante na economia do Estado de São Paulo.

Estas duas disposições, a de produzir um sistema de qualificação de pesquisadores em genômica e a de produzir informações científicas relevantes para o sistema econômico ficam patentes no texto que traz os objetivos gerais e específicos do PGX.

O principal objetivo do projeto está assim disposto:

"Criar uma rede de laboratórios no Estado de São Paulo para sequenciar o genoma completo da bactéria Xylella fastidiosa. Como resultado destes esforços, pretende-se conseguir o aumento significativo do número de laboratórios no Estado capazes de utilizar moderna técnicas de biologia molecular. O Projeto Genoma Xylella pretende instaurar treinamento para estudantes de graduação em biologia molecular necessários para o desenvolvimento, no Brasil, de uma "cultura de genômica".

² O termo vem sendo utilizado como a tradução de *genomics*, em inglês. Aplica-se aos estudos sobre genética molecular dos organismos, no que tange o sequenciamento de DNA, a determinação de funções gênicas e o nexo entre genes e produção proteica.

Isto representa a oportunidade para grupos de pesquisa que não estão familiarizados com biologia molecular básica conseguir qualificação e treinamento nestas técnicas para a futura incorporação em seus próprios programas de pesquisa”³.

A partir destes objetivos institucionais, é que o projeto é analisado no Capítulo 1, ou seja, como programa público inaugural de pesquisa e capacitação de pesquisadores em genômica no Brasil. A situação da base científica na área de ciências biológicas anterior à formulação do PGX é apresentada, porque evidencia a lacuna das pesquisas em genética molecular que existia antes do projeto, e que justifica a investida pública realizada nesta área científica. Também são analisadas as estratégias para a formação e capacitação de recursos humanos adotadas pela Fapesp, num processo de gestão inter-disciplinar e multi-institucional. O Capítulo 1 inclui a demonstração de que o sistema de pesquisas gerado apresenta características de ciência coletiva e colaborativa, típicas de áreas científicas emergentes e da fronteira do conhecimento e imprescindível para o caso específico da genômica. Nesta área, as pesquisas, além de apresentarem altos custos de financiamento, requisitam especiais esforços de articulação dos vários componentes do setor de produção de conhecimentos – como pesquisadores das áreas de biologia molecular, genética e informática. Neste contexto, a aplicação de recursos públicos e de esforços integrados no desenvolvimento de atividades em genômica fazem muito mais sentido quando colocados sob um cenário, ainda que em segundo plano, do desenvolvimento de inovação tecnológica. O pano de fundo passa a ser o da produção científica e dos futuros nexos tecnológicos que pudessem levar à solução do problema do CVC, o que inscreve a discussão no âmbito das relações entre universidade, empresa e governo.

A iniciativa pioneira da Fapesp visou fundar os pilares da genômica no Brasil, considerando-se o estágio bastante incipiente em que se encontrava até recentemente. O Genoma Fapesp – inaugurado pelo PGX - faz parte do desenvolvimento de linhas de pesquisa temática, também conhecidas como “projetos induzidos” que, em contrapartida aos projetos “de balcão”⁴, objetivam atingir certo conjunto de missões acadêmicas e seus nexos com os setores produtivos da sociedade. Incentivando as relações universidade-empresa, muitos dos programas dirigidos⁵ - como é o caso do PGX - tratam

³ O texto citado pertence ao Edital que normatiza o Projeto Genoma *Xylella* e está disponível no site www.fapesp.br.

⁴ Projetos “de balcão” tradicionalmente atendem às demandas gerais por pesquisa básica e não necessariamente aplicada nem vinculada à sua relevância econômica. Atendem à demanda acadêmica.

⁵ O termo “dirigido” refere-se a alguns projetos cuja perspectiva é a de fomentar a pesquisa em áreas promissoras em relação ao impacto que podem produzir sobre o sistema econômico-social. Entre eles estão: a) os projetos temáticos - de maior envergadura envolvendo equipes maiores de reconhecida autoridade científica, b) projetos que envolvem interação entre universidade e empresa - que por ter este formato têm possibilidade de ter impacto econômico, c) projetos desenvolvidos e coordenados pela própria Fapesp, integrando grupos científicos diversos, como é o caso do Genoma Fapesp. Todos têm coordenação de acadêmicos.

de aproximar os resultados da produção científica e tecnológica de sua aplicação nos setores produtivos⁶.

No mundo todo, a organização da pesquisa colaborativa parece ser um aspecto imperativo da genômica. As jornadas científicas nesta área são bastante volumosas; moléculas de DNA possuem no mínimo alguns milhões de pares de bases nitrogenadas⁷ a serem seqüenciadas; mapas genéticos necessitam ter seus genes e respectivas funções determinadas, e podem ser ativados ou desativados, dependendo do produto tecnológico que se deseja obter. No caso da produção de cítricos, o produto tecnológico pode ser uma ou mais moléculas bloqueadoras de um ou mais genes causadores que mantêm a relação hospedeiro-parasita.

Orientado por um conjunto de parâmetros científicos e político-econômicos, o PGX é implementado com recursos iniciais da ordem de US\$ 12 milhões, para a instalação de laboratórios de pesquisas em genética, biologia molecular e bioinformática e capacitação de recursos humanos. A Fundecitrus⁸ - instituição de P&D do setor da agroindústria de cítricos - esteve envolvida como parceira da Fapesp no processo de implementação do PGX, contribuindo com 3,2% dos recursos financeiros totais. O Instituto Ludwig de Pesquisas sobre o Câncer foi sede da Coordenação de DNA, organizando os trabalhos de sequenciamento – apesar de não os ter realizado. Dois Laboratórios Centrais, um na Universidade de Campinas e outro na Universidade de São Paulo e uma Coordenação de Bioinformática, do Instituto de Computação da Unicamp, formaram o conjunto de organização do projeto.

A estrutura dada ao programa permitiu alcançar objetivos de capacitação de pesquisadores em genética, biologia molecular e genômica. Um duplo padrão de motivação parece dirigir os interesses dos pesquisadores em trabalhar conjuntamente. O primeiro é o tradicional *ethos* em busca da legitimação social do conhecimento e a busca de recompensas sociais da vida científica na forma de normas, reputações e posições acadêmicas (Braun, 1998). O segundo é o comportamento que pode compatibilizar a produção de conhecimentos acadêmicos com o desenvolvimento econômico do sistema político-societal no qual a pesquisa está inserida. Este último vem sendo mais explicitamente

⁶ A Fapesp teve a possibilidade de ampliar consideravelmente seu apoio a projetos "dirigidos" sem comprometer o financiamento normal à pesquisa acadêmica básica principalmente devido a ter dobrado o fluxo de recursos orçamentários em 1989.

⁷ Duas bases nitrogenadas (adenina e timina e citosina e guanina) são mantidas juntas por ligações de átomos de hidrogênio. Duas tiras de DNA são mantidas juntas na forma de uma dupla hélice pelas ligações entre estes pares.

⁸ Fundecitrus: Fundação para a Defesa da Citricultura, instituição que agrega produtores rurais e indústria de derivados cítricos.

conduzido como “empreendimento científico” e seus objetivos são fundados nos parâmetros da *capitalização do conhecimento* (Etzkowitz, 1998). O que antes eram demandas externas ao sistema científico, passam a ser considerados como fatores intrínsecos das tomadas de decisão sobre a agenda de pesquisa. O conceito de que as atividades comerciais fazem parte de um “mundo externo” àquele que constrói teorias e acumula conhecimentos perde seu significado. Sob o pressuposto de que a universidade não é uma ilha dentro da sociedade, as agendas de pesquisa serão pautadas pelo conjunto de fatores no qual o conhecimento é produzido. Não se trata necessariamente de ferir a autonomia da formulação da agenda de pesquisa, mas introduzir fatores relevantes derivados não só das vontades e idiossincrasias dos pesquisadores, mas do conjunto de papéis sociais, econômicos e políticos que a produção do conhecimento desempenha.

A incorporação destes novos conceitos acerca da produção de pesquisas faz aportar novas questões sobre a estrutura da organização destas atividades para que se possam cumprir seus objetivos. A aproximação com o setor de produção de bens e serviços implica numa mudança do *ethos* acadêmico, capaz de operar a busca por informações sobre demandas tecnológicas relevantes para a agenda científica. Da mesma forma, cumpre investigar os mecanismos através dos quais a ação do Estado pode transformar a cultura empresarial para modificar a dinâmica de inovações no país e aumentar sua intensidade e ligação com o sistema nacional de pesquisa.

Por isto, o Capítulo 2 toma o PGX sob o ponto de vista de sua importância estratégica na aproximação entre o setor governamental, acadêmico e produtivo, estabelecendo relações capazes de gerar novas tecnologias. A instalação de programas de pesquisa que possam levar à resolução do CVC é da maior relevância para a economia agrícola do Estado de São Paulo, líder mundial de mercado de cítricos, disposição esta que aparece no Edital sobre o PGX:

‘O foco do programa é desenvolver a habilidade para sequenciar o material genético de um microrganismo em larga escala, providenciando informação genética detalhada, importante para a agricultura e áreas correlatas’⁹.

No Capítulo 2 buscam-se evidências da importância das exportações de cítricos para a economia do Estado. Procura-se também caracterizar a estrutura oligopsônica do mercado: o setor de cítricos é formado por centenas de produtores rurais e apenas cinco grandes empresas de sucos e derivados cítricos. Uma revisão acerca do comportamento histórico do setor em busca de soluções tecnológicas, envolvendo a procura por conhecimentos científicos gerados em instituições públicas

⁹ Retirado do mesmo Edital que consta na Nota de Rodapé nº 2.

paulistas de pesquisa, demonstra como o desempenho de interações entre universidade e empresa vem equacionando muitos gargalos produtivos do setor. Os recursos financeiros dirigidos ao PGX - ainda que seu objetivo explícito e principal não seja o de geração de inovações para o setor de cítricos - representam uma real e inconfundível melhoria de aporte de recursos para pesquisa, porque poderão contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias de controle do CVC. Faz sentido, então, que a demanda tecnológica e os esforços de pesquisa empresarial sejam analisados a partir das cadeias produtiva e inovativa do citros, para que se chegue à compreensão das forças que dirigiram a tomada de decisão na qual a *X. fastidiosa* foi eleita como organismo a ter seu DNA seqüenciado.

A proposta é demonstrar também o papel das agências de financiamento no desenvolvimento de novas áreas de investigação e de mudanças na estrutura e organização da pesquisa em biotecnologia, de forma a que as interações universidade-empresa-governo sejam favorecidas. Visto como programa estratégico de pesquisas, o PGX contemplou as dinâmicas econômicas locais e internacionais quando escolheu sequenciar a bactéria que representa o maior problema fitossanitário da citricultura brasileira.

O sequenciamento dos genes de um organismo permite desenhar e construir moléculas biologicamente importantes. Genes são longos trechos de moléculas de DNA que trazem, em código, as informações para que uma célula produza suas proteínas. Cada espécie de organismo produz proteínas próprias, que são "ferramentas metabólicas" das reações essenciais à manutenção do equipamento celular e à integridade do organismo. Conhecendo-se a relação gene-proteína, pode-se desenhar moléculas bloqueadoras ou promotoras do metabolismo, alterando-se assim a atividade biológica dos organismos. O bloqueio de um gene de manutenção do parasita no seu hospedeiro, por exemplo, impede a infecção e leva ao controle permanente da patologia.

A difusão do uso comercial destas moléculas significa aplicação biotecnológica do resultado de pesquisa e modifica o mundo econômico, causando re-estruturação das relações produtivas de certo conjunto de empresas. A utilização de biotecnologias¹⁰ leva antigos recursos tecnológicos à obsolescência. Limitando-se a expressividade ou bloqueando os genes responsáveis pela manutenção

¹⁰ Biotecnologias são o resultado da aplicação de conhecimentos científicos de agronomia, biologia, biologia molecular, genética e genômica em áreas produtivas. A biotecnologia "tradicional" realiza processos de manutenção de germoplasma, seleção de variedades resistentes a pragas ou doenças, etc. A "moderna" biotecnologia, cujos avanços são muito mais recentes, é derivada de conhecimentos sobre os genes dos organismos. À medida que se conhece mais cientificamente a estrutura e a forma de biomoléculas, conhecem-se também suas funções bioquímicas, o que pode dar origem a novas tecnologias nos setores agropecuários, farmacêutico, nutricional, cosmético e químico.

da relação hospedeiro-parasita de fito-patógenos, produz-se a resolução para o problema fitossanitário. A produtividade agrícola do setor aumenta, não só por conta da ausência do parasita, mas também pela economia de insumos agrícolas antes utilizados. É assim que toda a cadeia produtiva passa a ter novos componentes – por exemplo plantas resistentes ao patógeno - e muitos dos antigos insumos não são mais requeridos.

Neste contexto compreende-se a lógica comum entre as duas maiores justificativas da Fapesp em iniciar o PGX: dar um salto qualitativo do pessoal científico em biologia molecular e genômica, criando uma rede de pesquisa científica, e, na medida em que volta a agenda de pesquisa para um agente patogênico de relevância agrícola, busca futuras interações entre a produção de conhecimentos e os setores produtivos.

B.2. Nexos tecnológicos do PGX

O segundo objetivo deste estudo é analisar o PGX em relação aos seus nexos tecnológicos, já que o projeto induz a formação de massa crítica que crie escala e escopo para futuras atividades biotecnológicas no país.

Nos países centrais, as atividades em genômica, articuladas à produção de biotecnologias têm apresentado um interessante quadro de vitalidade econômica. É natural, então, que se busque entender os parâmetros da articulação entre ciência e tecnologia desta área do conhecimento, nos casos em que estas atividades se mostram funcionais. Por isto, o Capítulo 3 traz um estudo sobre a estrutura de organização em rede da genômica nos EUA e dos fatores que a mantém.

Do estudo destes casos poderá emergir alguma compreensão acerca das potencialidades e obstáculos para a comercialização de modernas biotecnologias no Brasil. Julgou-se oportuno, então, utilizar o caso do PGX na discussão dos fatores que permitiriam ao setor produtivo de cítricos internalizar conhecimentos científicos na obtenção de tecnologias contra o CVC, *vis-a-vis* as formas como isto acontece nas redes internacionais.

A estrutura em rede parece equacionar três conjuntos de fatores intrínsecos da pesquisa em genômica, de modo que sejam geradas inovações. O primeiro deve-se ao alto custo da pesquisa; o segundo, à exigência de integração de recursos humanos de alta qualificação em muitas áreas do setor de produção de conhecimentos - genética, biologia molecular, bio-informática, física e engenharia - em colaboração com pessoal de P&D empresarial e, finalmente, o enorme volume de

trabalho científico envolvido no sequenciamento, mapeamento e determinação de funcionalidade gênica deve se apresentar articulado com o setor produtivo.

A organização em rede da genômica nos EUA é analisada sob a perspectiva de sua capacidade em originar inovações tecnológicas para os setores farmacêutico, de nutrição, agricultura e pecuária, e das interfaces tecnológicas entre eles. O resultado deste esforço em compreender a rede americana é utilizado como evidência empírica dos fatores que devem ser equacionados para que a pesquisa em genômica resulte em aplicação tecnológica.

Com a finalidade de demonstrar que estas redes consolidam Sistemas Nacionais de Inovação (SNI), estão em foco as perspectivas de análise *das dinâmicas de produção de conhecimentos, de transferência de tecnologia, que dinamizam mercados, e da governabilidade das dinâmicas reflexivas entre a produção de conhecimentos e o mercado*, que estão previstas pelo Modelo da Tripla Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1996). Este instrumental analítico supõe que a competitividade internacional se dá no nível dos SNI e de sua *governança* (governabilidade ou ainda dirigibilidade política). Dados alguns SNI, a competitividade entre eles será o resultado da capacidade dos governos em estabelecer uma estrutura de ações que dê conta de integrar este conjunto de dinâmicas, de modo a tornar o *movimento da tripla hélice* uma espiral “virtuosa”, e que as três esferas envolvidas obtenham vantagens.

A perspectiva das dinâmicas de produção de conhecimentos envolve aspectos relativos à capacitação científico-tecnológica de pesquisadores em genômica que são fundamentais na determinação das agendas de pesquisa para as quais o capital humano é essencial. Há também que considerar os nexos entre a produção de conhecimentos e as inovações tecnológicas, sendo que estas últimas são bastante influenciadas pelas dinâmicas de mercado. O papel do governo também é incorporado à análise, já que é responsabilidade do Estado estabelecer os mecanismos que garantam vantagens a todos os setores da sociedade.

Nas redes estudadas há intensa pesquisa colaborativa entre o setor público e o privado, executada por meio de contratação de pesquisas e que resulta em aprendizado técnico-científico para ambos os setores e desenvolve as competências gerenciais inter-institucionais. O desempenho de atividades de gestão institucional no cumprimento de contratos, administração de licenças técnicas, etc, aproxima atores das esferas acadêmica e empresarial e promove a transferência de tecnologias. Somente realizando P&D, contratando pesquisa e desenvolvendo novos produtos é que a indústria pode ser

capaz de avaliar quais conhecimentos e o quanto de ciência são necessários para a resolução de seus problemas tecnológicos (Mowery e Rosenberg, 1989). A análise da rede americana de genômica vem demonstrar como as empresas realizam P&D *in house*, contratam pesquisa e estabelecem quase duas dezenas de tipos de vínculos com os centros públicos de produção científica.

Diversas estratégias vinculam os componentes dos dois setores. Acordos de pesquisa e programas de aprendizado técnico-científico aproximam pesquisadores e atores da esfera empresarial, produzindo uma discriminada mas intencional vinculação de interesses públicos e privados nas pesquisas. Fica patente que os vínculos inter-institucionais não são apenas formais, mas vivenciados na execução destes programas de pesquisa colaborativa. Há uma mistura funcional discriminada e não casual entre atores que, uma vez delas participando, comportam-se como agentes de transferência de seu aprendizado e das biotecnologias geradas na rede. Os muitos braços das fases de execução e testes de novos produtos derivados de avanço das pesquisas desenvolvem-se de forma articulada na empresa e na universidade ou instituto público de pesquisa. As relações usuário-produtor estão inseridas nas redes, uma vez que associações de usuários também participam de testes de utilização de novos produtos agropecuários ou farmacêuticos e exercem pressão sobre as agendas da pesquisa pública. O que se deduz é que as dinâmicas de mercado, as de produção de conhecimento e as representações sociais encontram-se integradas. Esta teia de relações favorece a transferência de tecnologias, a participação de muitos setores sociais no processo inovativo e o aprendizado técnico-científico-institucional.

O setor público se torna um grande beneficiário dos resultados obtidos pela organização da pesquisa em rede, o que traz para o governo novas incumbências: os recursos humanos que sustentam a rede são mantidos por eficientes programas de educação técnico-científica, do nível da escolaridade fundamental à de formação e capacitação de pesquisadores. Os protagonistas da pesquisa científica têm oportunidade de vivenciar sua capacidade de gerenciamento de projetos de pesquisa de cunho tecnológico, o que resulta em melhoria das competências de gestão de projetos no nível institucional. Estes trâmites são apoiados por consultorias de escritórios governamentais e legislação nacional sobre apropriabilidade dos resultados de pesquisa científica, que balizam as vantagens obtidas pelos setores da academia e da indústria.

Recursos financeiros dirigidos para a pesquisa básica provêm do setor público, mantidos através de *grants* - “prêmios” que se baseiam em critérios de meritocracia acadêmica, mas que vêm sendo cada

vez mais vinculados aos de relevância social e econômica; projetos públicos também recebem recursos financeiros privados, através de contratação para pesquisa, consultorias, contratos de risco, licenciamento de propriedade intelectual a baixo custo e de métodos de pesquisa, contratos de pesquisa de custos compartilhados e utilização de laboratórios públicos; grande parte dos projetos é financiada por um conjunto de mecanismos especial e particularmente formulados para cada caso, que contam com mecanismos alternativos de captação de recursos, como capital de risco ¹¹.

O número de empresas nascentes que desenvolvem novos produtos derivados de genômica vem crescendo de modo impressionante: a maioria delas é encabeçada por pesquisadores da rede pública, que continuam ou não suas atividades originais, e que ganharam experiência na gestão de projetos de cunho tecnológico participando de pesquisa colaborativa. Como resultado de *spin offs* da produção acadêmica, mais de quatrocentas empresas de biotecnologia surgiram nos últimos três anos, a maioria financiada por mecanismos financeiros alternativos.

Cooperação para a pesquisa, contratos de risco, compartilhamento de ferramentas de pesquisa, utilização de rede comum de bases de dados e contratação de pesquisa pela empresa junto à universidade são mecanismos de vinculação intersetorial que aumentam o volume de recursos - sejam eles a base técnica, de recursos humanos ou financeiros disponíveis - e envolvem um grande número de instituições públicas na pesquisa, empresas e governo.

Ao formular o PGX, pretendeu-se, primordialmente, dar um salto científico qualitativo. Mas a escolha de um fito-patógeno de importância agrícola alarga os horizontes e possibilidades do projeto, colocando-o no âmbito dos nexos entre ciência e tecnologia. Abordar o PGX frente às redes internacionais não significa realizar uma comparação quantitativa, em termos do volume de pesquisas e recursos financeiros, da infra-estrutura de recursos humanos, ou do número de vínculos interinstitucionais. Mais proveitoso será entender o potencial e os obstáculos para que a aproximação entre a universidade e a empresa - como a definição coletiva de uma agenda cooperativa de pesquisa e o estabelecimento de contratos de cunho tecnológico - venha a se consolidar no caso da biotecnologia brasileira. A rede americana é indubitavelmente mais complexa, mas busca-se entendê-la em termos de: *a)* da estrutura e fluxo dos sistemas de capacitação, colaboração e aprendizagem, *b)* dos indicadores de transferência de tecnologia e

¹¹ Nos EUA, em 1997, foram aplicados recursos da ordem de US\$ 1 bilhão como capital de risco (*venture capital*) em empresas de biotecnologia. No mesmo ano, os investimentos totais em biotecnologia - somando-se o setor público e o privado foram de US\$ 9,5 bilhões.

proximidade das atividades de pesquisa (P) com as de desenvolvimento (D), demonstradas pelo número e tipos de vínculos entre programas de pesquisa e atividades de geração tecnológica e c) dos indícios de integração dos esforços de financiamento da pesquisa e fomento à criação de empresas de aplicação tecnológica.

Não se trata, enfim, de copiar ou importar modelos estruturais de organização da pesquisa, mas de verificar os elementos fundamentais que asseguram sua eficácia nos países centrais, nas formas de interação das dinâmicas entre seus componentes. O resultado da análise apresentada no Capítulo 3 é utilizado, nas Conclusões, para gerar insumos para futuras políticas de C&T em genômica e na moderna biotecnologia no Brasil.

B.3. Potencialidades e obstáculos à moderna biotecnologia no Brasil

Nas Conclusões deste estudo são avaliados os ganhos do PGX enquanto política científica e seu papel gerador de capacitação técnico-científica para a inserção desta nova comunidade de pesquisadores em genômica no contexto internacional.

Hoje, a partir dos resultados obtidos pelo PGX, o Brasil conta com recursos humanos de escopo e em escala suficientes para viabilizar as atividades de pesquisa científica em genômica. A partir da dinâmica de pesquisas instaurada pelo PGX é que passa a ser possível pensar nas potencialidades e barreiras para a formação de redes de bio-inovações no país, o que encaminha o terceiro objetivo desta dissertação.

Os principais objetivos do PGX, em termos de instalação da área de pesquisa científica, foram alcançados de modo a inserir o país na comunidade científica internacional de sequenciamento genômico. A Rede ONSA publicou, na Revista *Nature* de Junho de 2000, um artigo coletivo de 192 pesquisadores envolvidos no projeto. Nele são apresentados os resultados do sequenciamento da *X. fastidiosa*: 2,7 milhões de bases nitrogenadas de 2550 genes, 9 dos quais – os genes da goma xanthana, críticos para a compreensão da patogenicidade, foram patenteados.

Resultado de uma experiência de cooperação para pesquisa, esta rede científica tem firmado contratos com instituições americanas de pesquisa para sequenciar o DNA de outras cepas bacterianas de *X. fastidiosa*, como as que causam dano às videiras da Califórnia. Este tipo de atividade constitui evidência da inserção do Brasil no seleto grupo de pesquisas em genômica no mundo.

A visibilidade social e política do valor da pesquisa e da produção científica proporcionada por uma investida em C&T como esta é um marco para a história da ciência brasileira. O sucesso do projeto serve como eficiente argumento a favor da manutenção de recursos públicos para pesquisa e representa evidência indiscutível do potencial da ciência enquanto instrumento de desenvolvimento. Estas disposições podem-se materializar na geração de tecnologias que venham resolver gargalos produtivos ou aumentar o potencial de competitividade dos setores produtivos de um país. Ações concretas podem produzir a articulação entre a produção científica e seu entorno tecnológico, mas, no caso de países em desenvolvimento, alguns complicadores destas ações devem ser avaliados.

O quadro de vitalidade da biotecnologia nos países centrais – na verdade restrito aos EUA, Comunidade Européia e Japão – está baseado no fato de que há uma estrutura de governabilidade que baliza, equilibra e promove as interações dinâmicas entre a produção de conhecimentos e a geração de tecnologias.

O estudo das redes americanas – apresentado no Capítulo 3 – fornece evidência de que a arquitetura de organização das pesquisas em genômica é o fator crucial da geração de modernas biotecnologias. As providências tomadas para integrar esforços em genômica e biotecnologia podem ser agrupadas em três conjuntos.

O primeiro diz respeito à *integração das pesquisas em genômica com os negócios de desenvolvimento de biotecnologias* – representada por acordos e cooperação para pesquisa, capacitação de pesquisadores e educação continuada e pelos programas interinstitucionais de pesquisa básica vinculados ao desenvolvimento de novos produtos.

O segundo conjunto reúne as *formas de financiamento e de captação de recursos financeiros que permitem a continuidade e expansão da rede* – representadas pelos mecanismos públicos de fomento à pesquisa básica, investimentos privados em consórcios de pesquisa com o setor público e captação de fundos alternativos – como capital de risco para a geração de novas empresas.

O terceiro fator de integração é relativo à *estrutura institucional que sustenta a interação entre universidade, indústria e governo* – dada pelas formas de legislação e legalização das questões de propriedade intelectual, contratação de pesquisa, garantias de patenteamento e de retorno do investimento. A manutenção desta estrutura depende de recursos humanos e competências institucionais que executem a gestão de programas e projetos interinstitucionais e multi-disciplinares de forma a instaurar uma rede de inovações.

É preciso pensar, para o caso brasileiro, a situação de cada um dos conjuntos de providências que tornam as redes americanas funcionais, gerando vantagens para os três setores.

B.3.1. Integração de C&T: pesquisas em genômica e os negócios de desenvolvimento de biotecnologias

Dada a forma como a organização da pesquisa em genômica origina inovação tecnológica nos EUA, alguns mecanismos semelhantes poderiam ser “importados” deste modelo. O problema é que a empresa local não tem tradição de participação no cenário de C&T, falta definição para as questões de propriedade intelectual que garantam justas vantagens para os componentes, o que obriga a uma série de providências de ajuste, mas que, uma vez implementadas, devem resultar em aprendizado de gestão de C&T.

O oligopólio brasileiro de suco cítrico tem condições de participar da geração de tecnologias para levar a cabo a resolução do CVC. Neste caso, a parceria entre governo e empresas, em termos de recursos de financiamento, tem maiores condições de se firmar, mas é preciso disposição por parte da indústria em contribuir com porcentagens razoáveis do investimento. Caso isto não aconteça, as bases de P&D das multinacionais podem desenvolver tecnologias em seus laboratórios sediados nos países de origem, como é o caso da Cargill (Monsanto), líder mundial de mercado no setor de insumos para a agricultura, que gasta 2,0 bilhões ao ano em P&D. Em outras palavras, os resultados da pesquisa genômica realizada neste país podem ser apropriados, na forma de biotecnologias desenvolvidas em centros de P&D industrial fora do país, sem que seus principais agentes, os centros de pesquisa brasileiros, possam usufruir das vantagens que resultaram do seu próprio trabalho.

A falta de liderança empresarial brasileira capaz de estabelecer este tipo de *joint ventures* é o núcleo da dificuldade em instaurar relações entre universidade e empresa neste país. Esta condição é agravada, nos países em desenvolvimento, pela pouca preocupação do empresariado nacional em buscar novas tecnologias nos centros de pesquisa de C&T nacionais.

Um encaminhamento para esta situação é aproveitar o sucesso de um projeto como o PGX, trabalhando para a integração de pesquisas de cunho tecnológico. O sequenciamento da *X. fastidiosa* coloca à disposição da comunidade de pesquisas e do setor produtivo os conhecimentos acerca da bactéria que podem levar à resolução da CVC. Torna-se urgente a articulação com um empreendimento de cunho tecnológico, que procure obter resultados aplicáveis na produção em curto prazo. No âmbito acadêmico, esta iniciativa pode potencializar a visibilidade pública do PGX,

garantir a manutenção dos profissionais capacitados em genômica no contexto da pesquisa nacional e, à medida que o resultado tecnológico for se difundindo, reduzir os custos para o setor produtivo e provocar o retorno dos recursos financeiros derivados de licenças ou patentes para a agência de fomento.

Este tipo de esforço tecnológico depende da organização da pesquisa de modo a integrar os recursos disponíveis na base científica com esforços empresariais, criando-se *joint ventures* para o desenvolvimento de biotecnologias. Para a comunidade de pesquisa, isto pode representar oportunidade de prestação de serviços dentro e fora do universo acadêmico, originando, a médio prazo, empresas de pequeno porte que se especializem em *design* de moléculas, estudos de complementaridade gênica, etc, que resultam em aplicação tecnológica. A organização da pesquisa em rede de colaboração universidade-empresa-governo pode, então, significar vantagens para as três esferas.

B.3.2. Formas de financiamento e de captação de recursos financeiros

No mundo todo o setor público continua sendo o maior financiador de pesquisa, mas a tendência internacional tem sido a formação de parcerias entre o setor público e o privado. Na execução de programas de pesquisa em genômica e biotecnologia, vários tipos de consórcios, contratação de pesquisa, utilização de laboratórios públicos para execução de pesquisa colaborativa, programas de educação e capacitação continuada são co-financiados pelos dois setores. Alguns exemplos, apresentados no Capítulo 3, demonstram como os mecanismos públicos de financiamento científico vêm compondo múltiplos conjuntos com a iniciativa privada, representando melhoria substancial na captação de recursos financeiros. O mercado de capitais, principalmente o capital de risco e fundos intersetoriais, compõe a gama de mecanismos alternativos de suporte financeiro para pesquisa pública e fomento à pequena e média empresa de biotecnologia.

No caso brasileiro, a articulação destes mecanismos complementa a agenda de providências para que as pesquisas em genômica possam vir a instaurar uma rede de inovação biotecnológica. Este contexto de interação universidade-empresa mostra-se especialmente indutor de *spin offs*, na forma de novas e lucrativas empresas biotecnológicas, das quais os pesquisadores da rede pública podem fazer parte. Mecanismos ágeis e desburocratizados de financiamento público devem contemplar empreendimentos de curta duração, que integrem pesquisa colaborativa, possibilitando que novas empresas de biotecnologia sejam integradas à rede. A melhoria de condições resulta, então da

combinação de critérios de relevância acadêmica na seleção de projetos com avaliação empresarial da natureza do negócio.

O fomento às condições que desencadeiem estes mecanismos cabe à esfera pública, no âmbito das políticas de legalização e controle do mercado financeiro, garantindo segurança e retorno aos investimentos que possam significar captação alternativa de recursos para pesquisa colaborativa entre universidade e empresas. Ao setor produtivo cabe investir em consórcios e agir também como fomentador do mercado de capital, de forma a gerar fundos de investimento em P&D cooperativo.

O resultado positivo destas iniciativas favorece principalmente as agências de pesquisa, que podem obter vantagens tanto em termos de obtenção de fontes alternativas de recursos para pesquisa básica, quanto como beneficiária de licenças ou patentes. O efeito mais importante, no entanto, tanto para as agências como para as instituições públicas de pesquisa é a legitimidade social que estes projetos proporcionam.

B.3.3. Competências institucionais e recursos humanos

A rede de inovações é um sistema ímpar no qual interagem atores de diversas esferas da sociedade. Ao longo de períodos de desenvolvimento cooperativo de projetos interinstitucionais, os componentes da rede, do setor público ou do privado, acumulam competências nucleares.

As rotinas de resolução de problemas de ajuste internos, ou das interfaces com os outros setores permitem que haja *aprendizado* institucional. Os mecanismos de vinculação entre os setores de produção de conhecimentos, a agência de fomento e o setor produtivo são representados por contratos de pesquisa, propriedade intelectual e legalização de licenciamento de produtos de pesquisa. A integração vertical e os ajustes destes comportamentos de cooperação constituem oportunidade contínua para que os componentes da rede busquem a melhoria da estrutura organizacional da pesquisa, e resultam em aumento de confiabilidade dentro da rede. O exercício de manutenção de alianças estratégicas entre instituições públicas, privadas e semipúblicas leva ao aprendizado e à manutenção de competências institucionais para a gestão de programas de C&T. Acordos cooperativos entre universidade, empresa e governo obrigam as instituições a definir regras acerca de contratos, das questões relativas à apropriabilidade dos resultados de pesquisa, e de sua avaliação *ex ante* e *ex post*. Discussões acerca destes instrumentos legais reúnem núcleos interinstitucionais, com a participação da universidade, agências de fomento e a indústria. Como maior reservatório de biodiversidade do planeta, o Brasil deve providenciar esforços menos difusos

do que os atualmente observados para a definição de uma agenda sobre propriedade intelectual em biotecnologias. A oportunidade de aprendizado institucional que acontece ao longo destes processos só pode vir da negociação de uma situação real, representada pelo caso da resolução da CVC.

A união destas providências projeta a capacidade em instaurar rede, que, em resumo, depende da competência dos setores público e privado para estabelecer *joint ventures*. Este tipo de acordo só se efetiva quando existe capacidade institucional para executar projeto científico e suas interfaces com a gestão tecnológica, o que envolve habilidade de se relacionar, estabelecer contratos, tirando proveito de todas estas experiências. Os recursos humanos para o desempenho destas atividades são relativamente raros no Brasil. Os pesquisadores do PGX já são capazes de executar pesquisa científica colaborativa, e são os naturais candidatos à execução de pesquisa de cunho tecnológico articulada com a empresa.

Estes esforços são da maior importância, mas agem de modo difuso, e assim alcançam pequena visibilidade social e acadêmica. Seria interessante potencializar os resultados do PGX, criando-se programas de articulação entre C&T que levem a cabo a resolução do CVC. Esta pode se tornar uma iniciativa tão notória quanto é hoje a fase do sequenciamento genômico..

Este conjunto de providências pode se materializar na forma de uma rede de biotecnologia. De outra forma, seria muito estranho continuar produzindo conhecimentos científicos para que sejam utilizados por interesses de fora do país. Ignorar a importância da formação de uma rede capaz de equacionar todos os fatores apresentados pode resultar no aprisionamento de universidades brasileiras e de seus pesquisadores na função de sequenciadores de DNA.

No âmbito das empresas, participar da rede permite alcançar vantagens competitivas a partir de novas técnicas que resolvam gargalos produtivos; o pagamento de licenças de utilização destas tecnologias reverte para a agência de fomento, que assim tem retorno financeiro dos recursos aplicados na pesquisa e aporte para novos ciclos de manutenção e crescimento da massa de pesquisadores.

Fecha-se, assim, um círculo virtuoso tão incomum neste país, tão desacostumado com o sucesso de suas políticas. Dentro deste contexto, o PGX apresenta, hoje, devido ao seu sucesso enquanto programa de investigação e seus nexos com a possibilidade de geração de novas tecnologias, o mais favorável cenário da história da ciência brasileira para instaurar relações entre a universidade, a empresa e o governo.

C. Instrumentos de Investigação

C.1. Instrumental Analítico

Apesar das diferenças de história do desenvolvimento, todos os países devem ter interesse em compreender como a infra-estrutura do conhecimento pode ser modelada, neste sistema de relações globais que está em curso. Os estudos de C&T têm se proposto a criar estruturas analíticas que permitam estudar os mais recentes fenômenos de interação sistemática entre os mercados e as ciências, que começa no século XIX, quando a pesquisa, antes restrita aos laboratórios independentes, é incorporada às atividades acadêmicas.

A inovação - da qual faz parte a moderna biotecnologia - é um complexo e multifacetado fenômeno de produção de novos processos, produtos ou sistemas organizacionais que envolvem atores com múltiplos interesses econômicos e sociais, em jogos políticos.

O procedimento de explicitar e justificar a utilização do instrumental analítico usado neste estudo parece essencial para que se possa circunscrever o presente debate sobre política de C&T e inovação.

A economia neoclássica está assentada sobre dois pilares teóricos: o da tendência do sistema ao equilíbrio e o do pressuposto maximizador, pelo qual os indivíduos realizam ajustes que reduzem continuamente as incertezas. Este marco teórico define o fenômeno econômico como uma *corrente circular* caracterizada por uma repetição contínua de suas transações, sem modificações e em condições de concorrência perfeita. Considerando a inovação como um fator externo ao sistema econômico, não se tem demonstrado eficiente na análise do dinamismo que a história do desenvolvimento econômico apresenta.

Na década de 1930, Joseph Schumpeter centra a problemática do crescimento e dinamismo da economia e da concorrência capitalista numa idéia heterodoxa de que a economia não tende ao equilíbrio da *corrente circular*, ao equilíbrio estático. Incorpora de forma explícita a inovação tecnológica e o progresso técnico ao núcleo da problemática da análise econômica. Para centrar sua proposição, começa caracterizando o *desenvolvimento* - impulsionado por mudanças espontâneas e descontínuas que provocam transformações qualitativas e rupturas na dinâmica econômica, que tenham origem interna no processo econômico. Deixa excluídas as mudanças endógenas contínuas, que significam simples *crescimento* - aumento da produção de riquezas, sem fazer surgir nenhum fenômeno qualitativamente novo - e os exógenos (guerras, aumento da população, etc). Identifica as

forças que impulsionam as mudanças endógenas não na esfera do consumo, mas na da produção. Para ele, estas alterações aparecem espontaneamente na vida industrial e comercial e o desenvolvimento econômico está constituído pela introdução descontínua de "*novas combinações de meios de produção*". Estas combinações expressam o conceito de inovação, na forma de novos bens, novos métodos de produção, abertura de um novo mercado, nova fonte de matéria prima ou modificação na organização produtiva.

Fundados nesta idéia, autores da vertente neo-schumpeteriana passam, a partir da década de 70, a discutir e detalhar os mecanismos pelos quais a inovação é gerada e difundida. Partindo da hipótese de que a inovação tecnológica é que opera as modificações no ambiente econômico e a concorrência, estes autores acabam por iniciar a construção de uma nova abordagem para a compreensão da inovação e suas relações com a produção de conhecimentos científicos. Como estas mudanças são endógenas, espontâneas, descontínuas e imprevisíveis, o fenômeno econômico passa a ser visto de modo análogo àquele proposto pelas teorias da evolução biológica. Para estas últimas, a manutenção de organismos num ambiente, ao longo do processo de evolução, depende do conjunto de fatores dados pelas características herdadas e das modificações - mutações - que podem ocorrer durante a permanência de uma população no ambiente ao qual está mais ou menos adaptada. De modo análogo, a economia evolucionista enxerga o mercado como ambiente, no qual as populações de empresas mantêm-se, dependendo das capacidades ("genes") que nelas estão incorporadas. A contínua adaptação de algumas empresas e extinção de outras é derivada justamente da inovação tecnológica, que faz o papel das mutações biológicas, promotoras da variabilidade que sustenta a seleção.

A disposição schumpeteriana parece especialmente funcional para análises da produção biotecnológica e da pesquisa em genômica. Estas atividades trazem novos conhecimentos científicos a respeito de processos bioquímicos e biomoleculares dos quais podem derivar novos processos e produtos industriais.

Durante as três últimas décadas, a disposição evolucionista foi alvo de abordagens sob diversas perspectivas, como a de Natan Rosenberg – que discute as formas e as direções de causalidade entre os fenômenos de produção científica e de produção tecnológica. Este autor demonstra como estas relações são pervasivas e não estão restritas ao ambiente acadêmico: o conhecimento científico é gerado também nos setores produtivos, quando, por exemplo, as empresas aplicam seus esforços para

aumentar a produtividade. Isto quer dizer que a tecnologia influencia a ciência e sua agenda e vice-versa. Nega que a relação causal entre C&T seja monocausal e unidirecional. Fazendo uma análise historiográfica das sociedades industriais, o autor demonstra como o progresso técnico apresenta uma multifacetada capacidade de induzir a busca por novos conhecimentos, que resultam em aumento quantitativo ou qualitativo de produtividade.

Durante muito tempo a ciência e a tecnologia foram vistas como processos isolados, apesar de contíguos. De uma perspectiva, os conhecimentos científicos a respeito de determinado objeto poderiam ser aplicados na geração de novos produtos ou processos tecnológicos. Na visão oposta, os problemas tecnológicos seriam os verdadeiros "motores" na justificação da busca por mais conhecimentos científicos. Nestas excludentes visões, o mundo acadêmico e o setor de produção de bens e serviços despejavam um ao outro, mas permaneciam isolados em termos das dinâmicas inovativas. A partir da perspectiva de que há uma dupla relação de causalidade entre ciência e tecnologia capaz de instaurar efetivas relações entre universidade e empresa, o modelo "*chain linked*" (OCDE, 1992)¹², parte de uma disposição teórica "interativa" a respeito das relações de produção de conhecimentos e de tecnologias. Este modelo apresenta inúmeras vantagens como instrumento analítico, porque permite certa mobilidade para que diferentes instituições envolvidas sejam descritas. Permite superar a antiga dicotomia entre a produção de conhecimentos e a inovação, vinculando os processos no interior de uma empresa (ou grupo de empresas) com o entorno científico-tecnológico mais vasto.

A genômica localiza-se neste debate porque promove o potencial de interatividade das empresas com o entorno científico-tecnológico dos centros públicos de produção de pesquisa. Novas técnicas e processos são desenvolvidos ao longo destas pesquisas, o que significa novas demandas de mercado e novas formas de relacionamento dos setores de produção científica com usuários destes artefatos científicos. Ao mesmo tempo, concebida como atividade científica e tecnológica, a genômica é capaz de agregar valor a muitos produtos, uma vez que torna possível incorporar novas qualidades e capacidades aos organismos.

A economia evolucionista produziu uma considerável contribuição em termos do detalhamento das relações entre a dinâmica econômica e a de mercado, e aquelas internas da produção de conhecimentos, resultando em conceitos como os *da co-evolução entre empresas e tecnologias*

¹² Modelo que concebe a inovação como o resultado de relações recursivas entre os processos tecnológicos no interior das empresas e no entorno científico, nos quais há retro-alimentação mútua entre as esferas.

(Nelson, 1982), e o de *busca e seleção* que são o núcleo do raciocínio evolucionista. Outros conceitos vêm ampliar a compreensão a respeito da inovação, como os de *paradigmas e trajetórias tecnológica*, formulados por Giovanni Dosi, numa abordagem da influência dos elementos econômicos que definem a “escolha” de quais tecnologias são utilizadas em determinados contextos. Dosi (1988) avança na compreensão do papel das experiências, capacidades e habilidades incorporadas em pessoas e instituições para organizar condições de um certo contexto tecnológico, e como o *aprendizado institucional* e o *comportamento seletivo* encaminham a resolução de “gargalos” de produção¹³.

A abordagem dos fatores relativos ao papel das relações *usuário-produtor* (Lundval, 1988) contribui com elementos que excedem o *locus* da empresa, ampliando as margens da análise do processo inovativo. Permite determinar a influência de outros atores relevantes do contexto social na configuração das tecnologias utilizadas ou desenvolvidas, identificando o papel das operações de adequação da oferta e demanda e dos processos interativos entre aqueles que produzem e os que utilizam tecnologias na mudança tecnológica.

O crescimento da complexidade do instrumental teórico da teoria da inovação foi, assim, incluindo novos elementos do entorno das empresas. O conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) é “o último passo nesta tendência em direção a um conceito crescentemente complexo e abrangente” (Niosi, 1993), que faça a análise saltar do nível micro para o macro. A complexidade dos fenômenos de interação entre os diversos setores da sociedade na geração de tecnologias tem suscitado um sem número de discussões acerca da possibilidade do conceito de SNI ser enunciado. Isto se dá, com certeza, pelo fato de que o SNI não é um “aparato” real, mas uma forma de tentar modelizar a geração de inovações no nível das sociedades nacionais. O conceito pressupõe análises de caráter

¹³ Estes conceitos são elementos-chave para a compreensão das mudanças tecnológicas em uma instituição, seja ela de pesquisa ou de produção. Os processos de aprendizado – ou *learning* – referem-se ao modo concreto como as instituições realizam suas operações de acumulação da capacidade de utilização tecnológica. O *comportamento seletivo* diz respeito às decisões de buscar novos contextos ou manter os antigos, sempre de modo a alcançar a melhoria da eficácia de sistemas tecnológicos. Resulta daí a idéia de que para desenvolver ou utilizar novas tecnologias são necessários processos de aprendizagem demorados e complexos, tanto por parte das instituições que iniciam as inovações, quanto por parte daquelas que se confrontam com a nova tecnologia já na fase em que esta última está em difusão. A seleção e aplicação de tecnologias dependem de um amplo espectro de fatores econômicos e sociais considerados pelos atores envolvidos na escolha. Dado este caráter cumulativo e dinâmico da mudança tecnológica, o que a empresa possa pretender no futuro está fortemente condicionado pelo que estava habilitada a fazer no passado. À medida que surge um novo paradigma tecnológico, as capacidades tecnológicas já acumuladas restringem as formas como se dará a adoção dos novos padrões. A descrição deste processo evolutivo é chamada de *trajetória tecnológica*.

sistêmico e no nível das interações entre os diversos setores da sociedade, que são (ou não) equacionados ao longo de processos de mudança tecnológica.

Todos estes conceitos foram construídos e se adaptam à análise “endógena” das dinâmicas inovativas. Alguns estão mais adaptados à compreensão das dinâmicas entre mercados e tecnologias. Outros colocam foco nas relações e dinâmicas institucionais entre academia e indústria. Outros, ainda, como os SNI, são essenciais para que o conjunto de interações entre componentes do sistema seja compreendido em termos de sua infra-estrutura do conhecimento. Ainda resta a necessidade de que as questões acerca da *governabilidade* da interface destas dinâmicas sejam incorporadas ao instrumental analítico.

Ainda hoje, muitas destas vertentes teóricas utilizadas em estudos de C&T estão declaradamente sendo construídas. O conceito de “tripla hélice” é mais um resultado destes recentes esforços em melhorar o instrumental analítico destes estudos. É um modelo de análise também não acabado, mas que, segundo seus autores (Etzkowitz & Leydesdorff, 1996), pretende incorporar as relações entre desenvolvimento social, econômico e científico, nas complexas interações que vêm se estabelecendo entre os setores de produção acadêmica de conhecimentos, do setor produtivo e do governo. A tripla hélice dispõe-se a compreender a competição global *entre sistemas nacionais de inovação*, em termos da governabilidade da infra-estrutura do conhecimento que cada sistema alcança. Incorpora a necessidade de integrar as trípticas relações entre a produção científica, os mercados e tecnologias e a esfera governamental, sob a assunção de que possuem, cada um deles, dinâmicas próprias. No momento em que estas esferas interagem, reflexivas alterações afetam a cada uma delas.

Em 1968 os pesquisadores Jorge Sábato e Natalio Botana já advogavam a necessidade da “inserção da ciência e da tecnologia na própria trama do processo de desenvolvimento”. Apoiados por análises históricas acerca do papel desta interação como promotor de desenvolvimento, afirmam que “este processo resultaria da ação múltipla e coordenada de três elementos fundamentais para o desenvolvimento das sociedades contemporâneas: o governo, a estrutura produtiva e a infra-estrutura científico-tecnológica”. Assim, propõem um modelo que, traduzido geometricamente, resultou na figura do conhecido “Triângulo de Sábato”, no qual cada um dos elementos destas três esferas se apresenta justaposto.

A tripla hélice parece ser uma interessante forma de retomar mais dinamicamente o Triângulo de Sábato, ao mesmo tempo em que não dispensa o aporte teórico acumulado pelos estudos de C&T. O

título desta dissertação - “Da dupla à tripla hélice: o caso do Projeto Genoma *Xylella*.” – expressa o desejo de entender o novo modo de produção no qual a universidade, a empresa e o governo entram em estreito relacionamento, tendo como foco o papel da pesquisa em genômica na geração de biotecnologias.

C.2. Instrumental de Campo

Ver Anexos Metodológicos

Parte I Estudo de Caso do Projeto Genoma *Xylella*

Capítulo 1 - Contexto Gerador do PGX: Parâmetros Científicos

1.1.A Formulação do PGX

Este capítulo apresenta uma revisão sobre a produção científica paulista na área de ciências biológicas, com o intuito de retratar o contexto acadêmico no qual a decisão acerca do PGX foi tomada, e que justifica a implantação de pesquisas em genômica.

São Paulo é o Estado de maior peso econômico no cenário nacional. Seu produto interno bruto, no período 1990-1995 sempre esteve próximo a um terço do PIB nacional. O PIB *per capita* paulista é quase o dobro do PIB brasileiro. Em 1995, um ano antes da decisão de se iniciar o PGX, o governo paulista foi o principal agente financiador de atividades de C&T no Estado, sendo responsável por 34% dos recursos financeiros contra 30% do governo federal e 32 % advindos de um grupo de cerca de 400 empresas privadas¹⁴. O percentual de dispêndio em P&D do governo estadual em relação ao PIB estadual foi de 0,32%, enquanto o mesmo índice para o governo federal foi de 0,28 %, o que demonstra a prevalência dos recursos estaduais no fomento à pesquisa no Estado¹⁵.

Além de ser o órgão público de C&T que mais recebe recursos isoladamente no Estado, no período 92-95, a Fapesp apresentou importante crescimento da porcentagem de participação no total geral - ainda que em 1995 houvesse um aporte extra por conta de recursos para infraestrutura. A produção científica do Estado de São Paulo tem apresentado bons índices de crescimento, desde a década de 60. É o Estado de maior produtividade científica, sendo responsável por 22 mil das quase 30 mil publicações em todo país em 1995 e por aproximadamente 9500 das 13500 publicações no exterior, no mesmo ano (ISI, 1995)¹⁶.

¹⁴ Fontes: ANPEI, LICIT/Unicamp e MCT/ CNPq.

¹⁵ Indicadores de C&T no Estado de São Paulo, Fapesp, 1998.

¹⁶ *Institute of Scientific Information*. Ainda que haja questionamentos quanto à representatividade latino-americana nesta base de dados, derivados das metodologias utilizadas na elaboração de seus indicadores, estas informações são bastante amplas, a ponto de poderem ser consideradas como parâmetro comparativo da produção científica paulista.

No período analisado, as áreas de Ciências Biológicas e Biomédicas, nas quais estão incluídas a biologia molecular e a genética, se somadas, foram responsáveis por quase 40% da produção científica no Estado. Por isto, pode-se considerar, ainda que os dados disponíveis não estejam agregados em níveis específicos por subárea, que a área de Ciências Biológicas apresenta índices que a colocam no topo da produtividade científica do Brasil na última década (Tabela 1.1.1.). O Estado de São Paulo é especializado em Ciências Biológicas e da Saúde, pois dois terços das publicações dessas áreas são paulistas.

Tabela 1.1.1. - Totais de Artigos Publicados pelo Conjunto de Principais Instituições de São Paulo / 1981-1993/ Por área do Conhecimento

Área	Totais de Artigos	%
Ciências Biológicas	1949	10,85
Ciências Biomédicas	4919	27,39
Medicina	2124	11,83
Medicina Social	493	2,74
Química	2306	12,84
Física	3636	20,24
Matemática	358	1,99
Engenharia	923	5,14
Ciências da Terra	307	1,71
Meio Ambiente	167	0,93
Ciências Humanas	332	1,85
Sem categoria*	447	2,49
Total	17961	100,00

Fonte dos dados: ISI

Fonte: Indicadores de C&T no Estado de São Paulo (Fapesp, 1998)

- Artigos que não podem ser incluídos nas categorias presentes.

Nas universidades públicas paulistas - UNESP, Unicamp e USP, somente em unidades de ensino e pesquisa, a área do conhecimento que apresenta maior execução orçamentária é a das Ciências da Saúde. A área de Ciências Biológicas, na qual se incluem sub-áreas da biologia molecular e genômica está entre as que menos recursos vinham recebendo em 1995, perdendo apenas para Linguística, Letras e Artes. (Tabela 1.1.2.).

Tabela 1.1.2. Recursos Totais ao Ensino e Pesquisa nas Universidades Públicas Paulistas

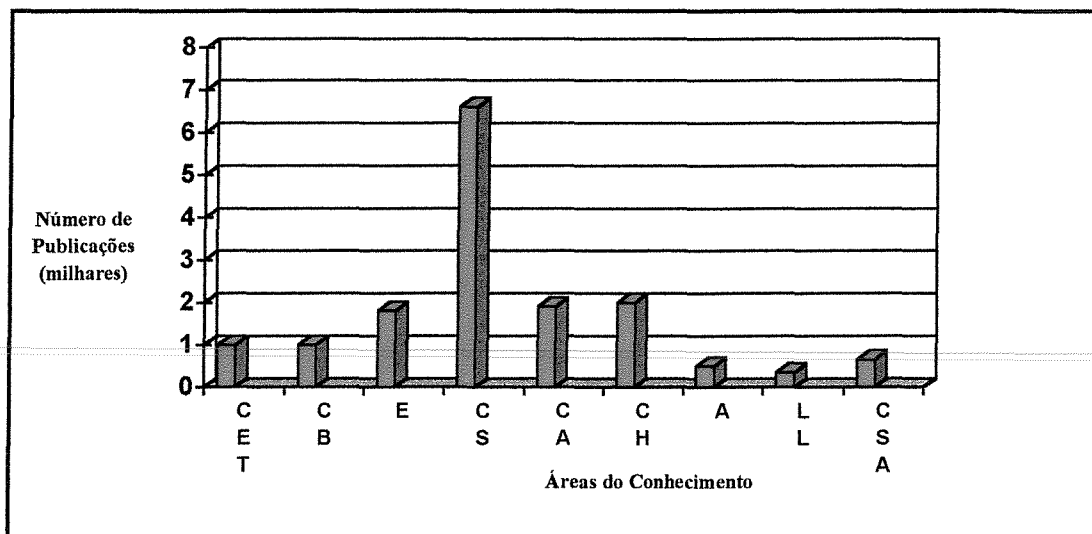
Área do Conhecimento	Orçamento em US\$ milhões	%
Ciências Exatas e da Terra	166,2	18,64
Ciências Biológicas	50,07	5,61
Engenharias	98,85	11,09
Ciências da Saúde	311,31	34,91
Ciências Agrárias	79,55	8,92
Ciências Sociais Aplicadas	50,95	5,71
Ciências Humanas	65,49	7,34
Linguística, Letras e Artes	39,0	4,37

Fontes: USP, UNESP e UNICAMP

Em 1995, ou seja, apenas dois anos antes da tomada de decisão para a inserção de São Paulo no sistema de produção científica em biologia molecular e genômica, a área de Ciências Biológicas ocupava o quinto lugar no *ranking* de número de artigos publicados em revistas nacionais e internacionais, livros editados no país e no exterior e trabalhos em congressos (Gráfico 1.1.1.).

Mas, se observarmos o índice de produção científica do Estado de São Paulo no exterior, no mesmo ano, verifica-se que esta área está em terceiro lugar (Gráfico 1.1.2). Isto significa que, tanto no Estado de São Paulo quanto no Brasil, a produção científica da área de Biológicas, na qual a genômica está inserida como ciência de fronteira do conhecimento é bem aceita no cenário internacional. Significa que está bem representada no cenário internacional. Portanto, a área mantém diálogo com a comunidade científica que está na fronteira do conhecimento. Este aspecto é de suma importância para o estudo do PGX, porque demonstra que havia uma real necessidade da aplicação de recursos para pesquisa numa área tão representativa da ciência brasileira como a das Ciências Biológicas.

Gráfico 1.1.1. Produção Científica do estado de São Paulo por Área do Conhecimento no País- 1995
(em milhares de artigos)

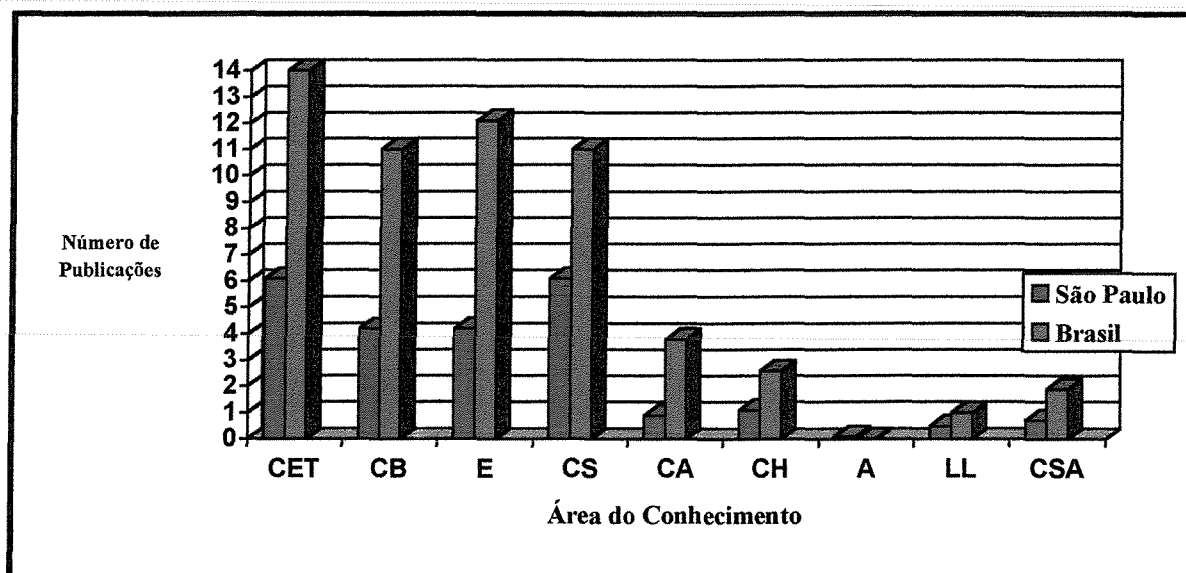


Legenda: CET: Ciências Exatas e da terra; CB: Ciências Biológicas; E: Engenharias; CS: Ciências da Saúde; CA: Ciências Agrárias; CH: Ciências Humana; A: Artes; LL: Linguística e Letras; CSA: Ciências Sociais Aplicadas.

Fonte: CAPES

Fonte: Indicadores de C&T do Estado de São Paulo (Fapesp, 1998).

Gráfico 1.1.2. Produção Científica do Estado de São Paulo e do Brasil no Exterior



Legenda: CET: Ciências Exatas e da Terra; CB: Ciências Biológicas; E: Engenharias; CS: Ciências da Saúde; CA: Ciências Agrárias; CH: Ciências Humana; A: Artes; LL: Linguística e Letras; CSA: Ciências Sociais Aplicadas.

Fonte dos dados: CAPES

Fonte: Indicadores de C&T do Estado de São Paulo (Fapesp, 1998).

Especificamente nas subáreas de Biologia Molecular e Genética, a produção científica não seguia, em 1995, o mesmo padrão médio da área. Apenas três laboratórios públicos realizavam ensaios que utilizassem com significativa frequência técnicas de biologia molecular, como o Laboratório de Biologia Molecular do Instituto de Química da USP, o Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética da Unicamp e o Laboratório de Genética do Instituto de Biomedicina da USP. Alguns outros casos pontuais completariam o rol de pesquisas nesta área, como por exemplo, aquelas desenvolvidas no Laboratório de Genética de Fibrose Cística do Instituto de Biociências da USP. Não há porque se citar o número de publicações nestas áreas, visto que até agora vimos tratando de níveis de agregação macro dos dados bibliométricos. A verdade é que uns poucos artigos por ano eram publicados pelo conjunto de pesquisadores nestes laboratórios. Assim, mesmo sendo a área de Biológicas bastante produtiva e reconhecida internacionalmente, apresentava apenas traços estatísticos em Genética Molecular.

Colocava-se, a partir desta constatação, a necessidade de qualificar pessoal científico para que a área de genômica passasse a poder galgar posição significativa no cenário científico nacional e internacional. Em termos de competitividade científico-tecnológica mundial, a ausência deste tipo de pesquisa certamente colocaria em risco a possibilidade de avanços tecnológicos nas áreas de agricultura, pecuária, farmacêutica e nutrição.

Esta, sem dúvida, foi a constatação que levou um pequeno grupo de atores, preocupados com a falta de qualificação científica, numa área tão promissora das novas biotecnologias, a preocupar-se em encaminhar a formulação do primeiro Projeto Genoma brasileiro. Segundo respostas de vinte e seis pesquisadores aos questionários enviados aos 35 laboratórios que participaram do PGX, os mentores científicos do projeto foram os Professores Dr. José Fernando Perez, Diretor Científico da Fapesp, Dr. Fernando Reinach, geneticista-chefe do Instituto de Ciências Biomédicas da USP e Dr. Paulo Arruda, geneticista-chefe do Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética da Unicamp.

1.2. A Implementação do PGX

Durante quase dois anos, 35 laboratórios de cinco universidades - quatro públicas e uma privada do Estado de São Paulo - e um instituto público de pesquisas participaram das atividades de

sequenciamento e mapeamento do DNA bacteriano. Cada laboratório recebeu 50 kilobases¹⁷, com exceção dos três laboratórios coordenadores do programa, que receberam 100 kilobases cada. *Workshops* e assessorias com renomados pesquisadores internacionais da área de genômica alavancaram a aprendizagem técnica. A Coordenação de DNA foi exercida pelo pesquisador Andrew Simpson, do Instituto Ludwig de Pesquisas contra o Câncer, uma fundação internacional que também estabeleceu parceria com a Fapesp e a Fundecitrus.

Dado o pequeno número de pesquisadores com experiência na área, e a situação de pulverização destes recursos humanos, os formuladores do projeto optaram por criar uma rede, com coordenação central, mas fisicamente espalhada pelos centros de pesquisa do Estado. Assim, foi criada a Rede Virtual ONSA - *The Organisation for Nucleotide Sequencing and Analysis*, que interliga laboratórios e contém a base de dados e um sistema de bioinformática que pudesse incorporar as informações resultantes do sequenciamento de material hereditário da *X. fastidiosa*. A sigla ONSA acabou sendo um excelente nome para a primeira rede de genômica brasileira, porque afinal a "onça" é um símbolo da fauna nacional. A Figura 1.2.1. mostra o logotipo da Rede ONSA.

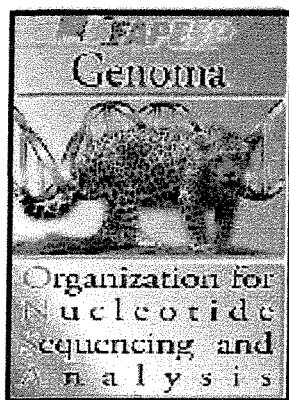


Figura 1.2.1 - Logotipo da Organização para Sequenciamento e Análise - ONSA – Fapesp.

A rede permitiu que se estabelecessem vínculos entre pesquisadores, num sistema de aprendizado científico, com desenvolvimento de protocolos genéticos, troca de informações, resolução de problemas comuns, adaptação e ajuste de técnicas e melhoria da produtividade de

¹⁷ Cada kilobase equivale a 1000 bases nitrogenadas de uma molécula de DNA

sequenciamento de DNA. A união de muitos laboratórios que desenvolviam pesquisas próprias e de escopo diverso num único objetivo científico foi um importante fator de aprendizagem e para gerar competências em técnicas refinadas de biologia molecular e genômica. Esta organização da pesquisa produz estímulos de disseminação da pesquisa por toda a área do Estado, o que não aconteceria caso um único centro tivesse sido criado. A opção em utilizar laboratórios de genética e biologia molecular já em funcionamento, em universidades paulistas e seus institutos públicos de pesquisa, eliminou grande parte dos problemas que poderiam advir da criação de um centro de pesquisa isolado, o que obrigaria a um processo de ajustes e desenvolvimento de competências organizacionais e a um período de amadurecimento de novas relações científicas e institucionais.

A escolha do organismo a ser geneticamente mapeado pautou-se em parâmetros científicos, financeiros e na situação dos recursos humanos. O organismo deveria ter um genoma pequeno, de mais ou menos 2 megabases¹⁸, para que os esforços de aprendizagem científica fossem ajustados ao volume de recursos financeiros disponíveis e possibilitar bom desempenho de um programa inaugural de pesquisas. Alguns organismos disputaram esta “candidatura”, mas a bactéria *X. fastidiosa* foi escolhida, por apresentar os pré-requisitos científicos necessários. Além disto, o problema econômico-produtivo causado pelo patógeno resultará na incorporação de uma sólida base de conhecimentos científicos construída através de pesquisas executadas em conjunto pelo setor público de pesquisas e o setor privado.

A Fundecitrus, por conta do trabalho de busca de conhecimentos que minimizem o problema da CVC, que já estabelecia uma longa história de relacionamentos com a Fapesp e com os centros de pesquisa do Estado de São Paulo. Por meio desta instituição, os pesquisadores Dr. Joseph Bove e a Dra. Monique Garnier, do INRA¹⁹, que, há muito desenvolve trabalhos sobre a *X. fastidiosa* na França, foram apresentados à Fapesp, em Maio de 1997, e se ofereceram para fornecer suporte em conhecimentos básicos sobre a biologia da bactéria.

¹⁸ Uma megabase (Mb) equivale a um milhão de bases nitrogenadas de uma molécula de DNA.

¹⁹ *Institute Nationale de Recherche Agricole*, França. Estes pesquisadores foram responsáveis pela identificação da *X. fastidiosa* como agente causador da CVC.

A escolha da bactéria se dá, portanto, dentro de um especial cenário de interação entre universidade, empresa e governo.

Acreditando na força das *expertises*, a Fapesp utilizou-se de assessorias científicas, e, para isto, trouxe um comitê internacional composto por André Goffeau - *Université Catholique de Louvain*, Bélgica, Steve Oliver - Universidade de Manchester, Inglaterra, John Sgouros - *Imperial Cancer Research Foundation*, Inglaterra, Antonio de Mattos Paiva - Universidade Federal de São Paulo e João Lucio de Azevedo - da Sociedade Brasileira de Genética, que fizeram a supervisão e deram apoio à formulação e implementação do projeto. Entre Maio e Setembro de 1997, reuniões semanais balizaram as condições a serem estabelecidas para a implementação do PGX, de modo que, nas primeiras fases do projeto, treinamento intensivo de pesquisadores em laboratórios internacionais resultou na obtenção de técnicas de cultura e informações gênicas sobre a bactéria.

A capacitação de pessoal em bioinformática foi encabeçada pelos Professores Dr. João Meidanis e João Carlos Setúbal, do Instituto de Computação da Unicamp. Estes pesquisadores vinham se dedicando à bioinformática desde 1992, não como atividade principal de pesquisa. Quando o PGX começou a ser pensado, dedicaram-se exclusivamente às atividades de implantação e de armazenagem dos dados de sequenciamento. Para isto, tiveram de se afastar das linhas de pesquisa típicas do seu departamento e dedicar-se a uma atividade totalmente nova para a ciência no Brasil, o que não deixa de ser uma atitude de coragem científica. Estes pesquisadores já vinham desenvolvendo uma sólida produção científica em bio-informática, tanto que já haviam publicado um livro sobre o assunto, resultado de seus estudos de pós-doc em universidades americanas.

A seleção dos laboratórios participantes foi feita sob parâmetros de meritocracia acadêmica, através da análise do currículo dos pesquisadores envolvidos e da sua capacidade institucional em executar projetos.

A Fapesp, mantida por recursos públicos do governo do Estado de São Paulo, é uma Fundação que tem autonomia financeira. Assim, pode realizar investimentos no mercado financeiro, por exemplo. Este tipo de administração tem lhe rendido um aporte da ordem de quase 90% dos

recursos financeiros que recebe do setor público²⁰. Entre equipamentos de sequenciamento, materiais de montagem de laboratório e atividades de qualificação coletiva de pesquisadores, quase US\$ 15 milhões foram dirigidos para a implantação do PGX. A contrapartida de recursos financeiros do setor industrial – Fundecitrus – foi de US\$ 400 mil²¹, utilizados na manutenção de técnicos e auxiliares de atividades de pesquisa dentro dos laboratórios públicos. Muitas das reuniões da fase de capacitação de pesquisadores acadêmicos foram realizadas conjuntamente com pesquisadores da Fundecitrus, apesar desta não ter participado dos trabalhos de sequenciamento de DNA bacteriano, porque, na época, não contava com recursos humanos e instalações adequados. A instituição participa atualmente do Genoma *Xanthomonas*, que é o agente causador do cancro cítrico, integrando assim os esforços paulistas de implementação da genômica. Durante o PGX, um encontro de pesquisadores foi realizado em Araraquara, na sede da Fundecitrus, e é um exemplo pouco comum de aproximação entre a academia e a indústria.

Conjuntamente aos trabalhos de sequenciamento de DNA, foram discutidas as questões de propriedade intelectual dos resultados de pesquisa, o que é, no Brasil, uma iniciativa também inovadora. A agência financiadora deve receber 40% dos benefícios das patentes e os demais grupos devem partilhar o restante, que poderão ser utilizados para dar continuidade a outros projetos em genômica.

Os trabalhos do PGX foram esgotados seis meses antes do prazo previsto, e uma patente de ferramenta bio-molecular foi conseguida²². O Projeto resultou na capacitação de 192 pesquisadores²³, que, após o término da fase de sequenciamento, receberam a Medalha do Mérito Científico e Tecnológico do Governo do Estado de São Paulo, criada para que o Estado tenham um instrumento de homenagem a esforços científicos de tal calibre. O número de pesquisadores envolvidos cresceu, porque o projeto está na fase de genoma funcional e novos projetos – Genoma Cana, Genoma Câncer e Genoma *Xanthomonas* estão em curso.

Algumas discussões emergem da implantação de um sistema de pesquisas como o PGX. São questões relativas à propriedade intelectual dos resultados de pesquisa e às dificuldades que

²⁰ Relatório Fapesp, 1997.

²¹ Planilha de Atividades de P&D, Fundecitrus, 1997.

²² Site da Fapesp www.fapesp.br. Notícias Fapesp / Pesquisa nº 51 e 52, março e abril de 2000, respectivamente.

²³ A lista de pesquisadores que participaram do Genoma *Xylella* encontra-se em anexo, no final deste trabalho.

antigas estruturas institucionais acadêmicas ou visões sobre o papel da ciência na sociedade podem trazer, à luz das novas dinâmicas que vinculam os setores da universidade, das empresas e do governo.

A discussão coletiva das questões de propriedade intelectual dos resultados de pesquisa fez parte dos trabalhos dos pesquisadores do PGX e é um dos indicadores de introdução de novas normas do fazer científico, nas quais os clássicos benefícios de reputação e posição intelectual do cientista deixam de totalizar o *ethos* acadêmico e são compartilhados com interesses organizacionais e financeiros na pesquisa (Braun, 1998). O papel do *bio-empREENDEDOR* e a "*capitalização do conhecimento*"²⁴ introduzem um novo cenário para a definição do papel do pesquisador brasileiro.

O pesquisador Fernando Reinach, coordenador do Laboratório Central na USP, já produzia *overheads*²⁵ em seu laboratório particular, e também realiza pesquisa contratada na universidade, o que não é uma prática muito difundida nos meios acadêmicos brasileiros. O estabelecimento destas relações depende de lideranças empresariais capazes de transformar os resultados científicos em produtos tecnológicos, construindo *joint-ventures* que resgatem parte dos resultados econômicos para financiar novas pesquisas e de sistemas de negociação e contratação de pesquisas pela comunidade acadêmica. Isto envolve uma discussão sobre regras de apropriabilidade dos resultados de pesquisa e estrutura a institucional universitária, já que estas atividades podem produzir *spin offs*, originando empresas de prestação de serviços de cunho científico-tecnológico, a partir das quais o pesquisador pode tirar proveitos comerciais de seu trabalho.

Até Dezembro de 1999, quando a fase de sequenciamento genético já estava terminada, realizaram-se entrevistas com os dois coordenadores de laboratórios centrais de DNA. Numa delas, o Prof. Dr. Fernando Reinach afirma que "*nosso laboratório tem conseguido um aporte de*

²³ A lista de pesquisadores que participaram do Genoma *Xylella* encontra-se em anexo, no final deste trabalho.

²⁴ O termo vem sendo empregado para definir uma visão sobre a legitimidade do cientista em garantir vantagens econômicas a partir de seu trabalho.

²⁵ O conceito de "*overhead*" em economia corresponde à margem de contribuição que é cobrada por uma instituição para que seus funcionários prestem algum serviço e que se adiciona como um percentual fixo a seu custo. Na pesquisa em genômica o termo econômico *overhead* é aplicado para a geração de recursos financeiros derivados desta prestação de serviços à comunidade, como exames de DNA e verificação e extração de DNA em amostras antropológicas.

recursos financeiros prestando serviços na área de genômica e hoje produz overheads que, na prática, fazem com que o laboratório não dependa apenas dos recursos públicos advindos da universidade".

Esta controversa questão acerca da posição do pesquisador frente aos ganhos que os resultados de pesquisa possam trazer não é específica da realidade da ciência brasileira. Diz respeito à comunidade científica internacional, já que envolve a obtenção de recursos públicos ou privados de financiamento da pesquisa e seu entorno econômico. Em 1993, o Congresso norte-americano aprovou um decreto segundo o qual todas as agências, inclusive a *National Science Foundation* (NSF), que financia só ciência básica, deveriam demonstrar que 2/3 de seus recursos eram destinados a projetos com perspectiva de ter algum impacto social ou econômico (Cozzens, 1995). Na época, a revista *News Week* publicou o artigo "*Could América afford the transistor today?*"²⁶ que se refere ao fato de o transistor e o laser terem sido resultado de pesquisa básica, sem que na formulação dos projetos dessas pesquisas pudesse haver a previsão

de objetivos utilitaristas. No entanto, *estas pesquisas originaram o conhecimento que está na base da revolução microeletrônica que ainda está em curso*, (Brisolla, 1997) e hoje está incorporado, na forma de tecnologias de comunicação.

Duas perguntas abertas, encaminhadas com os questionários, tinham a intenção de explorar a visão do cientista em relação às práticas de aproximação com o setor produtivo e a elaboração da agenda de pesquisa pautada por ganhos econômicos. São elas: "*como vê o papel da ciência enquanto atividade comercial que traga retorno financeiro para o pesquisador?*" e "*como vê a ciência enquanto atividade empresarial?*". Apenas 14 dos questionários foram preenchidos, mas, em todos eles, as duas perguntas foram respondidas com frases nas quais os pesquisadores afirmam "*não acreditar na ciência como atividade comercial*" e que preferem "*pensar que fazer ciência não está na dependência de obtenção de retorno financeiro, pelo menos não da forma como este processo se dá na empresa*". Considerando-se o pequeno tamanho do universo pesquisado e ainda que a amostra válida não seja grande, parece ser possível concluir que a

²⁶ Tradução de: "*A América teria condições de desenvolver o transistor hoje em dia?*"

perspectiva de fazer *ciência empresarial* pelo menos não foi definitivamente incorporada pelos pesquisadores. A pergunta feita em entrevistas pessoais a quinze pesquisadores da Rede ONSA: "*como você vê a produção de ciência como atividade comercial de prestação de serviços*", foi respondida com frases que demonstram que esta não é uma perspectiva colocada no horizonte dos pesquisadores do PGX. As 15 respostas obtidas sempre incluem frases com as palavras "*não acho este aspecto relevante*", ou "*não acredito que o pesquisador deva se preocupar com estas questões*". Ou seja, o PGX pode apenas estar introduzindo uma nova forma de fazer ciência, colocando no cenário científico as formas contratadas de pesquisa empresarial, mas, por enquanto, não se pode dizer que haja dados palpáveis para que este seja o *ethos* dominante entre pesquisadores paulistas em genética. Ao contrário, muitos deles, em partes abertas das entrevistas, foram enfáticos e espontâneos em afirmar que não acreditam que a ciência deva se pautar por questões comerciais ou financeiras e que não se vêem administrando atividades científicas como uma empresa. Também foram coletadas, das entrevistas com três pesquisadores dos laboratórios centrais, cinco frases categóricas sobre seu descrédito em que a agenda científica possa ser orientada pela demanda tecnológica, do tipo "*a ciência deve estar isenta de compromissos econômicos*" ou "*o fazer científico não pode ser perturbado pelos aspectos comerciais*". Esta é uma questão a ser equacionada em longo prazo, e que estará sendo incorporada às Conclusões desta dissertação.

1.3. O PGX enquanto política de C&T

O dado que imprime caráter tecnológico ao PGX, ainda que o desenvolvimento de tecnologias não seja o primordial objetivo do projeto é o fato da bactéria sequenciada ser causadora de enormes perdas na produção de cítricos.

A comunicação social do projeto foi pautada em forte percepção da indústria como parceiro de pesquisa, de que o setor produtivo merece atenção por parte da comunidade científica. O *press release* sobre o PGX, até agosto de 1999, contava com mais de trinta artigos publicados em jornais e revistas brasileiros de grande circulação, de tiragem mínima diária de 100 mil exemplares. Entre março e agosto de 1998, uma rede pública de televisão – a TV Cultura – concedeu um espaço de uma semana, com programas diários de meia hora, detalhando a

estrutura de organização do projeto e entrevistando seus participantes. Ficam claras as disposições de instalar capacitação científica de modo vinculado ao estabelecimento de relações entre universidade e empresa. Os cinco programas apresentados referem-se sempre ao fato de que o setor produtivo merece atenção por parte da comunidade científica e vice-versa. O papel da parceria com a Fundecitrus fica evidente, porque seu logotipo aparece em todos os cortes para intervalos do programa e nos cenários de fundo. A produção de bens e serviços é colocada como o escopo da produção de conhecimentos: em cada programa há pelo menos três referências sobre a legitimação econômica das funções de pesquisa, reveladas a partir dos discursos dos formuladores de política²⁷ entrevistados quando explicitam suas preocupações com a melhoria da produção de laranjas e a não possibilidade de encontrar novos caminhos para a resolução da CVC sem que novos conhecimentos científicos sejam buscados. Uma vez que a Fundecitrus aparece como parceira da pesquisa e é a patrocinadora da série televisiva, a impressão dada ao espectador é justamente de que a pesquisa tem caráter de apoio às atividades produtivas e, vice-versa, a academia vem se aproximando da indústria na definição de sua agenda de pesquisa.

O presidente da Fundecitrus, Sr. Ademerval Garcia, escreve o artigo "*A participação do setor privado na pesquisa científica*"²⁸, no qual discorre sobre a importância da pesquisa científica sobre a *X. fastidiosa* para a citricultura paulista. A reunião de trabalho que congregou pesquisadores na sede da Fundecitrus projeta a importância das questões econômicas para a definição da agenda de pesquisa e a justifica; ficam claras as disposições de vincular os investimentos em competências científicas e as relações universidade-empresa.

Muitos pesquisadores entrevistados durante o trabalho de campo desta dissertação reconhecem a importância da escolha da *X. fastidiosa* para a "*melhoria da produção de laranjas*", e que "*não é possível encontrar novos caminhos para a resolução da CVC sem que novos conhecimentos*

²⁷ O Prof. Dr. Fernando Perez, Diretor Científico da Fapesp em entrevista à jornalista Mônica Teixeira, da TV Cultura, minutos antes de ser iniciado o primeiro programa da série, diz que "*o amarelinho é um problema da produção agrícola de São Paulo que merece a atenção da comunidade científica*" e o Prof. Dr. Francisco Landi, Diretor Administrativo da Fapesp, em entrevista a mim concedida, diz que "*O sucesso da Fapesp deve-se, ao longo dos últimos anos, a um conjunto de fatores. Projetos que vinculam ciência e tecnologia colaboram muito para este sucesso*".

²⁸ Notícias Fapesp, nº 27, dezembro de 1997, p. 3.

científicos sejam buscados". Estas disposições não nos parecem contraditórias em relação àquelas expressas nas respostas que constam do questionário enviado aos laboratórios e descritas anteriormente. São a favor de que o objeto de pesquisa – o fito-patógeno - tenha relevância econômica e reconhecem a importância deste tipo de critério para a definição da agenda de pesquisas que o governo organiza. Mas isto não significa necessariamente que estejam interessados em organizar suas atividades sob critérios empresariais e tirar proveito financeiro de suas pesquisas. O bio-empresendedor deve contratar pesquisa, coordenar trabalhos científicos e administrar de modo empresarial este conjunto de atividades e os pesquisadores do PGX declararam não julgar que esta seja uma atividade própria do cientista. De doze entrevistas onde se perguntava "*como vê o papel do pesquisador gerenciando sua pesquisa, em termos de busca de financiamento junto à empresa?*", onze chefes de equipes responderam que não crêem ser este o papel do pesquisador, para o qual não se julgam preparados e nem motivados. Esta atitude é coerente com o discurso dos pesquisadores nos países centrais. A diferença está na demanda colocada pela indústria a estes cientistas nesse contexto.

O Capítulo 3 desta dissertação demonstra como, nos EUA, a realidade do bio-empresendedor faz parte do cotidiano das equipes de pesquisa. Atividades típicas da empresa comercial vêm sendo incorporadas ao longo da recente história de vínculos e de trajetória comum entre a pesquisa e sua aplicação industrial. Neste caso, o geneticista deve incorporar novas capacidades ao seu currículo, a de administrador de recursos e gerenciamento de serviços, voltados para o aumento da competitividade. Este novo componente da atividade científica altera a tradicional expectativa social do papel de cientista como indivíduo de quem não se esperava, até recentemente, um comportamento de busca de benefícios financeiros. Esta condição representa uma importante inflexão das formas de produção científica, o que leva à necessidade de avaliação dos riscos em se orientar pela demanda tecnológica. Esta pode mudar antes de que sejam obtidos resultados, e que pode ser complicado conseguir uma massa de cientistas preparados para avaliar e operar conjuntamente questões científicas, produtivas e comerciais.

Muito debate e controvérsia têm emergido desta condição da chamada universidade "operacional"²⁹, que se volta para objetivos comerciais e competitivos. Esta questão vem sendo

²⁹ Outros falam em "universidade empresarial" ou *entrepreneurial university*.

bastante debatida, porque, para alguns, a "capitalização do conhecimento" causa perda de autonomia da universidade enquanto espaço público (Chauí, 1999-b). A integração da agenda de pesquisa com os objetivos de competitividade do mercado pode ser tida como incompatível com a manutenção do principal papel de crítica política, social, econômica e histórica que a universidade desempenha.

Na verdade, a questão não parece ser a legitimidade do envolvimento da universidade na vida política e econômico-financeira de um país - até porque a academia não é uma ilha dentro da sociedade. Mais do que isso: a participação da comunidade de pesquisa no processo de acumulação de capacidade científico-tecnológica colabora para que se estabeleçam os elementos de uma ética social derivada desta acumulação, e para a legitimação dessa comunidade perante a sociedade, advinda desse envolvimento.

Há, portanto, que se focalizar a condição do PGX enquanto política de C&T, dada a importância da bactéria sequenciada para a economia agrícola do Estado.

1.4. Pesquisa em genômica: relações entre universidade, empresa e governo

Nas pesquisas em genômica, o alto custo, volume e caráter prospectivo das pesquisas, a dependência de recursos humanos de alta qualificação, a necessidade de discussão de questões sociais, legais e éticas, são fatores a serem equacionados de forma a estabelecer interações reflexivas entre as dinâmicas inovativas e as de mercado. A avaliação do mapa de pesquisa pública e seus nexos com os setores de P&D privado que consta do Capítulo 3 permite concluir que, nesta área, as dinâmicas inovativas tornam imperativo que se estabeleça uma teia de vínculos universidade-empresa-governo. As redes de inovação em biotecnologia apresentam-se estruturadas de forma a potencializar os efeitos educacionais dos programas de qualificação científica, facilitar a avaliação de riscos das demandas tecnológicas imediatas, reduzir custos de transação institucional e formular agendas de pesquisa que possam gerar inovações. O financiamento da pesquisa é mantido por combinações de mecanismos de captação de recursos financeiros públicos e privados.

Não faz sentido comparar, em termos de estrutura de pesquisa, o PGX com as redes mundiais de genômica, que foram implantadas há mais tempo e já tiveram tempo de absorver um grande

número de participantes. Mas, mesmo sendo ainda uma rede de pesquisas de formação recente, a Rede ONSA foi capaz de estabelecer vínculos entre laboratórios e pesquisadores do PGX e entre eles e os setores de mercado, o que pode indicar a presença de alguns condicionantes de uma futura rede de inovações. Os esforços de capacitação científica de pesquisadores e instalação de estrutura de pesquisa numa nova área do conhecimento são responsáveis por um grande volume de investimentos financeiros. Sendo assim, nada mais óbvio do que buscar eficiência dos resultados dos investimentos, que, neste caso, traduzem-se em características de pesquisa colaborativa e que apresentem nexos tecnológicos.

A união de muitos laboratórios, que desenvolviam pesquisas próprias e de escopo diverso, num único objetivo científico é, em parte, um imperativo das pesquisas em genômica. Esta área apresenta características organizacionais bastante peculiares, como se pode constatar pela forma como a rede norte-americana está estruturada. A capacidade desta área em gerar inovações depende muito da forma como os trabalhos são equacionados e a rede de inovações tem se demonstrado como a mais eficiente forma de estabelecer vínculos entre universidade e empresa. Nas redes americanas de pesquisa em genômica, são inúmeros e crescentes os casos de aproximação entre interesses científicos e tecnológicos.

A partir da instalação de programas de pesquisa que venham dar suporte científico ao setor de produção, mais e mais se percebe como conhecimentos desenvolvidos para um determinado fim acabam subsidiando a aquisição de outros, que então passam a ser significativos para a elaboração de uma solução tecnológica. À medida que se conhecem os marcadores genéticos das variedades de laranja, por exemplo, é possível obterem-se variedades de maior resistência a patógenos. Assim, o estudo do genoma do parasita potencializa a obtenção de plantas resistentes a muitos outros patógenos, porque os genes presentes podem ser reconhecidos³⁰. A capacidade de conhecer marcadores de supressão gênica não é aplicável apenas a um ou outro desenvolvimento tecnológico, ou a apenas um ou outro mercado. Quando um gene de supressão é marcado, normalmente é possível produzir um *chip* gênico e testar a presença deste gene em outras variedades do organismo estudado ou em outros organismos. Uma vez incorporadas capacidades

³⁰ Pode-se afirmar, portanto, que a multiplicidade de aplicações possíveis do resultado de pesquisa contribui para torna-lo mais viável economicamente.

profissionais nesta área, estas variantes técnicas podem ser aplicadas e originar novas pesquisas e novas tecnologias de pesquisa, utilizáveis em novos projetos de mapeamento de DNA ou na supressão de genes de outros organismos. Foi por isso que o grupo do PGX foi convidado para participar das pesquisas de genomas vegetais similares nos EUA, inclusive dando origem ao chamado "Genoma *Xylella* II", projeto de sequenciamento de uma cepa da mesma bactéria, que produz uma fitopatologia das videiras da Califórnia.

Estes exemplos permitem que se compreenda por que as dinâmicas de produção de conhecimentos, principalmente em biologia molecular, desenvolvem-se de modo a dificultar a definição de fronteiras entre ciência e tecnologia. A implantação do PGX está contribuindo para que, não só uma nova área do conhecimento esteja sendo incorporada à pesquisa brasileira, mas para que o particular *ethos* da universidade brasileira, no que toca a sua associação com instituições privadas, possa estar num curso de mudança. O estreitamento de relações entre as duas esferas pode estar sendo induzido não por decreto, mas no desenrolar de atividades de aprendizagem coletiva e interesse mútuo. De dentro para fora e no bojo das instituições, esta é uma forma que se tem mostrado eficiente para transferência de biotecnologias nos países centrais. Ao longo de períodos médios de tempo, as rotinas institucionais vivenciadas sob a perspectiva de interesses comuns parecem ter consolidado, no caso dos EUA e da Comunidade Européia, altos graus de cooperação em atividades de P&D industrial e de produção científica.

Este tipo de associação suscita questões sobre direitos de apropriabilidade dos resultados de pesquisa também no nível inter-institucional, em termos das vantagens para o setor público, que investe em C&T, e para a indústria, que avança na resolução de seus gargalos tecnológicos. Também põe na agenda de discussões as antigas e as novas formas de mecanismos de financiamento deste tipo de pesquisa, já que o fomento à pesquisa básica pode dinamizar os setores econômicos. A escolha da *X. fastidiosa*, contemplou, sem dúvida, esta possibilidade.

Capítulo 2 - Contexto Gerador do PGX: o papel do setor de cítricos

Durante muito tempo pensou-se que a barreira representada pela diferença de *ethos* acadêmico e empresarial seria intransponível. O estabelecimento de relações universidade-empresa-governo sempre se confrontaria com diferenças de comportamentos e metas dos setores de pesquisa

acadêmica e das empresas, que deveriam ser "ajustados", como peças advindas de dois mecanismos construídos sob concepções diferentes, mas que necessitam funcionar conjuntamente. Esta visão dificilmente encontraria respostas para seus impasses. A visão linear ofertista de C&T subjaz a esta concepção da produção de conhecimentos e tecnologias. Nesta visão linear, o primeiro estrato despeja seus produtos no segundo. Desta lógica emergem os problemas de transferência de conhecimentos da universidade - *locus* da produção de conhecimentos - para a indústria - *locus* da aplicação tecnológica. A concepção de que as "idéias" e "conhecimentos" da ciência básica "materializam-se" em tecnologias encobre a verdadeira natureza da produção tecnológica. Hoje, extensa literatura demonstra como o desenvolvimento de novas tecnologias produziu e produz maiores quantidades de conhecimentos científicos, e que estes últimos, num processo pervasivo, são continuamente incorporados à produção de novas tecnologias.

Não parece ser muito funcional, portanto, determinar que os *loci* de pesquisa estejam absolutamente separados dos de produção e comercialização. Os problemas da transferência de conhecimentos e sua "materialização" em tecnologias industriais têm sido exaustivamente debatidos, principalmente nos casos de países em desenvolvimento, como é o Brasil, sem que o fenômeno e as dinâmicas da inovação realmente tenham sido iluminados.

Alguns dos maiores problemas das relações entre universidade e empresa, que são os da transferência dos conhecimentos gerados e de sua tradução em artefatos tecnológicos, poderão ser superados se a dicotomia ciência-tecnologia for superada. A determinação coletiva das metas de desenvolvimento de inovações tecnológicas e o empreendimento colaborativo das pesquisas têm sido propostos como uma alternativa ao histórico isolamento entre universidade e empresa. A execução de pesquisa cooperativa depende da forma como a pesquisa está organizada, em termos da sua capacidade em tornar dinâmicas as esferas da produção de conhecimentos e do mercado (Dosi e Malerba, 1996). Deve-se ter claro, no entanto, que estas possibilidades não são encontráveis em todas as áreas e nem se colocam da mesma maneira nos países em desenvolvimento.

Todos os países compartilham um núcleo de problemas comuns sobre as relações entre universidade, empresa e governo. No caso brasileiro, alguns entraves próprios e uma história de muitas tentativas, das quais poucas foram bem sucedidas, colocam estas interações num caldeirão de fatores macro-econômicos e da alternância de diversas conjunturas das políticas de C&T. Ao longo das três últimas décadas, as relações universidade-empresa contaram com incríveis variações no aporte de recursos financeiros e com uma conjuntural variedade de estratégias de aproximação.

O PGX pode parecer ser apenas mais uma delas, mas apresenta algumas interessantes características que o tornam um candidato ao sucesso, não só como programa de pesquisa, mas como modelo de introdução de um novo modo de induzir redes de inovação. A Fapesp aplicou recursos financeiros na implantação deste programa de pesquisas visando aproximar as fronteiras científicas das comerciais e também dos objetivos de manutenção do setor citrícola brasileiro em sua posição de liderança mundial.

O papel de atores da Fundecitrus - do Sr. Ademerval Garcia, Presidente, e do Sr. Juliano Ayres, gerente de P&D - e dos pesquisadores do Instituto de Economia Agrícola da Secretaria de Agricultura (IEA) do Estado de São Paulo - Sr. Antonio Amaro e outros - foi fundamental na escolha da *X. fastidiosa* como organismo a ser sequenciado. Durante muito tempo estes atores estiveram em contato com pesquisadores do Centro de Citricultura "Sylvio Moreira" do Instituto Agrônomo de Campinas, em atividades conjuntas de contenção do amarelinho. As universidades locais também vêm prestando serviços de pesquisa para o setor de cítricos há mais de 15 anos. Muitos dos laboratórios que sequenciaram a bactéria já trabalhavam com genética de laranja e com biologia dos vetores do CVC. Alguns meses antes de ser tomada a decisão acerca do PGX, o Prof. Dr. Fernando Perez e o Sr. Ademerval Garcia assinaram conjuntamente o prefácio da *Revista Laranja*, em 1996, comentando como "*a agricultura de citros depende da resolução do amarelinho e que esta resolução depende de maiores conhecimentos científicos sobre a bactéria X. fastidiosa*" ³¹. O Sr. Antonio Amaro, experiente economista do IEA, é membro do Conselho deliberativo da Fundecitrus e consultor *ad hoc* da Fapesp para artigos científicos do setor de cítricos. Publicou artigos como "*Produção e Comércio de Laranja e de*

³¹ Revista nº 1, v. 18, 1996, Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Cordeirópolis.

Suco no Brasil", onde trata dos problemas de perda da produção de laranjas, entre as quais o CVC, na mesma revista, em janeiro de 1997 - quando o PGX havia recentemente sido iniciado. Neste artigo são discutidas as possibilidades de adensamento do plantio, o que poderia manter a produção de laranjas na liderança internacional. Este exemplo demonstra como a vinculação entre os atores deve ter permitido ampliar a visão sobre o problema e influenciado a tomada de decisão quanto à escolha da *X. fastidiosa* para iniciar o Projeto.

A CVC é uma doença que afeta laranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Encontra-se disseminada por todas as regiões produtoras de citros do Estado de São Paulo e nos principais Estados produtores do país. A bactéria coloniza os vasos do xilema da planta, afetando drasticamente o transporte de água e nutrientes. A privação destes elementos leva à ocorrência de frutos imprestáveis para a indústria de suco ou consumo "*in natura*". Em 1997, 34% das laranjeiras no Estado de São Paulo apresentavam a doença em níveis variados. Estes valores representam 66 milhões de plantas doentes, e os prejuízos causados pela doença superaram R\$ 150 milhões anuais (Amaro *et al.*, 1997). Desde 1994 este já era o principal problema produtivo do setor de cítricos. Pesquisadores do INRA³², preocupados com a ação do parasita em videiras da região de Bordeaux - França -, também estavam trabalhando com a biologia desta bactéria. No Brasil, a pesquisadora Vitória Rossetti, do Instituto Biológico de São Paulo, trabalhava conjuntamente com o INRA. Estas pesquisas resultaram na obtenção de métodos de cultura a partir dos quais iniciaram-se pesquisas infectológicas no Brasil. A Figura 2.1. mostra uma fotomicrografia eletrônica da bactéria *X. fastidiosa*.



Figura 2.1. Fotomicrografia de *Xylella fastidiosa*

³² *Institute Nationale de Recherche Agricolturelle*, França.

As condições ambientais são o fator determinante da infecção por *X. fastidiosa*. Conhecer estas condições e as variações da capacidade infecciosa passou a fazer parte dos programas de pesquisa dos institutos públicos de pesquisa do Estado de São Paulo, principalmente na forma de atividades de viveiristas. Os estudos sobre os insetos vetores que se alimentam de seiva, inoculando o parasita na planta, passaram a ser agendados em atividades cooperativas entre o Fundecitrus e muitas das universidades que depois vieram a integrar o PGX. Antes do projeto de sequenciamento de DNA, os institutos públicos de pesquisa do Estado de São Paulo e centros viveiristas especializados em citros já possuíam uma longa história de pesquisas em biologia de citros e suas variedades de germoplasma com alta variabilidade genética. Também desenvolveram, juntamente com a Fundecitrus, técnicas de biologia molecular específicas de detecção da presença da *X. fastidiosa*. A figura 2.2 mostra uma folha de citros afetada por CVC.

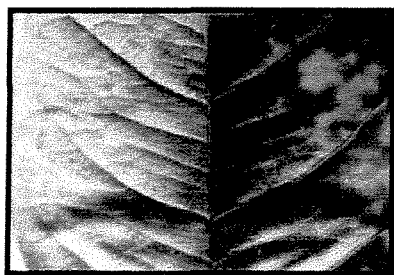


Figura 2.2. Folha de Citros com "amarelinho"

Os bancos ativos de germoplasma necessitam de intensa atividade de seleção e replicação de material biológico sadio, que também é produzido por desenvolvimento de borbulhas. Todos estes casos envolvem aplicação de biotecnologias maduras para manter as plantações com reduzidas porcentagens de plantas doentes. A resolução definitiva do problema depende de conhecimentos em genômica, porque conhecendo-se o mapa genético do parasita é possível produzir expressão ou inibição dos genes de interesse agrônômico.

Este é um típico caso onde não há como eleger *a priori* quais conhecimentos científicos envolvidos na obtenção de novas variedades de cultivares são ou não interessantes para o plantio. A demanda científica vai sendo definida a partir da compreensão da demanda tecnológica capaz de produzir efeitos dinâmicos no mercado. Conhecer os genes da bactéria configura-se como

demanda científica, porque somente a partir da incorporação de novos conhecimentos sobre o parasita é que poderão ser resolvidos os problemas de produção.

Neste caso, a investida científica é uma disposição bastante específica porque a produção de citros não tem como resolver seus problemas com o amarelinho somente com o que se conhece a respeito do agente causador. A produção de borbulhas sadias e a poda de controle de infecção têm suprido o replantio de controle do CVC, mas estes não são métodos definitivos, têm altos custos e não evitam mais de 12% das perdas causadas pelo parasita.

A pesquisa em genômica é uma área que aponta para um sem fim de possibilidades semelhantes, nas quais o mercado apresenta à indústria uma demanda tecnológica por melhoria de processo e produtividade. Pode-se dizer também que a genômica é ciência "prospectiva", porque através dela há um sem número de possibilidades de desenvolvimento de bio-inovações. Por isto, a escolha de uma estratégia tecnológica vincula os atores da esfera econômico-produtiva e científica no agendamento das pesquisas. A relação causal inversa também é verdadeira. O desenvolvimento de ferramentas de pesquisa e a capacitação de pessoal científico são essenciais não só para a ciência prospectiva mas também para que se compreendam os entraves tecnológicos que se apresentam em determinadas condições. Conhecer a forma como a *X. fastidiosa* se mantém na planta hospedeira permite que se compreenda muito a respeito das condições metabólicas da própria planta. Assim, a pesquisa sobre genes da relação parasita-hospedeiro pode resultar também em mais conhecimentos tecnológicos sobre a produção de suco no fruto. Isto porque, na condição de organismo infectado, o vegetal tem sua capacidade de absorção de água e nutrientes diminuída. Neste caso, sua sobrevivência pode depender de um bloqueio da expressividade de muitos genes controladores da produção de suco. Organismos com deficiência hídrica ou de nutrientes devem reduzir a expressividade dos genes de produção de frutos, nesta situação-limite. É desta forma que o sequenciamento do DNA da *X. fastidiosa* pode levar à melhor compreensão sobre a ação dos genes de produção de suco nas células do fruto. Uma vez manipulados, estes genes podem originar novas cepas de cultivares com maior quantidade de suco por fruto, por exemplo. Nos dois sentidos, seja como pesquisa para aumentar a capacidade de bloqueio ambiental de parasitas, ou de obtenção de novos cultivares

geneticamente modificados, o comportamento cooperativo entre universidade e empresa torna-se essencial para obtenção de resultados tecnológicos.

Podemos analisar a participação dos atores na cadeia inovativa do citros explorando um pouco as estratégias de P&D intramuros e de contratação de pesquisa que podem vir a fornecer resultados para a solução do CVC e que vinculam atores da esfera privada e da esfera pública.

Entre os centros universitários que apresentam maior tradição em pesquisas com citros estão a ESALQ/USP (representada principalmente pelo CENA), as Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAVJ) e a Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (FCA), da UNESP. A Fapesp já vinha, no período entre 1994 e 1998, financiando projetos de pesquisas sobre citros nas instituições anteriormente citadas, o que demonstra como os atores públicos estavam envolvidos na questão do citros antes da decisão do PGX.

Três instituições públicas do Estado de São Paulo estão envolvidas na cadeia inovativa do citros. São elas: o IAC, Instituto Agrônomo de Campinas, a ESALQ/USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, e o IBSP, Instituto Biológico de São Paulo (Ramos Filho, 1999). No IAC, instituição mais ativa na pesquisa de citros, a presença do Centro de Citricultura "Sylvio Moreira" (CCSM) é marcante, pela qualidade da pesquisa, pelos serviços de produção e manutenção de germoplasma - mais de 1800 variedades de citros e fornecimento de borbulhas sadias para viveiros do setor citrícola.

O CCSM recebeu recursos orçamentários majoritariamente públicos, da ordem de 79% do total de R\$ 1,330 milhões. Destes, 7,5 % (R\$ 100 mil), foram provenientes da Fapesp. A participação dos recursos públicos é majoritária nos projetos em andamento no segundo semestre de 1999 (Tabela 2.1.).

O IBSP, na sua tradição de pesquisas em microbiologia, vem investigando, de modo integrado com o IAC, os agentes causadores dos maiores problemas de fitossanidade do citros, como a gomose, o cancro cítrico e o próprio CVC. Pesquisas sobre agentes causadores de pragas e de seus vetores compõem, há muito, as agendas destes institutos: a Profa. Dra. Vitória Rossetti, do IBSP, já estudava microrganismos patogênicos dos laranjais duas décadas antes do PGX.

Tabela 2.1. - Projetos do CCSM (1999)

Projeto	Valor Médio (R\$ mil)	Principais Parceiros	Período	Tema
Genoma Fapesp	329,00		97-99	<i>Xylella</i> / CVC
Fapesp Temático	147,00		96-99	Tristeza do Citros
PRONEX	1762,00	CENA	97-01	Mapeamento Genético - Resistência à Doença
PADCT (*)	160,00			CVC
CNPq-BIOEX	196,00		98-99	Borbulhas Sadias
EU	30,00			Fitossanidade
Indústria	150,00	Fundecitrus		

Siglas: Pronex: Programa para consolidação de Núcleos de Excelência - Governo Federal.

CENA: Centro Energia Nuclear na Agricultura - Governo do Estado de São Paulo.

CNPq-BIOEX : Programa de Excelência em Ciências Biológicas - Governo Federal

PADCT: Plano Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Governo Federal/

BIRD - Banco Interamericano de Desenvolvimento.

(*) 2ª rodada do PADCT; projeto em fase de aprovação em novembro de 1999.

Fontes para elaboração: MCT e Projeto Citros: GEOPI-DPCT-Unicamp, 1999- B. Bonacelli *et al.*

Tabela 2.2. Projetos de pesquisa em citros financiados pela Fapesp / Excluído o PGX
(por instituição/período 94-98)

Instituição	Participação
FCAV/UNESP(Botucatu)	25,69%
ESALQ/USP	24,64%
IAC	21,92%
FCA/UNESP(Jaboticabal)	5,82%
CCTE/UFSCar	3,35%
CENA/USP	3,26%
Outros	15,33%

FCAV: Fac.Ciências Agrônômicas e Veterinárias/Unesp; ESALQ: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"; IAC: Instituto Agronômico de Campinas.

Fonte : Fapesp - dados em R\$ mil, transformados em %.

A presença da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) na tabela 2.2.de instituições é mais um fator de reforço de como o setor público vem subsidiando pesquisas sobre citros. A UFSCar foi incluída por estar localizada no Estado de São Paulo e receber financiamento da Fapesp. Como o objeto de análise é a agência estadual Fapesp, não foram incluídos projetos e recursos das agências federais CAPES, CNPq e EMBRAPA, apesar de serem em grande número e importância para o setor de cítricos.

O dispêndio de recursos para o setor de cítricos, com e sem o PGX, para que se possa demonstrar a importância deste programa de pesquisas para a pesquisa no setor, em termos de melhoria de orçamento (Tabela 2.3.).

Tabela 2.3. - Investimento Global da Fapesp em Pesquisas Relativas ao Setor Citrícola, 1994-98 *

Total Investido	R\$ 10.225.565,83
Projeto Genoma	R\$ 8.551.33,88
Total sem Genoma	R\$ 1.674.231,95
Média Anual sem Genoma	R\$ 334.846,39

(*) PGX em andamento, mas não finalizado; portanto, o recorte temporal foi feito apenas para que a comparação com os investimentos em pesquisa de citros mostrados na tabela anterior pudesse ser feita.

Fonte: Projeto Citros - GEOPI/DPCT- Unicamp. B. Bonacelli. *et al.*, 1999.

O que se pode inferir da tabela 2.3. é que o total de recursos da Fapesp para pesquisa sobre citros seria relativamente baixo - R\$ 334 846,39, sem o PGX, o que equivale a menos de 0,1 % de seus recursos de financiamento, que foram de R\$ 343,392 milhões³³, em 1998. No período em questão, este projeto eleva muito o percentual de recursos para pesquisa do setor de citros, que passa a ser de 0,297% do total. A média anual de recursos, que era de R\$ 334,84 mil, passa a ser de R\$ 852,13 mil, ou seja, praticamente triplica com a implementação do projeto de sequenciamento cromossômico.

O ambiente de interação universidade-empresa entre a Fundecitrus e a Fapesp, levando-se em conta os novos projetos de sequenciamento de fitopatógenos, apresenta um enorme potencial de articulação das interfaces da pesquisa. O setor de cítricos, que representa a segunda maior receita do *agribusiness* do Estado de São Paulo³⁴, contrata pesquisa na universidade e realiza P&D intramuros, pelo menos no que diz respeito às biotecnologias tradicionais, como melhoria e seleção de variedades. Há muito o setor realiza e contrata atividades de pesquisa que reverterem parcialmente as perdas da produção com fitopatógenos.

Em 1999 a Fundecitrus desenvolveu e contratou pesquisas sobre insetos vetores, as cigarrinhas das famílias Cicadellidae e Cercopidae. Dentro do escopo do Edital do PADCT/CDT do Governo Federal, as investigações visavam avançar no controle biológico e químico do vetor e do agente

³³ Dados fornecidos pela Fapesp. Relação US\$ 1,0/R\$ 1,2.

causador da CVC. Segundo o Relatório de P&D da Fundecitrus, o PGX é apenas um dos projetos de P&D extramuros desta instituição. Os outros projetos descritos e já realizados até fevereiro de 2000 foram contratados junto à UNESP de Jaboticabal (Departamento de Entomologia e Nematologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias), junto à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da USP, ao Instituto Biológico de São Paulo e à Gravena - Manejo Agropecuário, instituição privada de manejo ecológico de pragas de agricultura, que está vinculada ao Programa RHAE³⁵. Este contexto define melhor a importância do conjunto de iniciativas estaduais e federais no alavancamento do setor de pesquisa e comercialização de biotecnologias.

A articulação de estratégias de competição comercial vem sendo realizada a partir dos resultados favoráveis que a pesquisa oferece. Como reforço das relações estabelecidas entre a comunidade científica e o setor da agroindústria, o controle da CVC não pode ser circunscrito a uma ou outra propriedade agrícola, porque os vetores se movem de uma propriedade a outra, o que coletiviza o problema e força uma ação conjunta de busca por soluções. Não há demanda tecnológica para mudança do padrão de qualidade do produto, que é o fator responsável pela estabilidade desta indústria no mercado internacional. O suco de laranja é considerado uma *commodity*³⁶ e devido ao seu baixo índice de industrialização, o preço é responsável pela competitividade no mercado de sucos, mas depende do aumento de produtividade, para o qual a CVC é o maior empecilho.

2.1. O impacto econômico da clorose variegada dos citros no Brasil

Desde os anos 30, a agricultura é o setor mais protegido nos países desenvolvidos. Inicialmente, o protecionismo visou enfrentar os problemas da Grande Depressão. Uma vez assumidas algumas estratégias emergenciais, houve o desenvolvimento teórico acerca de falhas de mercado, o que impulsiona a continuidade das práticas protecionistas, no contexto de fortalecimento do papel do Estado. Até o início da década de 70, o enorme crescimento econômico do mundo capitalista e as inúmeras mudanças nas dinâmicas econômicas mundiais culminam nos primeiros sinais de

³⁴ A primeira receita é a do setor produtor de soja.

³⁵ Programa de Capacitação de Recursos Humanos para o Desenvolvimento Tecnológico.

³⁶ As *commodities* são bens homogêneos cujo preço está na razão inversa da quantidade de produção, portanto, da produtividade.

ceticismo quanto à eficácia do poder público como controlador das economias. Para os países em desenvolvimento, o protecionismo à agricultura dos países desenvolvidos tem um efeito que se soma à perda da competitividade internacional que experimentam na década de 80.

No período entre 1975 e 1995, no qual o mundo esteve colocando em prática o modelo liberal, observa-se um crescimento do comércio internacional à taxa de 7% ao ano. Nos países em desenvolvimento estas atividades crescem apenas 4,5% ao ano, o que reverte a tendência anterior de participação no comércio internacional dos países em desenvolvimento. O contexto de crise em nível mundial da década de 70 arrefece a disposição estatista: os defensores do Estado mínimo consolidam os conceitos de desregulamentação, desestatização e privatização. Na prática, o programa de privatizações do governo inglês de Margareth Thatcher, que assume em 1979, obtém um sucesso propulsor de sua difusão por todo o mundo. Apesar destas orientações liberalizantes dominantes na gestão pública, os setores produtivos agrícolas não foram atingidos por reformas que implicassem na redução da interferência do poder público na condução de sua economia. O modelo teórico difundido por Thatcher no mundo desenvolvido convive com a escalada sem precedentes do protecionismo. Os países desenvolvidos, beneficiários destas políticas, aumentaram muito seus estoques de produtos e o acúmulo de excedentes força a desova de produtos no mercado internacional a preço subsidiado. O governo Reagan cria, como forma de retaliação aos subsídios às exportações européias, o *Export Enhancement Program*, para forçar a negociação da questão agrícola. Desta polarização surgiu o GATT - Acordo Geral de Tarifas e Comércio - que, apesar de resultar em acordos de ajuste do apoio à agricultura, não chega nem remotamente a liberalizar a comercialização de produtos deste setor.

Ao longo de todo o século XX, o subsídio à agricultura no Brasil apresentou a característica de um corporativismo estatal. Este caráter alcança o pico de evidência nas décadas de 70 e 80 e destinou-se, principalmente, a minorar os efeitos perversos dos choques do preço do petróleo sobre a economia brasileira. Desta época é o Projeto Pró-Álcool, altamente subsidiado pelo setor público. O setor citrícola, uma exceção, não foi altamente subsidiado, o que parece ter forçado um comportamento de busca por conhecimentos científicos para a resolução de seus problemas de dinâmica produtiva e competitividade.

As geadas de 1962 na Flórida causaram a quebra quase total da produção americana e colocaram o Brasil na curva ascendente de produtividade e competitividade internacionais. As excelentes condições agronômicas dos solos paulistas e o baixo custo da mão-de-obra resultaram, até 1994, em custos operacionais menores do que os da Flórida. Nesta última, a produtividade por planta é maior, porque a ausência problemas fitossanitários permite que o adensamento do plantio seja duas vezes o adotado no Brasil, mas a área plantada não pode ser expandida, já que ao norte da Flórida há um limite climático para a cultura.

O setor exportador de citros no Brasil cresceu neste mesmo período. O Brasil é hoje o maior exportador de suco concentrado de laranja, sendo responsável, no período 1994/95, por 81% da produção mundial. As exportações deste produto representavam 18,5% das exportações agrícolas totais do país em 1992. Nos últimos quatro anos houve uma perda de 44 milhões de pés de laranja, por conta de problemas fitossanitários; o maior deles é justamente a CVC. Quase 50% do custo de uma caixa de laranja devem-se à utilização de defensivos agrícolas para o combate dos vetores ou o bloqueio da *X. fastidiosa*. O estresse hídrico é o fator mais importante na instalação da bactéria na planta. No Brasil não há pomares irrigados (justamente porque os custos de irrigação fazem toda a diferença para o custo de produção), e o período de seca é aquele no qual mais são evidentes os sintomas da CVC. A recuperação da cultura só é alcançada em 6 anos a partir da eliminação de plantas muito infectadas, já que a laranja é uma planta perene. O rendimento médio por hectare no Brasil é a metade do da Flórida, e há perdas de 6% da produção na fase de colheita.

Faz sentido que os problemas com a perda de pés de laranja sejam equacionados pela Fundecitrus, que procura estabelecer relações universidade-empresa com inúmeros centros públicos de pesquisa. É preciso conhecer a biologia dos agentes causadores das principais doenças - CVC e cancro cítrico - e de seus insetos vetores. O Fundecitrus coordena as atividades de resolução dos problemas tecnológicos obtendo e difundindo agro-tecnologias de produção de borbulhas sadias, método que reduz de 32 para 24 % os efeitos da *X. fastidiosa*. No período 89/90 o custo operacional brasileiro médio por caixa era de US\$1,77 para US\$2,25 na Flórida, e no período 93/94 manteve-se ainda mais vantajoso para o Brasil - US\$ 1,40 para US\$ 2,27. Os defensivos têm uma participação relativa entre 40 e 50 % dos custos totais de produção. Este

fator é central para a análise da articulação do PGX: o manejo do parasita representa uma barreira tecnológica para a manutenção do papel de liderança produtiva e comercial de um mercado mundial. A agroindústria de sucos é proprietária de uma pequena parte da área de produção de citros, e depende de um enorme número de pequenos e médios produtores rurais, em atividades que fornecem mais de 400 mil empregos diretos e indiretos. Por isto, o problema de produtividade é igualmente um problema público. Os EUA, grande importador deste produto brasileiro, está em vias de se tornar auto-suficiente, e apresenta um crescimento de 40 % na produção dos últimos 6 anos. O futuro da citricultura brasileira depende de esforços de P&D capazes de equacionar o problema tecnológico causado pela CVC, que é crucial para que o setor mantenha-se no primeiro lugar no mercado mundial de sucos, que movimenta em torno de US\$ 3 bilhões /ano, no qual o suco de laranja é responsável por US\$ 1,8 bilhão.

A CVC encontra-se disseminada por todas as regiões produtoras de citros do Estado de São Paulo e nos principais Estados produtores de citros do país. A bactéria coloniza os vasos do xilema da planta (Figura 2.1.1.), afetando drasticamente o transporte de água e nutrientes.



Figura 2.1.1. Corte transversal de vaso do xilema de citros colonizado por *Xylella fastidiosa*.

A privação destes elementos leva à ocorrência de frutos imprestáveis para a indústria de suco ou consumo “*in natura*”. Os efeitos da CVC nas folhas podem ser vistos na Figura 2.1.2. Estima-se que os prejuízos causados pela doença superem R\$ 150 milhões anuais no Estado São Paulo (Amaro et al., 1997). A Figura 2.1.3. mostra que frutos normais têm o dobro do tamanho dos produzidos por plantas infectadas.

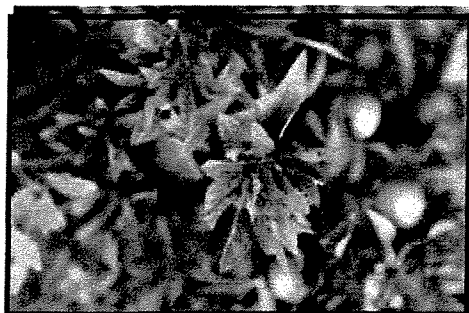


Figura 2.1.2.. Planta infectada por CVC

Fonte: Instituto Biológico de São Paulo

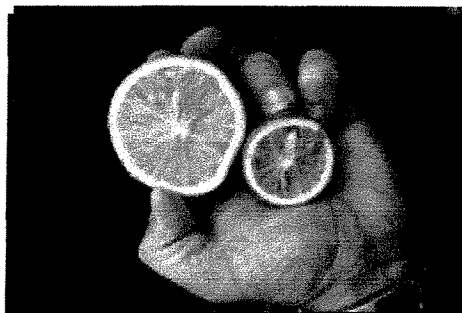
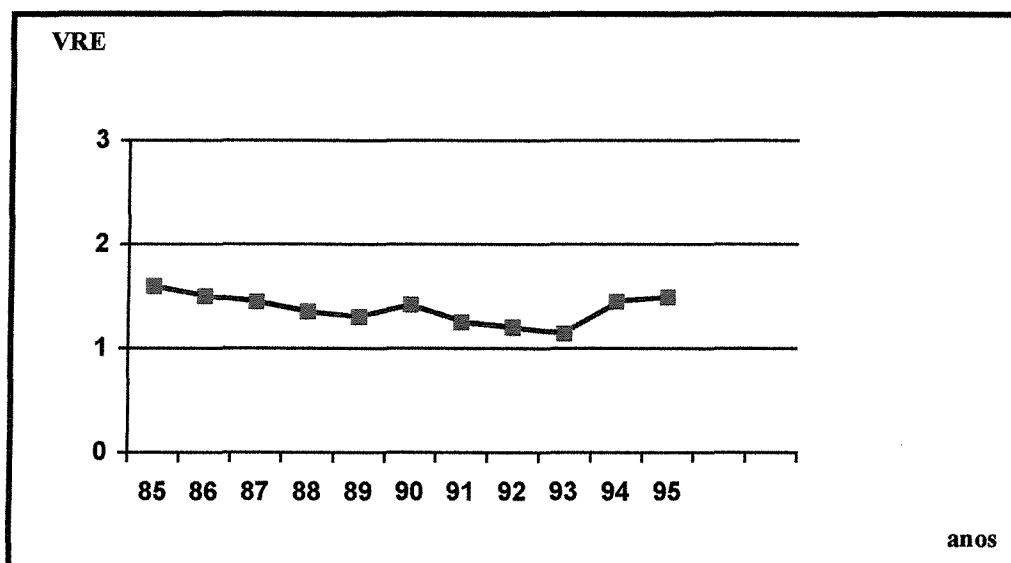


Figura 2.1.3. À direita, fruto de planta com CVC

Nos anos 60, as taxas brasileiras de vantagem relativa na exportação (VRE)³⁷, coeficiente que relaciona a participação desse setor nas exportações totais do país com a mesma relação nos demais países, situa-se acima de 2,5, indicando significativa vantagem do país no comércio agropecuário. Até o final dos anos 70 o coeficiente fica nesta média, mas, partir de então, vem decaindo acentuadamente. Entre 1991 e 1993, atinge um mínimo de 1,2 (Gráfico 2.1.1.).

Gráfico 2.1.1. Vantagem Relativa na Exportação (VRE) Agropecuária, Brasil, 1985-1995



Elaborado a partir de dados do Instituto de Economia Agrícola, Relatórios Anuais.

³⁷ Coeficiente que relaciona a participação desse setor nas exportações totais do país com a dos demais países: $VRE_{ki} = \ln [X_{ki} / X_{kr} : X_{kr} / X_{mr}]$. X = exportação; k = produto agropecuário; m = todos os demais produtos; i = Brasil; r = todos os demais países.

$VRE > 0$: revela vantagem brasileira na exportação de produtos agropecuários; $VRE < 0$: revela desvantagem brasileira na exportação de produtos agropecuários.

Desde 1995 têm se verificado déficit de balança comercial brasileira como um todo, mas o setor agrícola, em particular, mostra recuperação, contribuindo para que o déficit do país não fosse ainda maior. Nos anos mais recentes - 1994 e 1995, o VRE mostra uma evolução positiva da participação da agro-indústria no total de exportações.

Desde 1994 a CVC já era o principal problema produtivo do setor de cítricos. Pesquisadores do INRA da França, preocupados com a ação do parasita em videiras da região de Bordeaux também estavam trabalhando sobre a biologia desta bactéria. O nome "*fastidiosa*" tem um significado de "impertinente", no sentido de quem se recusa a fazer algo. Isto porque ela não cresce bem fora das suas condições naturais e foram necessários esforços integrados dos pesquisadores do CCSM, do IBSP e do INRA para que se obtivesse sucesso no cultivo do microrganismo.

No Estado de São Paulo, a temperatura média anual varia muito menos do que na Flórida, e a manutenção de temperatura favorece muito o crescimento bacteriano. Conhecer estas condições e as variações da capacidade infecciosa passou a fazer parte dos programas de pesquisa dos institutos públicos de pesquisa do Estado de São Paulo, principalmente na forma de atividades de viveiristas. Os estudos sobre identificação da doença e avaliação de métodos de controle dos vetores passaram a ser agendados em atividades cooperativas entre o Fundecitrus, a UNESP de Jaboticabal, o IBSP e a Gravena Ltda, com o apoio do PADCT³⁸.

Os institutos públicos de pesquisa do Estado de São Paulo, entre eles a ESALQ/USP e centros viveiristas especializados em citros, como o CCSM do IAC, possuem uma longa história de pesquisas em biologia e agronomia de citros. Dispõem atualmente de variedades de germoplasma com alta variabilidade genética a ser explorada, e desenvolvem, com a Fundecitrus, técnicas de detecção prematura da presença da *X. fastidiosa* por PCR³⁹ o que torna possível replicar exponencialmente fragmentos de DNA bacteriano.

³⁸ Plano de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, governo federal, com recursos também do BIRD.

³⁹ Polimerase Chain Reaction. Reação em cadeia que permite a replicação de trechos de DNA.

A maioria dos centros de pesquisa envolvidos no equacionamento do problema da CVC realiza pesquisa de germoplasma e técnicas de fusão de protoplastos⁴⁰ de hibridização, que são tecnologias agronômicas bastante maduras. Estas técnicas não permitem a exata indução de características agronomicamente desejáveis. A transformação genética⁴¹ é um processo muito mais eficiente para o melhoramento de cultivares resistentes a determinado patógeno, mas sua realização depende de pesquisa de escopo em genômica, para que o material hereditário possa ser sequenciado, e seus genes sejam reconhecidos, "recortados"⁴² e transferidos para o DNA de outro organismo.

Para que sejam alcançados avanços biotecnológicos que o setor necessita para resolução da CVC, mais ciência deve ser incorporada aos processos produtivos. O melhoramento de variedades genéticas depende da obtenção de marcadores genéticos e de sua capacidade de *screening* e de que sejam operadas técnicas de transdução⁴³ destes genes. A ampliação da capacidade de diagnóstico e prevenção de fitopatógenos graves, depende do desenvolvimento de anticorpos monoclonais - o que só é possível através da compreensão do genoma funcional do parasita e das formas de interação entre ele e seu hospedeiro, tanto no nível biomolecular quanto ecológico.

Neste contexto, a competitividade do setor depende de cooperação entre o setor de pesquisas e a indústria. O ambiente de interação universidade-empresa apresenta um enorme potencial de articulação das interfaces da pesquisa. Não há como separar as demandas por produção científica e tecnológica, e talvez por isto, o setor de cítricos realiza P&D intra-muros e vem promovendo e contratando pesquisa de cunho tecnológico.

As condições que regulam a concorrência internacional não são colocadas apenas na esfera produtiva, mas também na sua interdependência com a possibilidade de internalizar C&T. As dinâmicas de mercado destas atividades produtivas criam um contexto de vinculação entre

⁴⁰ Protoplastos são células vegetais desprovidas de parede celular que apresentam maior facilidade para manipulação em técnicas de cultura de tecidos. Quando variedades diferentes de protoplastos são colocadas juntas em um campo elétrico, há fusão e obtenção de híbridos somáticos. Estes híbridos trazem composições genéticas variantes que podem se expressar como características de interesse agrícola; a resistência ao estresse hídrico é, por exemplo, uma delas.

⁴¹ Introdução e integração de DNA exógeno nas células, resultando em uma planta transgênica.

⁴² As moléculas que agem neste sentido são enzimas de restrição, encontradas também sob a designação de endonucleases. São proteínas capazes de reconhecer e cortar sequências definidas de pares de nucleotídeos de DNA.

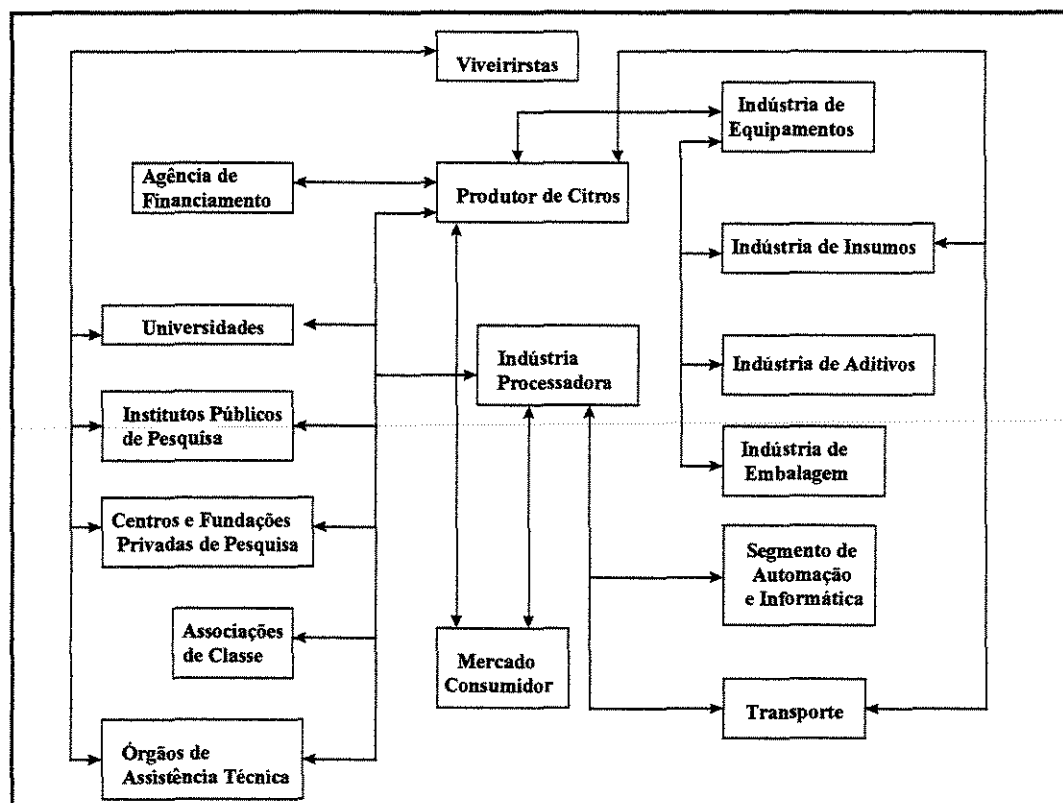
⁴³ Transferência de um segmento de DNA de um organismo a outro por um vetor, que geralmente é um vírus.

esforços de P&D e competitividade internacional. O conjunto de atividades de controle da produção desempenhadas principalmente pela Fundecitrus e pelo Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", para as quais a Fapesp tem financiado inúmeras atividades de pesquisa e da complementar análise de economia agrícola feita pelo Instituto de Economia Agrícola, proporcionaram aproximação de atores das três esferas que parecem ter sido os agentes principais da tomada de decisão. Muitos outros aspectos da cadeia inovativa industrial encontram-se bem equacionados: a logística de transporte do suco apoia-se em inovações recentemente implantadas; o nível de incorporação de novas tecnologias industriais nos últimos dez anos foi elevado, principalmente como fator de manutenção das exigências dos compradores internacionais e das condições internacionais de competitividade.

2.2. Demanda Tecnológica e Esforços de P&D

A posição brasileira de liderança mundial no setor deveu-se principalmente ao aumento da área de plantio, que cresceu 147% entre 1975 e 1993. O Estado de São Paulo é detentor de 98% do agronegócio de citros no Brasil, não sendo possível adensar mais do que um terço dos da Flórida, justamente porque a transmissão das fitopatologias é facilitada pelo aumento da proximidade entre plantas. O CVC configura duplo problema produtivo: causa perdas de produção agrícola e impede o adensamento de plantas. Sua resolução termina por envolver muitas esferas da Cadeia Inovativa, como demonstra a Figura 2.2.1.

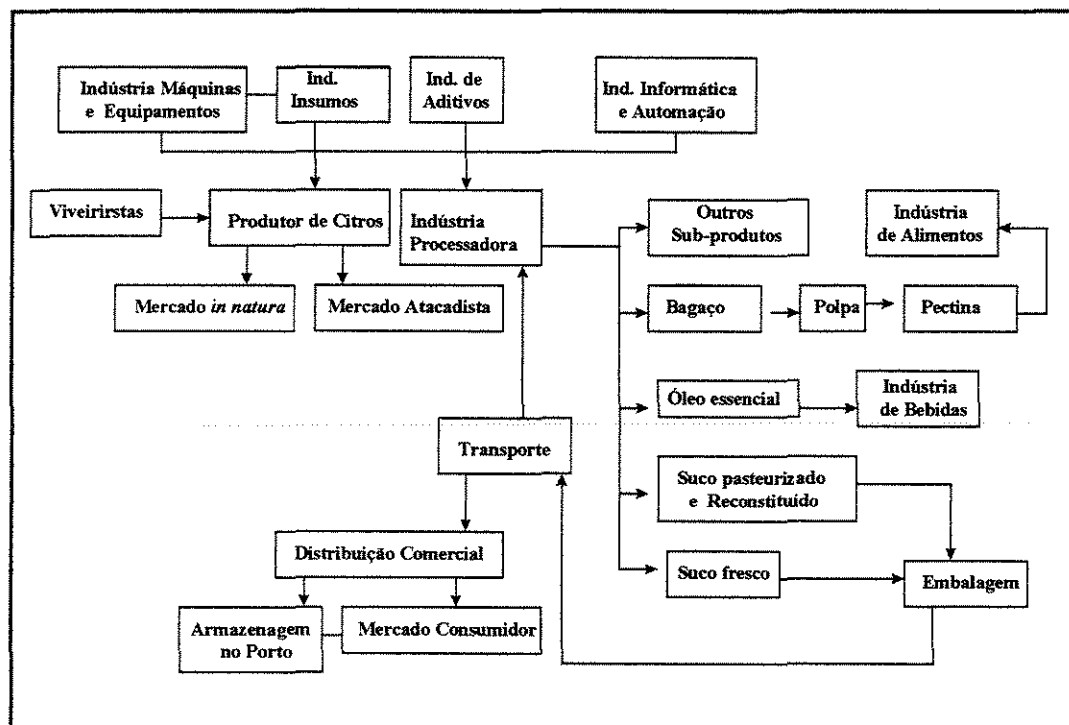
Figura 2.2.1. Cadeia Inovativa de Citros



Modificado de: Geopi - Grupo de Estudos de Organização da Pesquisa e Inovação/Departamento de Política Científica e Tecnológica -Unicamp Estudo "Projeto Citros", realizado para o Instituto Agronômico de Campinas. B. Bonacelli *et al.* 1999

Dois fatores importantes constituem a base para a promoção de atividades coletivas de busca de pesquisa científica e soluções tecnológicas e na articulação com os setores públicos de pesquisa para a resolução do problema. O primeiro, relativo à cadeia produtiva representada na Figura 2.2.2, é que a planta de citros é perene, o que impede a substituição imediata das plantações. Como o setor de produção de frutas está vinculado à indústria de suco concentrado, faz sentido que os problemas com a perda de pés de laranja sejam equacionados conjuntamente. A agroindústria de sucos é proprietária de uma pequena parte da área de produção de citros, e depende de um enorme número de pequenos e médios produtores rurais. Por isto, os esforços de P&D são imprescindíveis.

Figura 2.2.2. Cadeia Produtiva de Citros



Elaborado a partir de : Relatório de Mercado; Fundecitrus, 1998 e do Projeto Citros, Geopi, DPCT/Unicamp, B. Bonacelli. *et al.*, 1999.

O segundo fator é relativo aos problemas fitossanitários, envolvidos na cadeia inovativa. Não é possível estabelecer barreiras para os insetos vetores e circunscrever os parasitas a uma determinada propriedade rural. Esta a condição, aliada ao fato de que a perda de árvores não é rapidamente reposta, produz um efeito de vinculação entre os setores das diversas sub-áreas da produção. Faz sentido então, na cadeia produtiva, negociar coletivamente as questões que mais oneram o custo de produção e obtenção de tecnologias que possam minimizar seus problemas. Hoje em dia o produtor contribui para o desenvolvimento da pesquisa e informação com uma alíquota fixa do preço da caixa de laranja. Os demais componentes da cadeia produtiva têm interagido com os atores da cadeia inovativa, principalmente no que diz respeito ao controle dos problemas fitossanitários. Segundo a Fundecitrus (Relatório 1998), o setor de cítricos é hoje *"um setor que mantém intensas relações entre atividades de P&D e busca de conhecimentos acadêmicos, para a resolução dos problemas de fitossanidade"* ⁴⁴. Estes dois fatores

⁴⁴ Transcrito da entrevista concedida pelo Sr. Juliano Ayres, Gerente de P&D da Fundecitrus, Araraquara, Setembro de 1999.

impulsionam a busca de conhecimentos científicos que possam dar suporte à cadeia produtiva. As inovações tecnológicas vêm sendo internalizadas de modo a contribuir tanto para produção de matéria prima quanto para a indústria de beneficiamento. São tecnologias derivadas de diferentes áreas científicas, como é comum para a agroindústria.

O suco brasileiro é considerado de ótima qualidade pelos resultados de inspeção do USDA - *United States Department of Agriculture*; possui o *score US Grade A* para cor, sabor, taxas de composição e defeitos, que são os aspectos de manutenção da preferência de compradores e da competitividade internacional. Para isto, é preciso conhecer bem as condições de desenvolvimento dos parasitas e seus vetores. As soluções podem ser novas estratégias de engenharia agrícola, que produzem técnicas de seleção de critérios de eliminação, re-plantio e poda de plantas infectadas. Estas técnicas vêm sendo desenvolvidas e são responsáveis pela contenção atual dos altos índices de contaminação *de novo*.

Mas a manutenção do setor na liderança internacional depende de tecnologias muito mais efetivas para a resolução dos problemas fitossanitários. Alcançar este objetivo está na dependência direta da obtenção de conhecimentos científicos em biociências dos organismos das cadeias ecológicas que fazem parte da cadeia produtiva do setor. No caso da CVC, a fronteira tecnológica ocupa o mesmo espaço da fronteira científica. A relação hospedeiro-parasita é mantida porque o parasita muitas vezes possui genes semelhantes ao do hospedeiro, o que lhe permite comportar-se bioquimicamente como parte original do hospedeiro sem ser reconhecido como agente invasor. Conhecer os genes que mantêm as condições ecológicas da relação hospedeiro-parasita fornece dados para o desenvolvimento de moléculas de bloqueio da infecção bacteriana. Por isto as atividades viveiristas geralmente resultam no desenvolvimento de técnicas agrônômicas de poda ou enxertia que minimizam o problema da CVC; mas a definitiva resolução do problema depende de pesquisa que incorpore e integre maior quantidade e qualidade de conhecimentos científicos aos nexos tecnológicos.

No Brasil, a falta de massa crítica que crie escala e escopo para o desenvolvimento de pesquisa e comercialização de biotecnologias modernas tornou urgente encaminhar um programa de capacitação de pesquisadores na área. Sendo este um objetivo estratégico das políticas de C&T,

não "serve" exclusivamente ao setor de cítricos ou ao caso em questão. Estes motivos foram as mais importantes forças de natureza acadêmica, mas com caráter tecnológico, que levaram a agência de financiamento a decidir pela implementação do projeto.

Estes exemplos permitem que se compreenda porque as dinâmicas de produção de conhecimentos, principalmente nas atividades prospectivas como as de genômica, desenvolvem-se de modo a dificultar a definição de fronteiras entre ciência e tecnologia.

Neste contexto em que as condições ambientais variam localmente, cada região produtora de um bem agrícola irá necessitar de uma especial formulação de biotecnologias conjugadas. Ultrapassar estas fronteiras depende não simplesmente da produção de conhecimentos isolados, mas do resultado das interações entre agentes governamentais que decidem sobre as políticas de C&T, da elaboração conjunta da agenda de pesquisas e das dinâmicas econômicas e de mercados.

Há que se acentuar a importância de atingir o mapeamento da *X. fastidiosa* em tempo recorde, o que atesta a qualidade do trabalho das equipes envolvidas. O PGX representa a formação de uma equipe de nível internacional em uma área praticamente inexistente no país. Isto foi, sem dúvida, o resultado um conjunto de fatores de investimentos em recursos humanos e desenvolvimento de pesquisas em longo prazo.

Tendo como fundo uma visão evolucionista do papel da infra-estrutura do conhecimento, podemos afirmar que a alavancagem de recursos humanos, representada pelo Projeto, não deve ser fruto apenas das iniciativas pontuais e recentes que inauguraram a genômica no país. Programas de melhoramento das condições de capacitação de pesquisadores fazem parte da história das iniciativas da Fapesp, como por exemplo o Projeto Bioq-Fapesp da década de 70, que inicia "*o desenvolvimento da bioquímica na Cidade de São Paulo*"⁴⁵ e inicia atividades de pesquisa molecular em São Paulo. A ação conjunta das instituições estaduais e federais, visíveis no caso da pesquisa sobre citros no Estado e demonstradas neste capítulo, permitem que se compreenda a existência de uma comunidade científica em condições de aproveitar a

⁴⁵O Bioq-Fapesp não só destinou verbas para uma área pouco fomentada da ciência paulista, como também inaugurou um novo *ethos* na gestão autônoma de recursos para pesquisa. Maiores detalhes, ver "FAPESP: Uma história de Política Científica e Tecnológica" org. Shozo Motoyama, Publicado pela Fapesp em 1999.

oportunidade colocada pelo PGX, de formação de uma equipe de nível internacional numa área onde não havia capacidade instalada no país. Para isto, parece ter sido essencial que a comunidade científica estivesse integrada e atuante no campo de pesquisas da bactéria escolhida. O significado deste patógeno para os pesquisadores acostumados com os desafios de pesquisa por ele apresentado deve, sem dúvida, ter sido uma força de coesão da maioria dos grupos.

Os resultados da fase de sequenciamento da *X. fastidiosa* e a fase de determinação das funções de seus genes (genoma funcional) são demonstrações de que, dadas as condições de existência de um conjunto de pesquisadores, que constitui certa massa crítica, o investimento bem dirigido de uma agência da qualidade e respeito da Fapesp não apenas se vê coroado de êxito como constitui um ponto de partida para ações políticas mais ousadas, com claros retornos sociais.

Todas essas ponderações conduzem à conclusão do valor das políticas de capacitação do governo federal, de agências como a FINEP, a CAPES e o CNPq via programas de bolsas, com parceria do Governo do Estado de São Paulo, através da Fapesp, e da manutenção de recursos financeiros e o fortalecimento das universidades estaduais e de seus programas de pós-graduação.

Os esforços de capacitação de pesquisadores são responsáveis pelo maior volume de investimentos financeiros de um programa de pesquisas numa área não explorada no país, e representam os objetivos mais claramente vinculados ao papel de formulador de política de C&T da Fapesp. Estes objetivos foram alcançados e, mais do que isto produziram um programa colaborativo de pesquisas.

A articulação de todos estes fatores, desde a decisão sobre o organismo a ser sequenciado, passando pela forma de organização em rede de pesquisas, faz com que o PGX represente um bem sucedido caso de gestão multi-institucional e interdisciplinar de pesquisas.

O Projeto Genoma Fapesp, na fase de Genoma *Xylella*, é apenas a ponta do *iceberg* de resultados desses programas, que deverão começar a aparecer em outras áreas e multiplicar-se com o crescimento da economia. Enquanto isto não ocorre, a melhor política é continuar acumulando forças neste processo contínuo e crescente de capacitação, e, ao mesmo tempo, investir na criação de escopo e escala para a comercialização de biotecnologias no Brasil.

Parte II - Políticas de Pesquisas de Genoma no Contexto Internacional

Capítulo 3 - Redes Tecno-econômicas em Genômica nos Estados Unidos

Este capítulo analisa a estrutura de organização da pesquisa em genômica nos EUA e sua capacidade em originar inovação biotecnológica. O intuito é, com ele, obter alguma evidência empírica acerca dos mecanismos de aproximação entre os setores acadêmicos e os empresariais, bem como as formas como o setor público consegue estabelecer uma estrutura de governabilidade, de modo a garantir vantagens para as três esferas⁴⁶.

As conclusões acerca de como são mantidos os nexos entre a infra-estrutura de produção de conhecimentos e os outros setores da sociedade podem então servir para fundamentar as discussões sobre os nexos tecnológicos do PGX, que é o segundo objetivo desta dissertação.

Na pesquisa de campo que originou este capítulo buscaram-se dados sobre a base de pesquisa em genômica, os mecanismos interinstitucionais e inter-programáticos que vinculam a pesquisa do setor público e do privado, as formas de financiamento e contratação dos projetos e o tratamento dado às questões sobre propriedade intelectual. Deu-se prioridade à execução dos mapas dos maiores e mais importantes programas de pesquisa em genômica que tragam vinculados sistemas de capacitação de pesquisadores e transferência de biotecnologias. O critério básico de arranjo de cada mapa é a agência pública de financiamento da pesquisa.

O conceito de “rede” parece bastante funcional para definir o conjunto de componentes – instituições de pesquisa públicas e privadas, programas de pesquisa, educação e extensão, associações de usuários, órgãos governamentais, organizações não-governamentais, associações de profissionais, etc – como forma de dar conta das complexas formas e do fluxo de conhecimentos da academia para a indústria. As atividades em genômica são interdependentes: uma vez que novas técnicas de sequenciamento são obtidas numa área de genômica humana, por exemplo, imediatamente são utilizadas em todas as outras subáreas de pesquisa; entender-se os sistemas de regulação gênica de um organismo pluricelular fornece melhoria de compreensão acerca do mesmo fenômeno em outros organismos. Assim, não fazia sentido que apenas algumas áreas fossem mapeadas, o que resultou na investigação de uma rede de grande extensão e complexidade.

⁴⁶ O instrumental analítico e heurístico utilizado para a construção dos mapas de genômica nos EUA está apresentado no Anexo Metodológico, nas páginas finais desta dissertação.

Por conta da dificuldade de representação dos enormes e intrincados sistemas em rede e todas as formas de vinculação entre universidade, empresa e governo, é apresentada uma legenda por tipo de instituição, de programa de qualificação, associações de classe, organizações internacionais e instituições federais que participam das decisões políticas e/ou do gerenciamento dos sistemas. Os mapas são o resultado de um esforço para reunir, sob o mais parcimonioso número de critérios, o enorme número de tipos de instituições e programas envolvidos na rede. Após uma apresentação do panorama geral, como é o caso, por exemplo, das pesquisas do *Human Genome Project*, os mapas são recortados por áreas pontilhadas em setores (legendados por S1, S2, etc). Os setores são posteriormente desdobrados, apresentados e avaliados em separado, devido ao grande número de categorias, componentes, número e tipos de vínculos e ao grau de complexidade que apresentam.

Os vínculos entre instituições apresentam-se como linhas com flechas. Sob a assunção de que o processo inovativo não é linear nem monocausal, mas pervasivo, multilinear e multicausal, as flechas ligam instituições, programas de pesquisa e qualificação, mercados e políticas governamentais entre si. Pretende-se assim indicar que a inovação emerge da interação entre os diversos *loci* e processos da produção de conhecimentos e de bens, e que estes sistemas são considerados cadeias inovativas, da mesma forma como são concebidas as dinâmicas entre ciência e tecnologia no modelo *chain linked* (OCDE, 1992) .

Como ciência de fronteira do conhecimento, a organização da pesquisa genômica deve levar em conta uma série de fatores que não são apenas do âmbito acadêmico. Os mecanismos de financiamento, os interesses nos produtos e processos comercializáveis que possam derivar desta área, remetem à necessidade de negociação entre universidade, empresa e governo. Cada esfera apresenta dinâmica própria, que sofre alterações a partir de suas interfaces com as outras. Assim optou-se por abordar as políticas de C&T em genômica deste ponto de vista.

O variado caráter e as múltiplas formas pelos quais estes vínculos são materializados não permitem individualizar as linhas. Seria necessário que se estabelecessem mais de trinta tipos de vínculos e elos diferenciados que ilustrassem cada um dos distintos instrumentos da pesquisa colaborativa, transferência de tecnologias, programas de qualificação de pesquisadores, sistemas de gerenciamento de política científica e tecnológica, vínculos econômico-financeiros, tipos de recursos financeiros compartilhados e dirigidos, tipos de instrumentos de comunicação e coleta de informações dentro das redes. Por este motivo, cada vez que se fizer necessário, os vínculos serão

particularmente discutidos. Não se tem a pretensão de representar um mapa exato do sistema analisado. Sob o prisma da economia evolucionista⁴⁷ e segundo as hipóteses do Modelo da Tripla Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1996), o conjunto de empresas e instituições representadas deve sofrer alterações contínuas à medida que o processo inovativo transcorra no tempo. Estas representações evolucionistas são utilizadas neste capítulo como material empírico na demonstração de que as dinâmicas de produção de bens e conhecimentos podem ser avaliadas através das forças resultantes dos movimentos das três "hélices": a da produção de conhecimentos, a de mercado e da dirigibilidade política. O governo é a "terceira hélice", complexa e potencialmente instável, passível de estabelecer movimentos tão caóticos quanto as duas primeiras. Mas a ele cabe manter uma estrutura de dirigibilidade sobre as dinâmicas dos dois primeiros, idéia presente já no "Triângulo de Sábato"⁴⁸.

Para a economia evolucionista, a inovação, como tradução do conhecimento em atividades produtivas, configura uma estrutura tecno-econômica e os focos de análise estão na co-evolução de mercados e tecnologias e na seleção das empresas que internalizam inovação nos ambientes de mercado. Para os estudos sociológicos da ciência, a inovação é gerada em instituições que apresentam diferenciações funcionais muito importantes, e o foco de análise dos processos de aproximação entre academia e indústria está na dinâmica de suas relações institucionais. Também sob a perspectiva evolucionista, estas disposições são tomadas pelos formuladores do modelo da Tripla Hélice como ponto de partida para considerar que o governo tem o papel de gerenciar a aproximação entre instituições acadêmicas e de P&D industrial.

Neste contexto teórico de análise dinâmica das forças entre universidade, empresa e governo é que se pretende contemplar o processo inovativo, na área de genômica e biotecnologias.

O conteúdo deste capítulo é o resultado da observação de que, nos EUA, a produção científica recebe suporte de programas tradicionais de educação e capacitação, mas é potencializada pela pesquisa interdisciplinar e multi-institucional. A implementação destes programas e das agendas de

⁴⁷ Vertente não ortodoxa da economia que assume a incapacidade das análises neoclássicas em iluminar as dinâmicas econômicas e afirma que o conjunto de empresas realiza concorrência a partir das capacidades tecnológicas internalizadas e incorporadas em suas rotinas. A partir deste conceito genético de concorrência capitalista, onde os genes são representados pelas capacidades de manter conhecimentos que produzam inovações tecnológicas, o ambiente de mercado tem o papel de selecionar as empresas capazes de gerenciar, com sucesso, o dilema constante de busca de novos comportamentos e conhecimentos, através da introdução de inovações, e, ao mesmo tempo, de manutenção dos antigos.

pesquisa está articulada às dinâmicas de mercado: de modo pervasivo, os setores de pesquisa pública e P&D industrial necessitam de estoque de capital humano e da produção de conhecimento científico e tecnológico. Com o objetivo de reduzir custos e melhorar o rendimento científico nesta área, o setor público e o privado encarregam-se de disponibilizar um enorme contingente de programas integrados que produzem aprendizado técnico-científico e institucional. Ainda que o governo seja o maior financiador destas atividades, principalmente as que se referem à pesquisa básica, a organização em rede permite uma ampla utilização coletiva destes programas, tanto em termos de capacitação humana, quanto no que se refere à produção de novos produtos e processos em biotecnologia.

A agenda comum entre o setor público e o privado para educação e pesquisa resulta em colaboração entre universidades, institutos de pesquisa e setores industriais. A aproximação entre interesses acadêmicos e econômicos faz emergir um novo padrão de comportamento científico, no qual o pesquisador busca capitalizar financeiramente o conhecimento que produz.

Os nexos da produção de conhecimentos com as dinâmicas de mercado estão representados pelos mecanismos de transferência de tecnologia (TT), acordos cooperativos, contratação de pesquisa, pagamento de licenças. O número e a importância tecnológica das patentes conseguidas como resultado da aplicação destes mecanismos demonstram que a capacitação e a pesquisa cooperativa das áreas pública e privada colaboram para a co-evolução de mercados e tecnologias (Nelson, 1994).

A dirigibilidade da rede apresenta-se nas ações governamentais que motivam e regulam estes relacionamentos. São representadas por programas interinstitucionais, consultorias, contratos de risco, licenciamento de propriedade intelectual a baixo custo e contratos de pesquisa de custos compartilhados. A legislação específica vem sendo construída na forma de ferramentas políticas de suporte formal de vínculos entre a esfera pública e privada, e por isto, cobrem uma série de questões acerca da produção cooperativa de biotecnologias: contratos de risco, de pesquisa privada no ambiente da universidade, criação e utilização de instrumental de pesquisa e negociação das questões de propriedade. A formulação destes instrumentos suscita polêmicas éticas e de direito econômico que vêm sendo significativamente debatidas. Apesar disso, uma enorme quantidade e

⁴⁸ A expressão refere-se à figura geométrica que evidencia as possíveis relações entre universidade, empresa e governo, proposta por Jorge Sábato na década de 60, como modelo para que a América Latina superasse o subdesenvolvimento.

variedade deles vêm sendo aplicados e servem de vínculos formais entre instituições, o que sofisticada e amplia a capacidade de definição da rede. É o que nos mostra a análise a seguir.

Legenda dos mapas de pesquisa em genômica nos EUA

Símbolo	Tipo de Instituição	Símbolo	Tipo de Instituição
	Agências Federais de Ciência e Tecnologia		Empresas Privadas de Biotecnologia
	Grandes Programas Públicos Nacionais de Pesquisa em Genômica		Programas Nacionais Privados de Pesquisa em Genômica
	Universidades Públicas		Associações de Classe de Profissionais
	Institutos Públicos e Pesquisa		Instituições Federais - Departamentos ligados ao Congresso
	Universidades Privadas		Rede Mista de Instituições: Universidade-Empresa-Governo
	Institutos Privados de Pesquisa		Programas Mistos de Pesquisa: Universidade-Empresa-Governo
	Programas Públicos de Pesquisa e Capacitação Científica		Centros e Escritórios de Políticas de C&T
	Rede Nacionais Públicas de Capacitação e Pesquisa		Programas nacionais de Implantação de Políticas de C&T
	Organizações Internacionais		

3.1. Rede de Pesquisas em Genômica de Vegetais

3.1.1. Dinâmicas da Produção de Conhecimentos

A rede de pesquisas e qualificação genômica de vegetais circunscreve as pesquisas básicas derivadas das atividades de fomento da NSF, da qual recebe recursos financeiros públicos. Os recursos internacionais provêm da OTAN (NATO) e os privados da BIO - *Biotechnological Industry Organization*. O principal programa de educação é o BIO* - *Directorate for Biological*

Sciences, que administra recursos públicos da ordem de US\$ 418 milhões (ano fiscal de 1998), através de mais de 2900 bolsas de estudos individuais. São projetos de pesquisa básica que visam compreender os princípios e mecanismos que governam a vida, pesquisas sobre a estrutura de biomoléculas como proteínas e ácidos nucleicos e suas funções celulares e orgânicas, e estudos das relações entre os organismos portadores destas biomoléculas e das suas relações ecológicas e com o meio físico onde os organismos se instalam. Este tipo de pesquisa é a forma mais adequada para a formação de pesquisadores, porque nele todas as técnicas básicas de biologia molecular e genômica podem ser aprendidas (figura 3.1.1.).

Vários sub-programas compõem o BIO*. O DBI - *Division of Biological Infrastructure* - é um programa de atividades de pesquisa contemporânea em biociências que treina e desenvolve novas atividades de instrumentação em biologia molecular. A DEB - *Division of Environmental Biology* - inclui projetos de compreensão das relações entre genes, proteínas e as interações ambientais proporcionadas pelos indivíduos e populações que as possuem. Assim qualificam-se não só pesquisadores em técnicas de biologia molecular, mas também pessoal capaz de fazer avaliações agrônomicas calcadas em relações ecológicas mais precisas. As relações hospedeiro-parasita podem ser verdadeiramente reconhecidas por meio deste tipo de pesquisa integrada. Os IBN - *Integrative Biology Neuroscience* - focalizam pesquisas sobre relações hospedeiro-parasita, de forma a compreender as semelhanças estruturais entre proteínas essenciais para a manutenção de patologias microbianas. Finalmente, todos os aspectos evolutivos dos vegetais estudados são cobertos quando atividades de pesquisa sobre relações subcelulares e intercelulares são realizadas pelo MCB - *Molecular and Cellular Biosciences*. Todos estes são planos de médio prazo, a serem reavaliados a cada dois anos. O PGR - *Plant Genome Research* é parte de um plano nacional de longo prazo coordenado pelo *Office of Science and Technology Policy* (OSTP) do Departamento de Agricultura e visa produzir pesquisas cujos objetivos de longo-prazo constituem-se em produzir maior compreensão sobre os fenômenos integrados de genética, agricultura, ambiente, energia e saúde. Este programa foi iniciado em 1998 e, em 1999, já instalado, passou a incorporar a condição de programa colaborativo em nível nacional⁴⁹, principalmente porque integra metas diversas a respeito dos fenômenos biológicos relativos a plantas e visa adquirir conhecimentos sobre plantas de importância econômica e produzir inovações comerciais em agricultura.

⁴⁹ Fonte: www.nsf.gov/pubs/awards/genome99.htm.

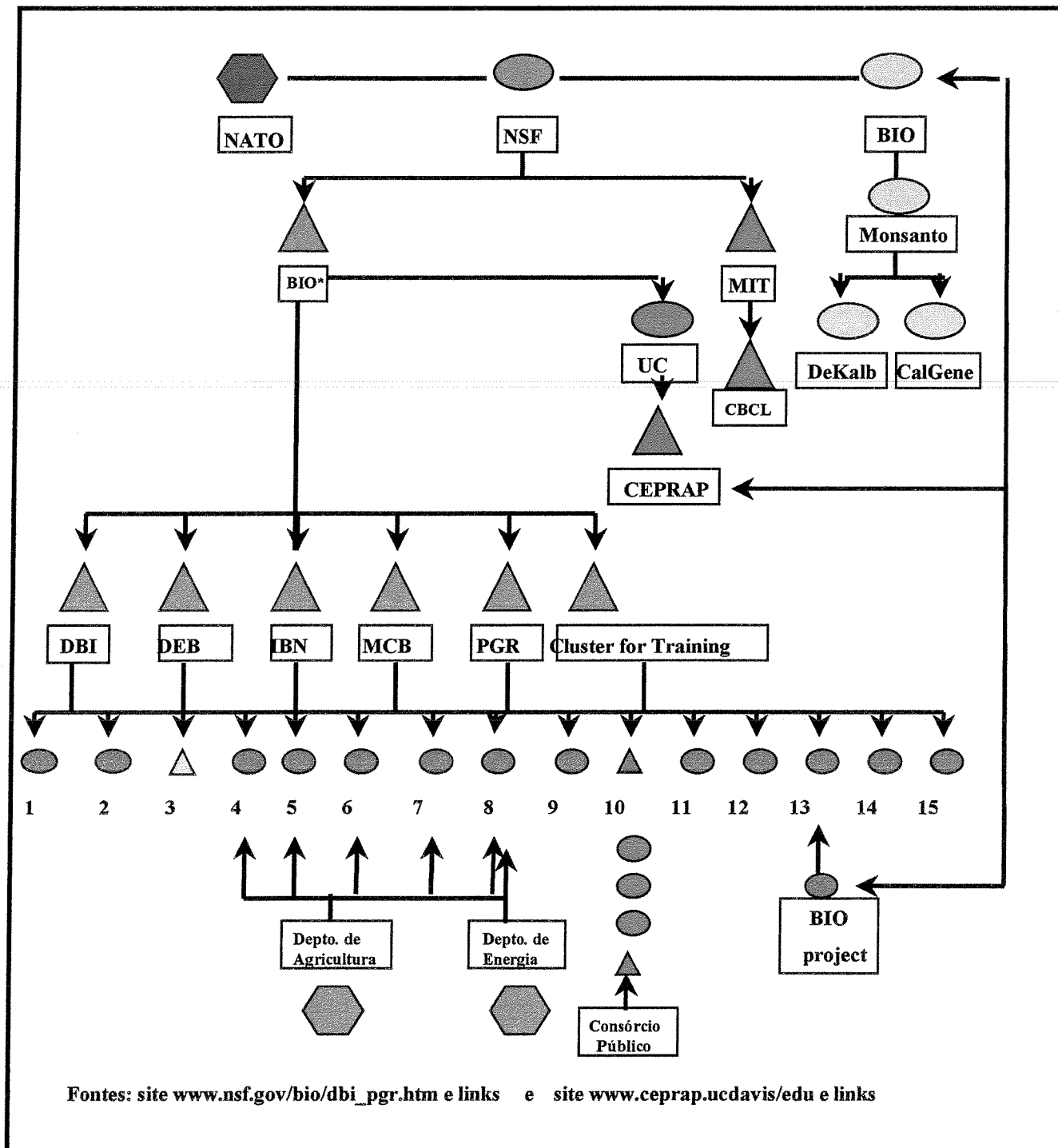


Figura 3.1.1. - Rede de Pesquisa Básica e Qualificação em Genômica de Vegetais nos EUA
Recursos Derivados da NSF

Legenda da Rede de Pesquisa em Genômica de Vegetais

NATO (OTAN): North Atlantic Treaty Organisation

NSF : National Science Foundation

CBBL : Center for Biological and Computational Learning

BIO : Biotechnological Industry Organisation

BIO *: Directorate for Biological Sciences

DBI - Division of Biological Infrastructure

DEB - Division of Environmental Biology

IBN - Integrative Biology and Neuroscience

MCB - Molecular and Cellular Biosciences

PGR - Plant Genome Research Program - 14 programas públicos e um privado (TIGR):

1. **The Schnable Lab - Iowa State University :** genética de tecidos vegetais
2. **The Plant Genoma Initiative at The State University of New Jersey:** comparação de genomas de sorgo, milho e arroz.
3. **TIGR The Institute for Genomic Research:** rede virtual de pesquisas e informações; laboratório de pesquisa sobre vírus, eubactérias, bactérias patogênicas e eucariontes (inclusive genoma humano).
4. **Clemson University Genomic Institute -** Internacional Institute for Agriculture and Environment Genomics
5. **Solgenes -** Genome databases for the Solanaceae: genoma de batata.
6. **ISU Maize Genome Project - Iowa University:** comparação de variedades de milho.
7. **Wild-wild EST - "expressed sequences tags"** de trigo
8. **The Plant Genome Initiative at the University of New Jersey - Rutgers:** comparação de genomas de sorgo, milho e arroz.
9. **University of Wisconsin:** sistema on-line de metodologias de mapeamento de genes
10. **Stress Function Genomics Consortia :** Universidades do Arizona , Oklahoma e Purdue em consórcio com o Oak Ridge Institute
11. **University of Missouri:** mapeamento e expressão de genes de milho; rede virtual de informações sobre genoma de milho.
12. **Medicago trunculata as the Nodal Species Form Comparative and Funcional Legume Genomics:** marcadores genéticos e genoma de plantas da família Leguminosae.
13. **ZmDB Maize Genome Database - Iowa University:** genoma de milho
14. **SynTom - The Arabidopsis -Tomato Syntenic Database at Cornell University:** desenvolvimento de novos métodos de busca de genes, determinação de homologia genética entre vegetais, pesquisa sobre função de microsátélites em cromossomos.
15. **Plant Biotechnology and Genome Center - Northern Illinois University:** genoma de soja, integração de mapas genéticos e mapas físicos
16. **The Baker Lab:** site não permite identificação, apenas que está situado na Universidade de Berkeley, Califórnia.

CT: Cluster for Training : consórcio público de pesquisa e capacitação que está integrado aos programas 1 a 15 e é composto pelos sub-programas :

IGERT - Integrative Graduated Education and Research Training

REU - Research Experiences for Undergraduated

CRUI - Collaborative Research at Undergraduated Institutions

PRF - Post-doctoral Research Fellowships

PRFBI - Post-doctoral Research Fellowships in Biological Informatics

PRFMB Post-doctoral Research Fellowships in Microbial Biology

PRFBRE Post-doctoral Research Fellowships in Biosciences Related to Excellence

UC : University of California

CEPRAP: Center of Engineering Plants Against Pathogens

BIO project: programa de educação da Universidade de Iowa com a BIO - indústrias de biotecnologia

Monsanto: DeKalb Genetics e Calgene Incorporation

Segundo o documento da NSF sobre o PGRP⁵⁰ :

⁵⁰ Fonte: www.nsf.gov/bio/dbi/dbi_pgr.htm.

"The Plant Genome Research Project is part of a national plant genome initiative established by the OSTP. The long-term goal of the program is to understand the structure, organization and function of the genome of plants important for agriculture, environment, energy and health. In 1999, the program continued activities initiated under NSF98 and will support the collaborative research and infrastructure projects. The goals of this program are to support research on structure, organization and function of plant genomes and to accelerate the acquisition and utilization of new knowledge and innovative approaches to elucidate fundamental biological processes in plants. Continued research in plant genes is needed to facilitate the development of improved plants of economic importance, the design of novel plant product, and the elucidation of cellular processes common to all multicellular organisms".

Este programa contém um conjunto de sub-programas de educação de graduação, o REU (*Research Experiences for Undergraduated*), pesquisas colaborativas com instituições de nível superior, o CRU (*Collaborative Research for Undergraduated*), o IGERT (*Integrative Graduated Education and Research Training*) que envolve grupos multidisciplinares de pós-graduação em genética e pelo menos mais uma área de suporte, como informática ou biologia molecular e os PDocRF (*Pos-doctoral Reserch Fellowships*), que subsidia projetos institucionais de dois anos que visem aumentar a capacidade de pesquisa e treinamento em estudos avançados de biologia genética e evolutiva. Todos eles fornecem recursos humanos à rede de pesquisa básica em vegetais. A eles estão vinculados outros programas de bolsas de pós-doutorado em bioinformática (PRFBI - *Postdoctoral Research Fellowships in Biological Informatics*), em biologia de microrganismos (PRFMB - *Posdoctoral Research Fellowships in Microbial Biology*), em interações dos organismos com seu meio (PRFBRE - *Posdocctoral Research Fellowships in Related Biology to the Environment*) e em evolução molecular (PRFME - *Posdoctoral Research Fellowships in Mollecular Biology*). O conjunto de programas cobre toda a gama de pesquisas capazes de produzir inovações de produtos e processos para as indústrias de sementes, insumos e tecnologias de plantio. Se levarmos em conta que estes programas estão vinculados aos de capacitação de pesquisadores, a força-tarefa em ciência e tecnologia não deixa descoberta nenhuma área relativa à produção de inovações em agricultura.

A presença da OTAN - Organização do Tratado do Atlântico Norte - e do Departamento de Energia dos EUA nesta rede revela interesses estratégicos destas pesquisas e sua dimensão em

longo prazo. A maior parte destas pesquisas promove a melhoria das condições de capital humano específico para áreas de caráter quase que essencialmente *science-push*⁵¹.

A genômica é uma área do conhecimento de caráter bastante prospectivo. Os mapas genéticos contêm informações sobre as características que se expressam nos organismos. Uma vez seqüenciadas as bases nitrogenadas das moléculas de DNA, passa a ser possível realizar o que se chama "genoma funcional", ou seja, relacionar a seqüência química às funções de síntese protéica que realizam. Hoje em dia já é possível "saltar" a primeira fase da determinação funcional de muitos genes, com técnicas mais recentes de pesquisa, como o ORESTES⁵². Os investimentos em qualidade e quantidade de pessoal científico em pesquisas de mapeamento e determinação de funcionalidade gênica são imprescindíveis para as pesquisas sobre relações entre hospedeiros e parasitas, entre organismos e ambiente, ou fatores abióticos de nutrição. O suporte às atividades de educação em ciências biológicas de plantas é providenciado também por meio do desenvolvimento de programas acadêmicos onde pesquisadores e professores participam de simpósios, *workshops*, grupos de estudos de educação em genômica, educação integrada no nível de graduação, doutorado e pós-doutorado⁵³. Em termos da estrutura e fluxo dos sistemas de capacitação e aprendizagem técnico-científica, é possível constatar que apresentam articulação com as empresas do setor de agricultura biotecnológica.

3.1. 2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado

As dinâmicas de mercado e da produção de conhecimentos apresentam características bastante evidentes de interdependência. Os projetos públicos representam, em maior volume, a pesquisa de mapeamento e determinação de funções gênicas.

É o caso de todos os programas que aparecem no mapa com números 1 a 15, dos quais apenas um não é público (figura 3.1.1.). O BIO*, da NSF possui um ramo de desenvolvimento de mapas de DNA de plantas, cada um deles portador de subprogramas de capacitação e de pesquisa de suporte. Mantido nas dependências da Universidade da Califórnia em Davis, está articulado ao CEPRAP - *Center for Engineering Plants Against Pathogens* - que realiza pesquisa básica sobre

⁵¹ Visão da produção científica como se esta fosse uma "fonte" de conhecimentos que são despejados na indústria. Política de C&T que se centra no desenvolvimento científico confiando em que automaticamente este irá produzir o desenvolvimento tecnológico.

⁵² ORESTES é um método que "lê" os genes na sua porção central e a partir de duas extremidades da molécula de DNA. As informações sobre a função do gene normalmente estão localizadas nesta porção central. Por isto, é possível conhecer as funções, sem necessariamente mapear toda a seqüência do DNA.

⁵³ Fonte: www.nsf.gov/bio/about.htm.

resistência a patógenos e parasitas, comparação de genes de resistência vegetal aos seus inimigos naturais e educação para inovação tecnológica com recursos públicos e privados. Em Berkeley, a mesma universidade possui um centro de pesquisas públicas para o desenvolvimento de biologia de plantas. A elegibilidade para conseguir recursos federais para os referidos programas passa por sistemas de prêmios (*grants*) para os quais universidades públicas têm preferência, mas podem favorecer e originar também grupos mistos como o CEPRAP. Os recursos financeiros do CEPRAP vêm de Fundos Setoriais das parcerias entre indústria e governo.

O único laboratório privado onde são realizadas pesquisas em biologia molecular de vegetais, como *cDNA*⁵⁴ novos métodos de extração de DNA e RNA, obtenção de plasmídeos para construção de modelos de sistema de expressão genética⁵⁵, biblioteca de DNA, preparação de protocolos de procedimentos técnicos, é o da CalGene Incorporation, cujo capital é 49,9 % da Monsanto. A Calgene também está localizada na cidade de Davis e é parceira do CEPRAP. A partir das pesquisas de mapeamento genômico e determinação de funcionalidade é que a Monsanto pôde chegar às tecnologias do NewLeaf R - batata com gene de proteção contra o besouro-broca, do Bollgard; tecnologia de implantação de um gene contra a lagarta do tabaco e do algodão; do Yield Gard R - variedade de milho com gene contra insetos-broca, e o Round-up Ready R, o gene de tolerância ao herbicida da própria Monsanto que é o mais vendido no mundo para soja, milho, algodão e canola. As variedades de cultivares e os genes nelas introduzidos são designados por uma só palavra: o cultivar de soja transgênica Round up Ready R, por exemplo, recebeu um gene de resistência ao herbicida Round up R. A marca genética patenteada é uma variedade que contém o gene responsável pela característica especial.

A Monsanto, líder mundial em inovação na agricultura, possui um grande laboratório em Saint Louis, no Missouri, que emprega quase mil pesquisadores. Neste laboratório não são realizadas pesquisas de mapeamento e determinação gênicas⁵⁶; apenas desenvolvem-se tecnologias de aplicação de um gene em uma planta, originando inovação de produto. Os genes de interesse comercial de um organismo são "recortados" e introduzidos em novos cultivares, ou seja, há aplicação tecnológica.

⁵⁴ DNA de hélice simples sintetizado a partir de uma cópia de RNA. É utilizado como uma prova de mapa físico em pesquisas de mapeamento.

⁵⁵ Plasmídeos são moléculas extra-cromossômicas de DNA circular bacteriano, não essenciais para a sobrevivência da célula em condições não-seletivas. São utilizados como vetores de clonagem.

⁵⁶ Dados do site www.monsanto.com.

Os conhecimentos sobre mapas genéticos e funções dos genes utilizados na criação destes novos produtos são fruto de pesquisas públicas. Os quase mil pesquisadores do laboratório de Saint Louis, capacitados em engenharia genética, são drenados dos sistemas públicos de pesquisa básica em genética de plantas, representando capacitação científica nos níveis regional e nacional, dirigida para a obtenção de capital humano especializado. A capacitação de pesquisadores em nível de graduação e pesquisa é muito sustentada pelo BIO* da NSF, pelo CEPRAP e pelo BIO *Project* da Universidade de Iowa. A indústria de biotecnologia financia projetos em Estados de grande tradição agrícola - Iowa, New Jersey, Illinois, Arizona, Wisconsin e Oklahoma; são o resultado de políticas federais do Departamento de Agricultura em cinco projetos em universidades públicas e do Departamento de Energia em um projeto de comparação genética.

O livre acesso de qualquer pesquisador aos bancos de dados genéticos *on line* da área de genômica torna públicas todas as informações científicas capazes de originar as tecnologias citadas. Vários outros sistemas *on line* de metodologias de mapeamento de genes são colocadas à disposição da comunidade de pesquisadores da rede pública ou privada: como exemplo podemos citar a rede virtual sobre genoma de milho da Universidade do Missouri, o *The Plant Genome Initiative* na Universidade de New Jersey e o *ZmDB Maize Genome Database* da Universidade de Iowa, todos sobre pesquisas de genética de milho. A DeKalb Genetics de Illinois, subsidiária da Monsanto, comercializa atualmente várias linhagens de sementes de milho para ração animal. Sem as informações dos programas citados não seria possível terem sido desenvolvidas tais variedades, que apresentam produção de nutrientes específicos, o que só pode ser conseguido pelo conhecimento dos mapas genéticos do vegetal em questão. A DeKalb realiza pesquisas *in house* apenas de desenvolvimento de implante gênico, e não de mapeamento e determinação de funcionalidade, o que não cobre toda a gama de atividades que poderiam levar a indústria ao desenvolvimento dos atuais produtos.

Outros consórcios de pesquisa e capacitação podem ser verificados entre os setores público e o privado: o SFGC - *Stress Function Genetics Consortia* é um programa de pesquisa sobre genes de tolerância vegetal e por isto é considerado estratégico em termos da indústria que comercializa novos cultivares. É coordenado pelo Oak Ridge Institute, do Oak Ridge National Laboratory, tradicionalmente ligado às pesquisas estratégicas e dele participam as universidades do Arizona, Purdue e Oklahoma, estados de forte economia agrícola.

Pesquisas complementares mas não subvencionadas pela NSF completam a rede em questão: muitas desenvolvem equipamentos capazes de produzir imagens celulares que são auxiliares de compreensão do metabolismo vegetal (*Center for Light Microscope Imaging and Biotechnology* da Universidade Carnegie Mellon), outras de pesquisa sobre controle de tempo de vida em plantas (*Center for Biological Timing* da Universidade de Virginia) e ainda outras sobre ecologia de micro-organismos relacionados à fertilidade do solo e regime de manutenção de nutrientes vegetais no solo (*Center for Microbial Ecology* - da Universidade do Estado do Michigan).

Os nexos com os interesses privados são mais dificilmente demonstrados neste caso, que é de pesquisa básica, mas podem ser evidenciados pelas interações entre os programas educacionais, sistemas de bio-informática e produção científica. A base de dados, mantida na rede virtual privada TIGR, é gerenciada de modo coordenado pelo setor público e o privado. Dado o volume cada vez maior de informações e a crescente aplicação tecnológica dos resultados de pesquisas, a TIGR possui um programa próprio de educação, pesquisas e disseminação de resultados, conferências e treinamento de alta produtividade em operações de laboratório, *Speaker Series* - que são ciclos de palestras pela rede mundial de computadores em parceria com o NIST - *National Institute for Science and Technology*, com o Departamento de Energia - DoE - e a *National Academy of Sciences*.

O suporte em bio-informática e neuro-sistemas que aumentam a capacidade de armazenamento de informações genéticas de plantas e de seus patógenos - CBBL - *Center for Biological and Computational Learning* - desenvolvido pelo MIT, inclui um sistema de capacitação de pesquisadores em informações sobre genética. Mais do que armazenar dados, estes sistemas devem ser capazes de reconhecer sequências de dados já computadas, servindo de instrumento de comparação das sequências idênticas entre organismos estudados.

Os programas públicos de capacitação científica estabelecem vínculos formais entre as instituições públicas e privadas, materializados em projetos de pesquisa científica e desenvolvimento de biotecnologias. Os atores dos projetos transitam entre o ambiente da empresa e o da universidade. Os *Faculty Early Career Development* são ciclos nacionais de encontros entre pessoal da academia e da indústria onde há discussão da agenda de pesquisa da NSF e das agendas de desenvolvimento de produtos nas empresas. A BIO aproveita os resultados destes encontros na contratação de pesquisadores pela indústria e criação de grupos multidisciplinares de estudos.

Muitos dos programas aqui descritos são o resultado deste tipo de interação. Um consórcio BIO-NSF promove os *Impact on Emerging Technologies on Biological Sciences*, que são ciclos de debate sobre os desdobramentos éticos, sociais e ambientais das atividades de manipulação de genes.

Têm crescido os esforços para produzir indicadores de C&T que possam contemplar as capacidades de cooperação em pesquisa entre o setor público e o privado. A CHI - *Consumer Health Indicators* - empresa privada que presta serviços de análise de mercado de alta tecnologia, desenvolveu e comercializa o TechLine R, metodologia de avaliação de indicadores de citação de patentes. Três grupos de indicadores são utilizados: a) *indicadores tradicionais*, como número de patentes, crescimento da taxa de patentes por área e porcentagem de patentes por empresa ou instituto de pesquisa; b) *indicadores de citação*, como índice de impacto, que medem o número de vezes que as patentes de uma empresa são citadas nos últimos cinco anos, em relação ao total de patentes nos EUA, o índice de potencial da tecnologia - que mede o número de patentes em relação à sua qualidade para o mercado e c) *indicadores de vinculação*, que medem o quanto uma empresa está utilizando ciência básica para a obtenção de novas patentes. A criação de indicadores de citação de patentes em artigos científicos e em outras patentes solicitadas posteriormente permite que se obtenham variáveis sobre o potencial tecnológico do centro de C&T, seja ele do setor público ou privado.

As empresas que apresentam maiores índices de crescimento do número de patentes são as do setor de biotecnologia em agricultura, nos últimos cinco anos. A Monsanto e a Pioneer Hi-Bred-DuPont apresentam um crescimento de 336 e 375 % em suas taxas de patenteamento, o que as torna as mais agressivas empresas em termos de produção de novos produtos no setor de novos produtos agrícolas. Estas duas últimas empresas e a Novartis AG são as que mais utilizam ciência básica: ocupam as 750ª e 800ª posições em termos da malha de P&D industrial e em consórcios públicos entre as mil empresas mundiais. No setor de agricultura são as três primeiras colocadas, sendo seguidas por mais três empresas privadas e logo pelo DoE ⁵⁷.

3.1.3 Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política.

As dinâmicas entre os setores de produção do conhecimento, da indústria e do governo, estão baseadas em competição institucional. Programas de pesquisa de instituições públicas ou privadas

⁵⁷ Dados de www.chiresearch.com/techline/techare3_example.htm

podem receber recursos do governo federal e são colocados à disposição de qualquer um dos setores. A qualificação de pessoal científico é basicamente, em enorme proporção, financiada pelo governo, mas seus resultados são expressos no entorno produtivo. O número de programas de pesquisa colaborativa é um indicador da capacidade institucional em se relacionar. Podem ser atestados pelas formas de *grants* interinstitucionais como os que o CEPRAP realiza e pelo consórcio de integração de pesquisas do *Oak Ridge Institute* e pelas investidas de pesquisa em temas complementares. Os contratos e ciclos de encontros entre pessoal científico da universidade e da empresa demonstram que da interação de esforços entre as três hélices resulta a estrutura em rede da pesquisa em *genomics* de vegetais nos EUA, que parece equacionar os problemas de alto custo da pesquisa, da exigência de integração de recursos humanos especializados e do grande volume de trabalho científico.

A interação das dinâmicas da produção de conhecimentos e de mercado nos níveis nacional e internacional, é alcançada por uma rede estratégica de pesquisa e qualificação apresentada a seguir. Esta rede será utilizada porque nela são visíveis os indicadores de vínculos formais representados por acordos e contratos de transferência de tecnologia entre instituições nacionais e internacionais. Estas formas de transferência de tecnologia podem nos dar idéia da dimensão regional das políticas internacionais do GATT⁵⁸. Como nos mostra o excerto do documento que normatiza as formas de transferência de tecnologia da ABSP - *Agricultural Biotechnology Support Project*, programa estratégico de C&T que visa estabelecer tanto uma estrutura mundial de políticas em agricultura nos países em desenvolvimento, quanto promover pesquisas de melhoramento genético, quase que numa re-edição da Revolução Verde do Banco Mundial iniciada na década de 60:

*"The technology transfer process globally is changing from informal handshakes to formal agreements. The agreements provide legal basis which serves as a guideline on the use and management of technologies. Global treaties such as GATT/WTO, CBD, etc., and integration of biotechnology into agricultural research has made the technology transfer process even more complex. This complexity occurs because most of the biotechnologies are intellectual properties. Access to many technologies or intellectual properties requires that institutions and countries meet certain legal and biosafety requirements"*⁵⁹.

⁵⁸ *General Agreement on Trade and Tariffs*, acordo firmado pelos países membros da Organização Mundial do Comércio em 1995, onde se reformulam, entre outras coisas, as disposições internacionais dos países sobre direitos de patentes e apropriabilidade de tecnologias.

⁵⁹ Retirado do documento enviado pela BIO ao Senado americano em Março de 1998 " *Basic Research Funding : Statement of the Biotechnology Industry Organization* ", onde se justifica a importância das parcerias entre pesquisa pública e privada na área de biotecnologia.

A ABSP alia estratégias públicas e privadas, dando suporte à melhoria de cultivares e de cultura de tecidos vegetais, atividades essencialmente de pesquisa, com sistemas de transferência de tecnologias resultantes da aplicação comercial dos resultados de pesquisas - o Biolink, que trata de questões de propriedade intelectual, biossegurança e promove as relações universidade-empresa. A BIO, que reúne mais de 750 empresas industriais de biotecnologia, instituições acadêmicas e centros estaduais de pesquisa, patrocina a rede AgBiotechNet, prestando serviços *on line* a usuários de biotecnologias. Neste nodo, é preciso abrir espaço para análise das formas de planejamento estratégico e de integração internacional destes esforços, demonstrados pela rede de pesquisa estratégica em agricultura internacional apresentada a seguir.

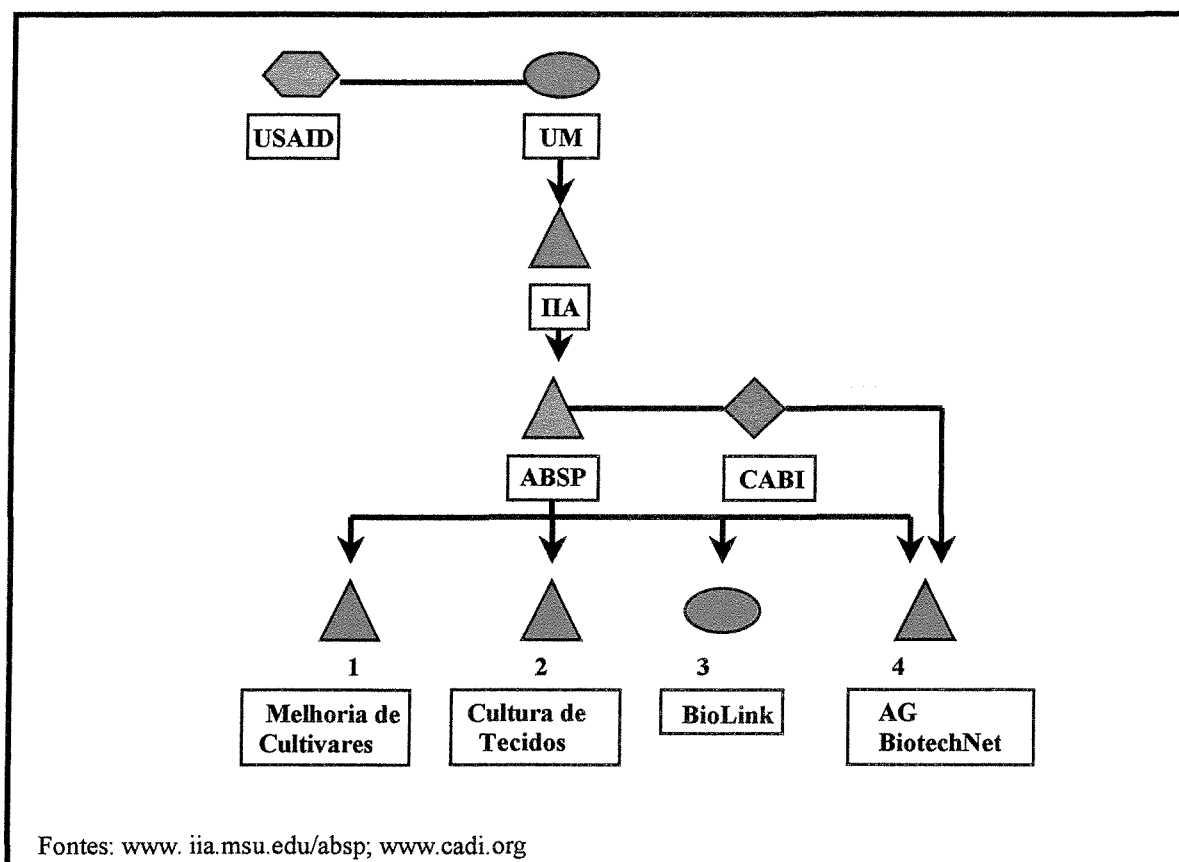


Figura 3.1.2. Pesquisa Estratégica em Agricultura Internacional nos Estados Unidos

Legenda :

USAID: *US Agency for International Development* - Agência dos EUA para o Desenvolvimento Internacional

UM : *University of Michigan*

IIA : *Institute of International Agriculture*

ABSP: *Agricultural Biotechnology Support Project*

1. Melhoria de cultivares: pesquisa básica em laboratório público, disponível para empresas de agronegócios

2. Cultura de Tecidos Vegetais: pesquisa e produção de germoplasma e cultura de tecidos.

3. BioLink: promove relações entre a universidade e as empresas

4. AGBiotechNet: Serviços on line: operada pela *AgBiotech West Incorporation* e patrocinada pela BIO

e CABI

CABI: *Center for Agricultural Biotechnology International*: ONG mundial de planejamento de pesquisas em genética de vegetais

O processo de transferência de tecnologias dentro do Projeto ABSP é parte de uma missão voltada para aprendizagem na utilização de novos produtos biotecnológicos em agricultura . A parceria é formada pelo setor público (Universidades de Michigan, Wyoming, Texas, Cornell e Arizona) e privado (Monsanto, ICI Seeds, Pioneer Hi-breed-DuPont e Asgrow). Há uma clara tendência à formalização dos processos de transferência de tecnologias e propriedade intelectual, demonstrada pela abordagem integrada para desenvolver e transferir produtos de pesquisa que seus formuladores definem como "*capazes de aumentar a capacidade dos países em desenvolvimento e dos EUA utilizarem e gerenciarem as biotecnologias*"⁶⁰. Vários passos legais devem ser seguidos para que determinada biotecnologia seja licenciada: divulgação oficial junto aos órgãos públicos americanos, julgamento por uma comissão de biosegurança da USAID, e licenciamento. Todas as fases da pesquisa devem ser contratadas pelos participantes. A CABI, *Center for Agricultural Biotechnology International*, é mais um demonstrativo das formas de integração presentes na rede. É uma ONG mundial que dissemina informações e estabelece mecanismos de relações entre usuários e produtores de sementes de novos cultivares,

⁶⁰ Trecho do documento citado anteriormente.

germoplasma e insumos específicos do pacote tecnológico da agricultura derivada de biotecnologia (figura 3.1.2.).

3.2. Projeto Genoma Humano

O mapa panorâmico do *Human Genome Project* (HGP) mostra as principais instituições de fomento de C&T, os principais programas nacionais de pesquisas de genes humanos e institutos públicos criados para o desenvolvimento destas atividades.

A divisão em setores foi feita visando-se compreender cada um dos principais fatores de articulação da rede. O setor 1 inclui pesquisas básicas estratégicas em genômica e bioinformática e ambiente de rede, imprescindíveis para o crescimento de capacidade de pesquisas; é uma atividade de produção científica para que se possa realizar mais pesquisa - e não é por outro motivo que nele estão a NASA e o DoE. O setor 2 reúne os componentes de suporte à pesquisa, de armazenagem de informações sobre os mapas genéticos, programas de educação continuada, bancos de genes e de biomoléculas e bibliotecas virtuais; este setor consiste num espaço público de depósito e obtenção de informações, e é um sistema interativo que permite aos pesquisadores comparar o DNA estudado com inúmeros outros já depositados. O setor 3 mostra a rede de pesquisas do principal componente do HGP, o *National Cancer Institute* e seus extensos programas intra-muros e extra-muros, que incluem um enorme número programas de pesquisa; este é o setor que comporta maior volume de pesquisas, tanto em número de projetos pessoais, como institucionais, regionais e nacionais. O controle operacional da rede é apresentado no setor 4 pelo *Human Genome Management Information System* (HGMISS), sediado no *Oak Ridge National Laboratory* que mantém importantes políticas de pesquisa cooperativa com a indústria, além de conjugar os esforços de discussão de questões éticas, legais e sociais advindas do mapeamento e determinação de funções de genes humanos; as questões de fundo, como o "para quem" e o "por que" fazer ciência, também são objeto de discussão neste setor da rede. O setor 5 demonstra como estão articuladas as pesquisas em *genomics* de cromossomos humanos por todo o país, coordenadas por escritórios de política científica e tecnológica e conjugadas aos interesses da indústria de biotecnologia. A extensão deste setor resultou no mapa do setor 6, onde são apresentados os programas de relações universidade-empresa, que também incluem programas mistos de capacitação de pessoal científico e relações usuário-produtor resultantes de parceria entre a agência de fomento e a indústria (figura 3.2.).

A análise segundo as três dimensões da Tripla Hélice é passível de ser feita em todos os setores, porque, apesar de cada um deles dirigir-se para um aspecto particular da estrutura de organização da pesquisa, em todos eles são avaliáveis os esforços que resultam em dinâmicas das três esferas. Alguns componentes que aparecem no mapa panorâmico reaparecem nos mapas setoriais por conta de que são necessários para melhor visualização e análise específica.

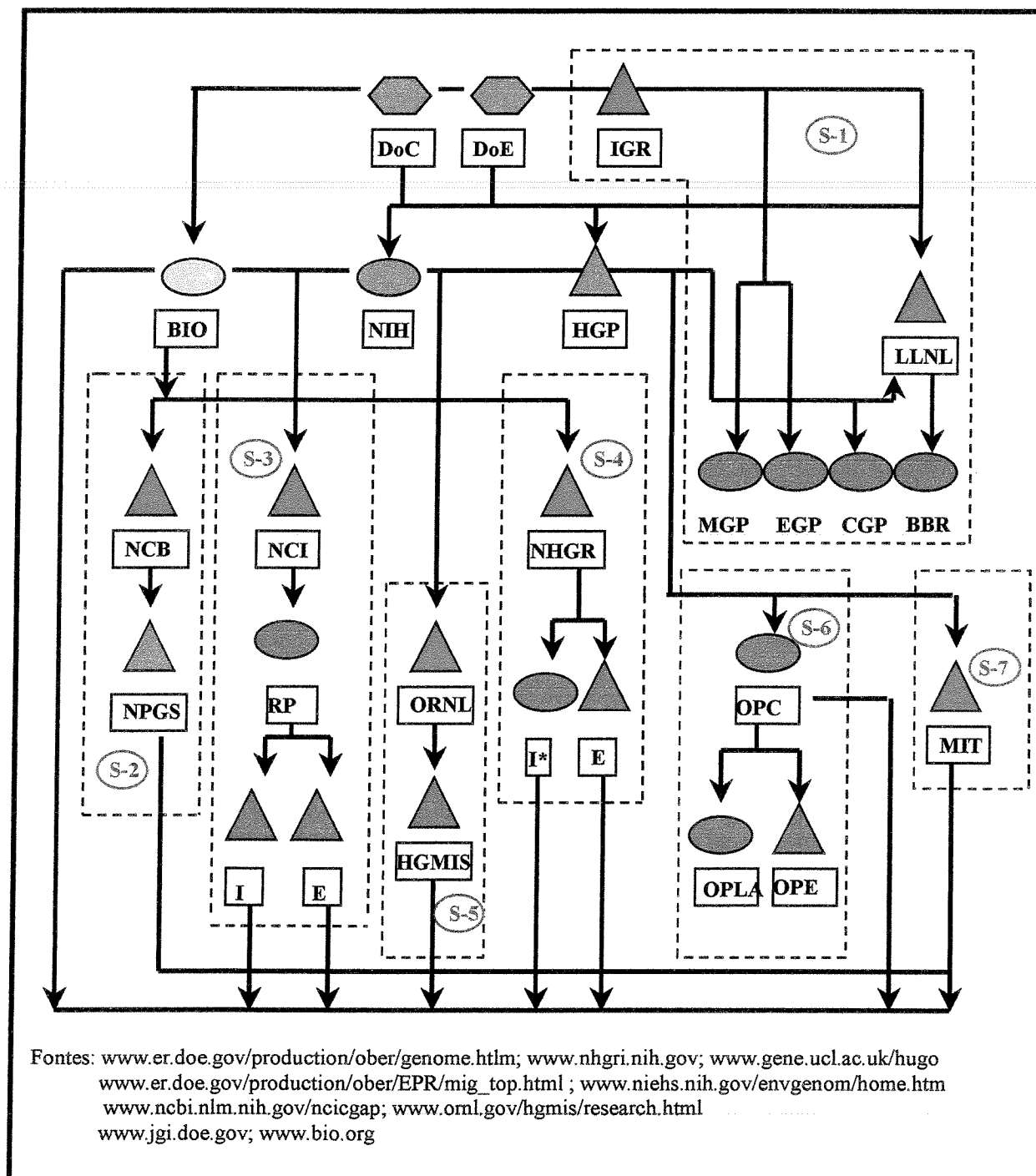


Figura 3.2. Mapa panorâmico do *Human Genome Project*

Legenda do Mapa Panorâmico do *Human Genome Project* e seus spin offs

S-1 a S-6: Setores 1 a 6, que serão posteriormente desdobrados

NHGRI: *National Human Genome Research Institute*

NCBI: *National Center for Biotechnology Information*

NPGS: *National Programs of Genetic Support*

NCI: *National Cancer Institute*

RP: *Research Programs - National Cancer Institute*

I: *Programas Intra-muros do NCI*

E : *Programas Extra-muros do NCI*

ORNL: *Oak Ridge National Laboratory*

LLNL: *Lawrence Livermore National Laboratory*

HGMIS : *Human Genome Management Information System*

OPC: *Office of Policy Coordination*

OPLA: *Office of Policy and Legislative Activities*

OPEA: *Office of Policy and Education Activities*

BBRP: *Biology and Biotech Research Project*

MGP: *Microbial Genome Project*

EGP: *Environment Genome Project*

CGP: *Cancer Genome Project*

BIO: *Biotechnology Industry Organisation*

I* : *Pesquisa Intra-muros do NHGRI*

E* : *Pesquisa extra-muros do NHGRI*

I : *Pesquisas Intramuros do National Cancer Institute*

E : *Pesquisas Extra-muros do National Cancer Institute*

IGR: *Institute for Genomic Research*

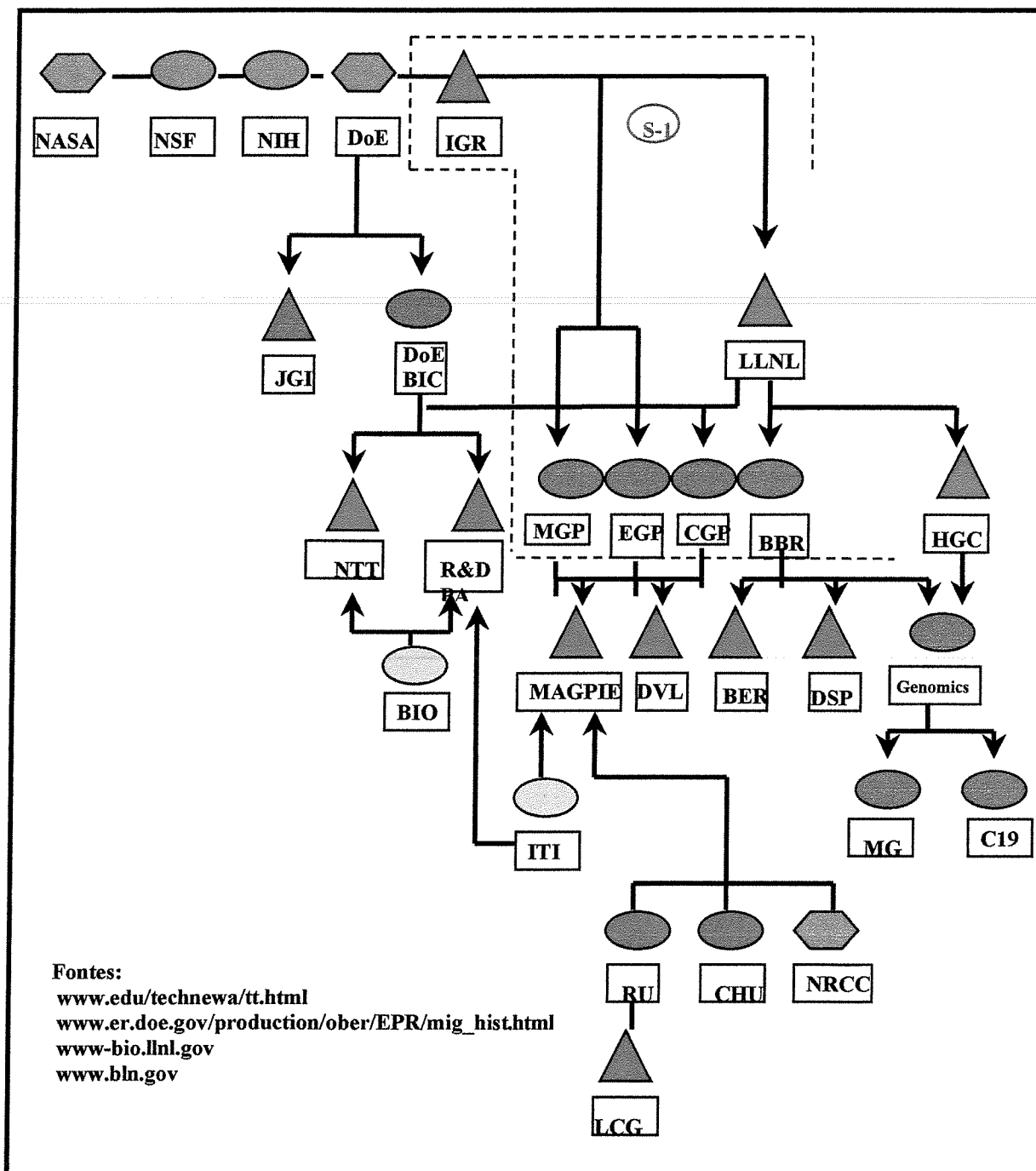


Figura 3.2.1. - Setor 1 do *Human Genome Project* (S-1) - Pesquisa Estratégica em Genômica

Legenda do Setor 1 (S-1) do *Human Genome Project*

NASA: *National AeroSpace Agency*
NIH: *National Institutes of Health*
NSF: *National Science Foundation*
JGI: *Joint Genome Institute*
DoE BIC: *Department of Energy Biotechnological Interlaboratory Council*
NTTC: *National Technology Transfer Center*
R&D PA: *R&D Partnerships Agreement*
IGR: *Institute for Genomic Research*
MGP: *Microbial Genome Project*
EGP: *Environment Genome Project*
CGP: *Cancer Genome Anatomy Project*
BBRP: *Biology and Biotech Research Program*
BER: *BioEngineering Research*
DSP: *Disease Susceptibility Project Genomics:*
 a) MG: *Microbial Genomics*
 b) C19: *Cromossomo 19 humano*
BIO: *Biotechnology Industry Organisation*
MAGPIE: *Automated Genome Project Investigation Environment*
DVL: *Database Virtual Library*
RU: *Rockefeller University*
LCG: *Laboratory of Computational Genomics*
CHU: *Coldspring Harbor University*
NRCC: *National Research Council of Canada*

3.2.1. Setor 1 (S-1) do *Human Genome Project*

3.2.1.1. Dinâmicas da Produção de Conhecimentos

O setor 1 reúne pesquisas estratégicas de maior complexidade e teor de desafio científico. Por isto não apresenta programas nacionais de capacitação básica de pesquisadores e envolve pessoal científico que possui títulos de pós-graduação. Sediado no Lawrence Livermore National Laboratory, o IGR - *Institute for Genomic Research* desenvolve pesquisas multidisciplinares de alta importância nacional em grupos de pesquisadores da mais alta qualificação. São pesquisas da região da fronteira científica na área de *genomics*, que já é uma área *high tech*. Segundo o documento do BBRP - *Biology and Biotechnology Research Program*⁶¹, as atividades do IGR são "de aplicação e manutenção de expertise no suporte de segurança nacional e de programas de laboratório". Executam-se atividades de determinação de estrutura e funcionalidade gênica,

⁶¹ Site: www.bio.llnl.gov

desenvolvimento de bio-marcadores⁶², inovação em bio-instrumentação, biologia computacional e bioinformática. Todas elas envolvem alto grau de integração de conhecimentos das diversas disciplinas. O desenvolvimento de novos sistemas de armazenagem de bio-informações, por exemplo, só pode emergir da fronteira da engenharia de tecnologias de computação de alta velocidade. A resolução de problemas biológicos complexos só pode avançar se novos instrumentos de micro-robótica surgirem da aplicação de conhecimentos da engenharia e física dos materiais. Esta integração faz pensar que os pesquisadores envolvidos nestes programas possuem competências nas suas áreas de origem e múltiplas capacidades em áreas científicas diversas. Segundo o mesmo documento, o desenvolvimento destas pesquisas se faz num ambiente de laboratório que *"possui capacidades nacionais únicas em ciências físicas, da computação e engenharia, alcançadas apenas em decorrência das parcerias entre universidade e indústria"*.

Além deste centro de excelência, quatro programas específicos são desenvolvidos. São eles: a) MGP - *Microbial Genome Project*, que estuda genes e organização de genes de virulência⁶³, desenho de provas de oligonucleotídeos⁶⁴, processos de clonagem e marcadores genéticos, e faz parte também das linhas de pesquisa comparativa do cromossomo 9 humano, onde muitos genes comuns entre o homem e seus parasitas microbianos podem estar localizados; b) EGP - *Environment Genome Project*, sobre genes de microrganismos responsáveis pela manutenção da relação hospedeiro-parasita; c) CGP - *Cancer Genome Project*, que compara genes causadores de câncer presentes em seqüências de DNA de organismos diversos. Estes são também projetos de pesquisa comparativa avançada, que requisitam pessoal científico de altíssima qualificação. Seus resultados produzem mais capacitação, principalmente porque a pesquisa é desenvolvida juntamente com P&D industrial, e executada através de contratos entre o setor empresarial e os institutos públicos. Resultam em eficientes mecanismos de transferência de tecnologias (figura 3.2.1.).

3.2.1.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado

Os três projetos do IGR estão vinculados à rede MAGPIE - *Automated Genome Project Investigation Environment* - e ao DVL - *Database Virtual Library* financiadas pelos NIH e pela indústria. São duas redes de pesquisa de fronteira científica que fomentam a "inovação científica", para a busca de novos instrumentos de pesquisa de ambientes de rede informática, de sistemas eletro-óticos de leitura ultra-sensível de testes de marcadores genéticos.

⁶² Moléculas capazes de "encontrar" trechos idênticos em moléculas de DNA

⁶³ Genes responsáveis pela produção de substâncias tóxicas e pelo estabelecimento do parasita nas células de tecidos hospedeiros.

⁶⁴ São testes que permitem reconhecer certa seqüência de genes pela proteína curta que codificam.

O desenvolvimento de novos produtos e processos em biotecnologia necessita de sistemas virtuais de alta especialização como o MAGPIE e o DVL. O MAGPIE é uma rede virtual de alta velocidade desenvolvida pelo LCG e financiada pelo NIH, o DoE e a Universidade da Califórnia - *Laboratory of Computational Genomics* da Universidade Rockefeller (RU), em colaboração com a *Cold Spring Harbor University* (CHU) e com o NRCC - *National Research Council of Canada*. É um potente instrumento de interação universidade-empresa, porque permite que se coloque *on line*, à disposição de pesquisadores, um ambiente de rede no qual as sequências de DNA depositadas sejam comparadas entre si. Este é um instrumento de alta produtividade científica porque permite a comparação de informações sobre os genomas do organismo e de suas funções gênicas. São atividades essenciais para que se obtenham bio-inovações: uma vez constatados quais são as funções e a localização de um gene, torna-se possível "recortá-lo" e inseri-lo em um outro organismo, produzindo um produto transgênico ou um insumo específico para produção. Este tipo de pesquisa fornece um ambiente de integração com a indústria para toda a rede do *Human Genome Project*. Reaparece no mapa do setor 3, onde empresas industriais de tecnologia em informática estão presentes, como no caso da *Lucent Technologies*, de tecnologias de comunicação, da *Bluejay Browser for Logical Units* em Java e a IBM. O ITI - *Institute for Transferring Technologies*, é o órgão que subsidia a BIO na criação de vínculos inter-institucionais e estabelece os mecanismos de transferência de tecnologias descritos adiante na tabela 3.2.1. A ação do ITI, de cunho privado, combinada com a do NTTC - *National Technology Transfer Center*, permite que sejam instauradas inúmeras combinações entre os mecanismos de transferência de tecnologia e a produção de inovação. A análise segundo as três dimensões da Tripla Hélice é passível de ser feita em todos os setores, porque, apesar de cada um deles dirigir-se para um aspecto particular da estrutura de organização da pesquisa, em todos eles são avaliáveis os esforços que resultam em dinâmicas das três esferas. Alguns componentes que aparecem no mapa panorâmico reaparecem nos mapas setoriais por conta de que são necessários para melhor visualização e análise específica (tabela 3.2.1.).

Tabela 3.2.1. Mecanismos de Transferência de Tecnologias Vigentes nos EUA - Biotecnologias

Mecanismos de Transferência de Tecnologias	Descrição	Características 1 - Inclui: 2 - Cuidados:
Intercâmbio entre Faculdades/Conferências/Publicações	Troca informal e livre de informações entre pesquisadores.	1-Apresentação em conferências técnicas e profissionais/publicações em revistas científicas 2-Transferência prematura de informações que podem originar depósito de patentes.
Consultoria a um Laboratório	Uma parte externa ao laboratório provê conselho e/ou informação.	1-Contrato formal escrito específico 2-Consultor certifica-se de que não existe conflito de propriedade intelectual.
Consultoria pelo Pessoal do Laboratório	Consultoria realizada para um parceiro do setor privado por pessoal de laboratório para melhorar a transferência de tecnologia.	1-Laboratório deve aprovar os nomes dos consultores 2-Deve-se evitar conflitos de interesse 2-Deve-se ter cuidado com questões de propriedade intelectual.
Programa de Trocas	Transferência de pessoal científico tanto do laboratório de uma instituição como parte do laboratório da outra instituição para haver troca de <i>expertise</i> e informação.	1-Geralmente por período maior do que um ano.
Contrato	Um contrato é um instrumento de aquisição acordado entre o governo e o contratante que deseja conseguir insumos ou serviços do governo. Também pode-se firmar entre empresas e universidades.	1-Pode ser utilizado para financiar P&D, que poderá ser eventualmente transferido para o setor privado. 1-A alocação de direitos de patente é determinada pelo tipo de contratante que desempenha o trabalho 1-Organizações sem fins lucrativos ou pequenas empresas podem obter títulos de invenções.
Contrato de Custo Compartilhado	O contrato é estabelecido entre o governo e um contratante, no qual os custos associados ao trabalho são divididos segundo o que ele especifica.	1-Pagamentos em dinheiro e em bens. 1-Deve ser de benefício mútuo para a indústria e o governo. 2-Dados comercialmente avaliáveis são protegidos por um período limitado de tempo.
Prêmio e Acordo Cooperativo	São aceitos pelo governo apenas se os recursos financeiros ou direitos de propriedade forem transferidos ao receptor de forma a produzir fomento ou estímulo à pesquisa.	1-O governo poderá entrar nestes acordos. 1-Pouco envolvimento entre o governo e o receptor, a não ser aquisição de instrumentos.
Acordo de Pesquisa e Desenvolvimento Cooperativo (CRADA)	Acordos entre um ou mais laboratórios federais e um ou mais participantes não-federais que, através de suas instalações, provê pessoal, equipamentos e outros recursos com ou sem reembolso (mas não com fundos para parceiros não-federais). Os parceiros não-federais providenciam fundos, pessoal, serviços, equipamentos ou outras fontes de recursos para conduzir pesquisas específicas ou desenvolver esforços que são consistentes com as missões dos laboratórios.	2-Certificação de que nenhum fundo público deixe o laboratório. 2-Direitos de propriedade intelectual são negociados como parte do acordo. 2-Qualquer informação científica produzida pelo laboratório será protegida por pelo menos cinco anos.
Licenciamento por parte do Governo para o setor privado	Transferência de direitos menores do que a propriedade para uma terceira parte, permitindo que esta última utilize a propriedade intelectual.	1-Pode ser exclusiva ou não-exclusiva, para um campo de uso específico, para uma área geográfica específica, ou para utilização nos EUA ou em território estrangeiro. 1-A maior parte dos <i>royalties</i> devem retornar ao laboratório. 1-Preferência dada à indústria dos EUA e pequenas empresas. 1-Sujeito à consideração de conflito de interesse. 1-Licenças não-exclusivas são preferíveis a licenças exclusivas. 1-Requerentes da licença devem apresentar planos de comercialização da invenção. 1-O governo obtém licença mundial, não exclusiva e livre de <i>royalties</i> .

Licenciamento do setor privado ao governo	Transferência de direitos menores do que a propriedade para uma terceira parte, permitindo que esta última utilize a propriedade intelectual.	1-Governo pode utilizar invenções privadas para efeitos de pagamento de justa compensação. 1-Devem ser acompanhados de regras de procuração e instruções.
Pesquisa para inovação em pequenas empresas (SBIR)	SBIR é um programa com financiamento federal para promover a participação de pequenos negócios em programas governamentais.	1-As informações são confidenciais por um limite de dois anos. 1-O contratante poderá obter título pela invenção.
Uso de equipamentos e instalações do usuário	Facilidades do usuário são científicas e experimentais, únicas, complexas, que incluem a utilização de equipamentos e <i>expertise</i> de um laboratório governamental designado pelo próprio governo para ser utilizado pela comunidade técnica, universitária e industrial ou por outros laboratórios e outras entidades governamentais.	1- As instalações designadas pelo Usuário e outras fontes de uso. 1-A pesquisa pode ser conduzida sobre bases proprietárias ou não-proprietárias. 1-Para casos de P&D proprietária é necessário que todos os custos sejam cobertos pelo usuário 1-Para casos de P&D não-proprietário, os títulos da invenção vão para o usuário, mas as informações devem ser publicitadas. 2-Se o contratante for outro governo ou o contrato for internacional, os usuários deverão se submeter às cláusulas de propriedade intelectual vigentes nos EUA.
Transferência de Tecnologia para pequenas empresas (STIR)	Programa de contrato-prêmio para pequenas empresas para formar acordos cooperativos com organizações qualificadas sem fins lucrativos.	1-Faculdades e universidades sem fins lucrativos, centros de P&D federais e instituições sem fins lucrativos 1-Cinco Agências federais - Defesa, Energia, Saúde e Serviços Humanos, NSF e NASA. 1-Modelados segundo SBIR e baseados em CRADA.
Trabalhos para outrem	Contrato entre a agência federal e parceiro não-federal por contrato de P&D para ser desempenhado por laboratório federal.	1-Uma única instituição com fins lucrativos. 1-O trabalho deve estar ajustado às missões e prioridades do <i>establishment</i> federal. 1- Na maioria das vezes, os custos devem ser cobertos pelo parceiro não-federal.

Elaborado a partir de dados obtidos em: NSF, NSBoard, 1998; BIO /documento: "Industry Trends in Research Support", 1998; site www.doe.gov/ober; BIO/Doe documento: "Basic Research Funding", março de 1998.

Segundo o documento sobre mecanismos de transferência de tecnologias de NTTC⁶⁵, os CRADA são acordos que requerem negociação prévia e prevêm vantagens para o setor público. Pesquisas de interesse comum para a indústria e para a universidade podem ser realizadas nestes laboratórios. Há cláusulas contratuais que impedem que recursos públicos deixem o laboratório e prevêm que os direitos de propriedade intelectual sejam previamente negociados entre as partes. Informações sobre os resultados das pesquisas ficam depositadas por cinco anos como patentes do laboratório federal. O caso da pesquisa que originou os processos de bio-engenharia do hormônio de crescimento (GH) demonstra como, às vezes, novos mecanismos de manutenção de vantagens para o setor público podem ser originados ao longo das pesquisas ou depois delas. O produto foi desenvolvido pela *Genentech Inc.* em conjunto com a Universidade da Califórnia, há seis anos atrás, por meio de um CRADA. Há três meses, a Universidade da Califórnia ganhou na justiça o direito de ter, no seu campus, um laboratório de US\$ 150 milhões, construído pela Genentech,

⁶⁵ Site www.nttc.edu/homepage

como maneira de ser ressarcida dos prejuízos da apropriação da patente deste hormônio⁶⁶, cujo gene foi pesquisado com recursos financeiros públicos⁶⁷. Este caso demonstra como a contratação da pesquisa, com a finalidade de produção de inovação, é comum na rede americana e como é dependente dos mecanismos de transferência de tecnologia gerenciados por órgãos mistos de C&T como o NTTC e o R&D PA do mapa. Outros mecanismos de transferência de tecnologia estão previstos em documentos de NTTC apresentados a seguir e considerados como vínculos intra e interinstitucionais, formais e informais.

O BBRP, programa misto de pesquisa com potencial comercial, tem a participação de empresas, recebe recursos do DoE, do NIH, da Universidade da Califórnia e de outros fundos federais; 80 % do BBRP é financiado por recursos públicos, contra apenas 8% de recursos privados, segundo informações do site www.bio.llnl.gov, do *Lawrence Livermore National Laboratory*, que sedia as pesquisas do *Human Genome Project*⁶⁸.

A Universidade da Califórnia é um centro de pesquisa básica em genômica. Na mesma região, San Diego, a BIO está representada por mais de cem empresas de medicamentos derivados de biotecnologias. A *Aurora Biosciences Corporation*, pertencente à BIO, aplica 22% de seus recursos financeiros brutos na MAGPIE e BER⁶⁹. Possui um laboratório de produção de *kits* de testes biotecnológicos, como os *Genome Screen R*, de medição de atividade proteica e proteínas fluorescentes para DNA recombinante⁷⁰. Estes testes patenteados são fornecidos para a *Eli Lilly and Co.*, *Genentech Inc.*, *Hoffmann-La Roche LTD.*, *Pfizer Inc.*, *Merck and Co.*, *Becton-Dickinson and Co.* e *Pharmacia & UpJohn Inc.*.

3.2.1.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política

O setor 1 do mapa do *Human Genome Organization* (HUGO) apresenta a capacidade relacional da produção de C&T em biotecnologia. Os programas nacionais do NTTC e R&D PA são mecanismos de vinculação formal entre os setores público e privado de pesquisas. A capacidade de formar rede está materializada nos esforços de todo um instituto de gerenciamento de

⁶⁶ Estes mecanismos de defesa do interesse público na destinação de recursos para pesquisa são exemplos interessantes para serem tomados em conta na política relativa à difusão dos resultados do PGX.

⁶⁸ No caso do Genoma Fapesp, na fase de Genoma *Xylella*, o percentual de recursos privados é de aproximadamente 3%.

⁶⁹ site www.bio.org e links

⁷⁰ Combinação de moléculas de DNA de diferentes origens e que é capaz de se reproduzir de maneira autônoma. Utilizada como técnica de pesquisa.

resultados de pesquisa, o JGI - *Joint Genome Institute*, ligado diretamente ao DoE, e do escritório de política de C&T, DoE BIC - *Biotechnology Interlaboratory Council*, do qual participam representantes da BIO e de todos os laboratórios nacionais (*Argonne, Los Álamos, Berkeley, Brookhaven e Pacific Northwest*).

O JGI é produto de uma estratégia arrojada de gerenciamento de esforços complementares dos laboratórios ligados ao DoE que trabalham no HGP. É um instituto virtual que previne a duplicação de esforços de mapeamento de genes humanos. Visa tornar muito eficientes o uso dos laboratórios, mantendo *expertise* em genética e em sistemas virtuais que coloquem os resultados de pesquisa à disposição da comunidade de pesquisadores. Segundo documento do DoE:

*"Espera-se que o JGI produza dados sobre o DNA humano que sejam transformadas em bases de dados públicas de forma rápida, barata, e de modo mais adequado. O beneficiário mais imediato do JGI deve ser o próprio HGP e à comunidade usuária com interesse e necessidade de obtenção de rápido acesso às informações genômicas e suas tecnologias. O JGI também provê a possibilidade de pesquisa coligada entre o sequenciamento genômico e a biologia humana."*⁷¹

Ou seja, é um instituto que torna mais rápidas as estratégias que tornam públicos os dados sobre mapeamento de genes humanos. Os beneficiários do JGI são instituições ou empresas que trabalham com genes humanos, o que coloca a BIO como um deles. Os recursos públicos do JGI são utilizados no desenvolvimento de seu maior projeto, o PSF -*Production Sequencing Facility*- uma "fábrica" de métodos mais velozes de sequenciamento. Instalado em Walnut Creek, na Califórnia, é considerado o estado-da-arte em termos de métodos eficientes de sequenciamento de DNA utilizados em todo o mundo como instrumental de pesquisa. É a instituição-programa público que mais representativa dos esforços de integração e de formação de rede do setor 1, porque coloca informações à disposição de usuários, reduz a duplicação de esforços e aumenta a capacidade de integração de um programa de alto custo financeiro e grande volume de pesquisa.

Para os mesmos fins, o DoE possui um conselho interlaboratórios, o BIC - *Biotechnology Interlaboratory Council* que é, na verdade, um órgão deliberativo de políticas de C&T em biotecnologia, do qual participam a BIO, o próprio DoE e os laboratórios nacionais. Os programas mistos como o NTTC e o R&D PA já descritos são fruto das tomadas de decisão do

⁷¹ Tradução de: "The JGI is intended to result in human DNA sequence data being entered into public databases faster, cheaper, and more accurately than before. Thus, the immediate beneficiary of the JGI will be the Genome Project itself and the broad user community with interest in and need for more rapid access to genome data and technology. The JGI also provides a focus for research that links genome sequence with human biology".

BIC, que avaliam as vantagens das relações entre a produção de pesquisa pública e seu entorno econômico, reforçando assim a disposição de se mostrar como, no setor 1, os esforços de manutenção das relações entre universidade, empresa e governo são efetivados.

3.2.2. Setor 2 do HGP

3.2.2.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos

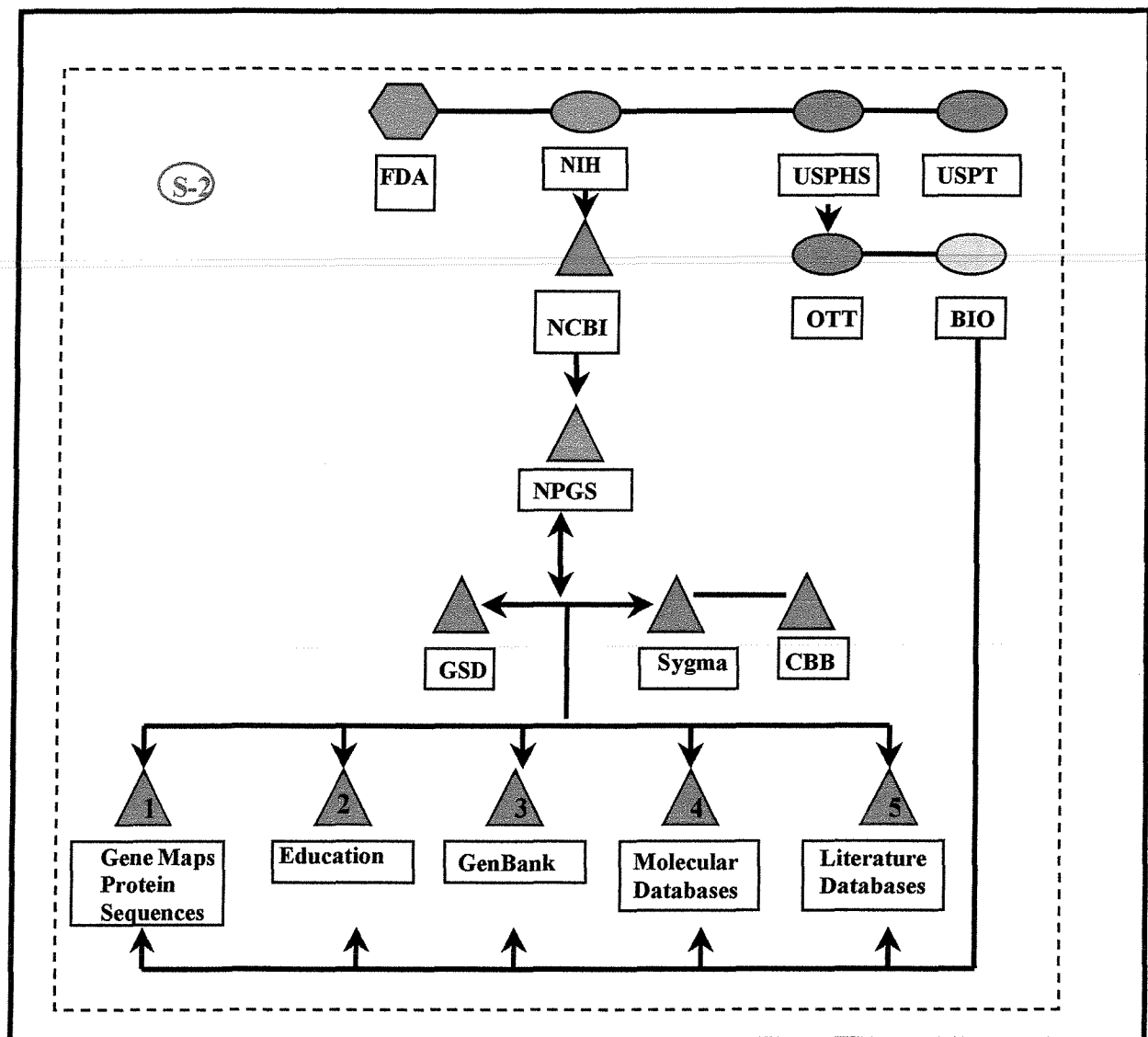
O NCBI - *National Center for Biological Information* - é um instituto público subsidiado pelo *Office of Biological and Environmental Research* do DoE, em convênio com os NIH, para dar suporte técnico e manter a geração de capital humano para pesquisa em *genomics*. Os grandes programas gerenciadores de informação, o Sigma e o GSD, comportam os cinco ramos de suporte de pesquisa em *genomics*. Com eles o NCBI provê informação de várias formas: mantém jornais *on line* como o *PubMed*, no qual se pode acessar mais de dez mil citações na área de ciências biomédicas, o *Coffee Break*, que ilumina as discussões mais recentes sobre descobertas importantes em genética e o *OMIM* - catálogo público de genes e doenças hereditárias humanas, o *Entrez* - sistema de busca de regiões de DNA codificadas e arquivadas, ou o *Unigene* - programa de comparação de sequências de DNA. Os dados comparativos das sequências de genomas de organismos podem ser acessados pelo BLAST⁷² - *Basic Local Alignment Search Tool*, que é um poderoso instrumento de capacitação. Além de sequenciar DNA, o pesquisador em genômica deve ser capaz de evitar duplicação de esforços, comparando sequências de DNA e atividades proteicas que resultem no fenótipo⁷³ de organismos (figura 3.2.2.).

A utilização coletiva do instrumental científico torna possível manter o enorme contingente de pesquisadores em suas atividades de aprendizado e pesquisa. Em genômica não é funcional parcelizar, num laboratório, apenas um tipo de atividade de pesquisa, como, por exemplo, sequenciar genes, sem que se possa ser capaz de determinar sua função. O equacionamento destas questões passa pela criação de uma estrutura colaborativa de pesquisas e um complexo de aprendizagem de dimensão internacional. A utilização de programas Blast, por exemplo, permite que se prossiga com buscas de identidade entre proteínas de organismos relacionados ecologicamente, como no caso de hospedeiro-parasita ou de identidade proteica de tumores diferentes. *Blast Statistics*, *Basic Blast Search*, *Advanced Blast Search* e *How to Blast* foram desenvolvidos pelos NIH e estão à disposição

⁷² Os *Blast* são hoje os mais utilizados métodos de comparação de sequências genéticas entre organismos.

⁷³ Característica que se expressa no organismo.

de pesquisadores do mundo todo. Sua estrutura permite um fluxo de aprendizagem científica constante, uma vez que é o instrumento mais utilizado.



Fontes para elaboração: ncbi.nlm.nih.gov ; www.bio.com e *links*

Figura 3.2.2. Setor 2 (S-2) do HGP- Programas de Suporte à Pesquisa Básica em Genômica

Legenda do Setor 2

NCBI: *National Center for Biological Information*
GSD: *Genome Sequence database*
Syigma: *System for Integrated Genome Map Assembly*
USPHS: *Serviço Público de Saúde dos EUA*
OTT: *Office of Technology Transfer*
FDA: *Food and Drug Administration*
NPGS: *National Programs for Genomics Support::*

1. **Gene Maps/Protein Sequences :** Desenvolvimento de novas técnicas de mapeamento cromossômico e determinação de funcionalidade gênica
2. **Education :** Programa de qualificação de pesquisadores nas universidades públicas americanas
3. **GenBank :** Banco genético internacional produzido por cooperação
4. **Molecular Databases:** Banco de dados sobre estrutura e função de biomoléculas
5. **Literature Database:** Biblioteca virtual em *Genomics*

pela comunidade de pesquisa, o que acaba por garantir a formação de instituições sem fronteiras geográficas, localizadas em diferentes tipos de laboratórios, com diferentes finalidades e níveis de aproximação com as atividades inovativas. Juntamente com os *Blast*, o pesquisador que chega à sequência de componentes de determinada proteína tem acesso a um programa acessório de visualização da estrutura 3-D de macromoléculas e taxonomia química que pode ser instalado por qualquer usuário cadastrado na rede de pesquisas⁷⁴. Este é o passo mais importante para a obtenção de moléculas comercializáveis, como é o caso de hormônios utilizados na pecuária e farmacêutica. A função proteica depende de sua estrutura, por isto, conhecer esta última é essencial para o *design* de moléculas comercializáveis. O *Blast* também provê um atendimento individual por tele-conferência ou pessoalmente, o *Tutorials*, em que professores mais experientes atendem equipes laboratoriais na resolução de problemas pontuais.

O CBB - *Computational Biology Branch* - é o programa composto por pesquisadores com pós-doc focalizando-se em abordagens teóricas, analíticas e aplicadas de uma extensa gama de problemas em biologia molecular: modelos estatísticos de evolução, métodos estatísticos em virologia, comportamento dinâmico das reações químicas, genômica comparativa, predição de estrutura química de proteínas e suas árvores taxonômicas, genética de populações e algoritmos inovativos que possam predizer potenciais de herança de um caráter. Novamente, assim como no setor 1, aparece um programa de prospecção científica cujos representantes constituem a liderança na

⁷⁴ Fonte: [www.ncbi.nlm.nih.gov , Desktop\molecular structure.htm](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Desktop/molecular%20structure.htm).

organização de consórcios de pesquisa extra-muros para utilizar em larga escala os recursos públicos de biologia experimental como os *Blast* já descritos (figura 3.2.2.).

O sistema de suporte às atividades em genômica apresentado no mapa é representado, por um lado, por instrumentos tradicionais de pesquisa, mas, quando utilizados em rede, potencializam a capacitação e produtividade científicas.

3.2.2.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado

Por se tratar de um setor em que são focalizados os programas de suporte de pesquisa básica, sua articulação com os setores de mercado é mais dificilmente reconhecível. Talvez bastasse lembrar que os programas nacionais de informação biotecnológica - NPGS - estão articulados com os setores 3, 4 e 5 porque lhes fornecem ambiente científico propício à produção de inovações. Ainda assim, é possível demonstrar que as iniciativas de capacitação, aprendizagem e pesquisa colaborativa se traduzem, por si mesmas, em mecanismos de aproximação entre universidade e empresa, regendo o movimento entre dinâmicas de produção de conhecimentos e de mercado.

Um extenso e complexo sistema de licenciamento de invenções, patentes, acordos de utilização de material biológico e acordos de pesquisa básica cooperativa é indicador de que investimentos em redes de suporte de pesquisa e seus programas conjugados de capacitação de pesquisadores estão inseridos nas dinâmicas de mercado⁷⁵.

O *GenBank*, o banco genético internacional, que é um dos programas de suporte do NPGS, será aqui utilizado na demonstração de que a estrutura da organização de pesquisas, aliada à legislação sobre propriedade intelectual torna interessantes os investimentos em pesquisa básica, ou, mais que isto, provoca um fluxo de investimentos diretos e indiretos em qualificação de pessoal e pesquisa. Os *loci* do *GenBank* são o NCBI, o *Databank of Japan* e o *European Molecular Biology Laboratory*, que juntos formam o *International Nucleotide Sequence Database*, e sua coleção reúne todas as sequências de DNA publicamente avaliáveis. Formalmente representados pelos governos dos países participantes, permitem troca de materiais e resultados de pesquisa pública e privada. O número de nucleotídeos⁷⁶ depositados tem dobrado a cada 14 meses aproximadamente e mais de 3 bilhões de bases de mais de 47 mil espécies diferentes compõem o GenBank. Para

⁷⁵ Fonte: site: www.niehs.nih.gov/techxfer

⁷⁶ Uma sub-unidade de DNA ou RNA composta por uma base nitrogenada, uma molécula de fosfato e uma molécula de açúcar. Milhares de nucleotídeos são ligados uns aos outros, formando a molécula de DNA ou RNA.

que se tenha idéia sobre a dimensão real dentro do esforço internacional de pesquisa em genômica do PGX, através deste último foram depositadas 2,7 milhões de bases nitrogenadas no sistema de bioinformática que computou os dados de sequenciamento da bactéria.

A estrutura colaborativa é essencial para o caso das pesquisas em genômica e acaba por tornar os resultados de pesquisa facilmente apropriáveis. Mas, se por um lado, é interessante manter as informações em espaços públicos, por outro lado as empresas não se dispõem a investir em tecnologias nas quais não podem proteger seus investimentos. Esta questão é conhecida como o problema da apropriabilidade dos conhecimentos contidos nas novas tecnologias, devido a seu caráter crescentemente formal, quase público, portanto. A única maneira de melhorar a eficiência dos mecanismos de transferência de tecnologia dos laboratórios federais para o ambiente de mercado é promover, dentro destas iniciativas, legislação que proteja os investimentos públicos e privados.

Uma breve avaliação da legislação de transferência de tecnologia dos anos 80 até hoje permite que se entenda a evolução e modificação da lógica de apropriabilidade dos resultados de pesquisa. O *The Stevenson-Wydler Technology Innovation Act* (1980) do Congresso norte-americano, legisla e determina que 0,5% dos recursos de cada instituição de pesquisa devem ser dedicados aos mecanismos de transferência de tecnologia. O *The Bayh-Dole Act* (1980) defende a "*necessidade das organizações sem fins lucrativo, como as universidades e das pequenas empresas, serem os detentores primários dos títulos das invenções desenvolvidas com suporte financeiro federal*", numa demonstração de preocupação com os espaços públicos da geração de conhecimentos. Em 1984 aparece a preocupação com a pesquisa cooperativa. No auge das pesquisas sobre semicondutores, o *Cooperative Research Act* estabelece a legislação para os consórcios mistos de pesquisa pública e P&D privada. A questão da propriedade intelectual é premente, e iniciam-se as dinâmicas de internacionalização de leis de patentes e propriedade intelectual. Em 1987 o *Executive Order 12591, Facilitating Access to Science and Technology* prevê "pesquisa cooperativa e acordos de desenvolvimento entre laboratórios federais, universidades e o setor privado".

Os mecanismos legais atuais de transferência de tecnologias estão previstos e são explicitadas as questões sobre patentes e invenções, pagamento de *royalties*, acordos de transferência de materiais genéticos e acordos cooperativos. Setores públicos de pesquisa, representados por seus

pesquisadores, devem depositar suas invenções - que são o resultado de pesquisa básica - no *Employee Invention Report Form PHS 6364*. Sequências de genes só são aceitas para publicação em *papers* de revistas científicas se antes estiverem depositados no GenBank, que se compromete a só torná-las públicas após a publicação do estudo. Esta disposição permite patentear processos e equipamentos desenvolvidos dentro dos NIH, tais como vacinas, vírus, inibidores químicos, peptídeos⁷⁷, hibridomas⁷⁸, imunotoxinas, animais transgênicos, *kits* diagnósticos, reagentes terapêuticos e informações genéticas deles originadas ou que originem novas formas destes componentes. Ao depositar informações no GenBank, o proponente aceita as condições legais vigentes. Caso sejam utilizadas para aplicação tecnológica, as regras de apropriabilidade garantem direitos para todas as partes envolvidas.

Assim, as dinâmicas de produção de conhecimentos e de mercado encontram-se intimamente vinculadas. Para constatar a capacidade desta estrutura gerar inovações, podemos analisar a evolução dos processos de transferência de tecnologias pelo OTT - *Office of Technology Transfer* - da NIH, de 1993 a 1999 (tabela 3.2.2.).

Tabela 3.2.2. Atividades de Transferência de Tecnologias Gerenciadas pelo OTT - 1993-99

Tipo de Atividade	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Divulgação de Invenção	232	259	271	196	268	287	294
Pedidos de Patentes	264	246	247	263	300	303	332
Licenças concedidas	75	125	160	184	208	215	204
Royalties (em milhares de US\$)	\$13,49	\$18,48	\$19,38	\$26,99	\$35,69	\$39,56	\$44,59
Acordos Cooperativos(CRADA)	41	31	32	87	153	149	126
Materiais (MTA)	não avaliável	não avaliável	não avaliável	43	121	106	78

Chama a atenção o aumento de mais de 300% do número de acordos cooperativos, de quase 300% do número de licenças concedidas, seguidas pelo volume de *royalties* recebidos por estas licenças. O número de patentes requeridas cresceu 26,5% em seis anos, o que sem dúvida reflete o interesse da indústria no setor de pesquisas promovidas pelos NIH.

Um reflexo deste tipo de acordo se dá também no interesse de instituições privadas em investir indiretamente em capacitação de pessoal científico do setor público. A Du Pont firmou acordo

⁷⁷ Pequenas proteínas de, no máximo 50 amino-ácidos

⁷⁸ Moléculas de DNA e RNA formando uma única estrutura. São chave para a compreensão de processos de tradução de genes

de utilização de material genético em fins de 1999, licenciando a utilização de um oncogene recombinante ativado⁷⁹ para os NIH, o que evita duplicação de esforços, reduz o custo de pesquisa e promove a capacitação de pesquisadores. Para a indústria, este não deixa de ser um investimento indireto em capacitação, à medida que absorve mão de obra especializada em seus laboratórios e também contrata pesquisa das próprias universidades para as quais cede direitos de utilização de material de pesquisa. A contratação de pesquisadores pelas empresas segue critérios múltiplos: é realizada através do currículo do pesquisador e da tradicional meritocracia acadêmica, com base no número de acordos cooperativos dos quais participou e também pelo conjunto de licenças e patentes requeridas. A capacidade competitiva em ambiente de mercado é vivenciada pelo pesquisador quando realiza pesquisa pública sobre a qual incide legislação de propriedade intelectual, como está demonstrado no caso do GenBank. Quando realiza pesquisa pública, contratada pela empresa ou em acordos cooperativos, também se comporta como um "bioempreendedor", porque o sistema de normas, aceitação da produção científica e legalização das aplicações tecnológicas é o mesmo, em ambos os casos. Advém daí que é difícil, cada vez mais, determinar as fronteiras entre o público e o privado e entre ciência e tecnologia.

3.2.2.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política

A criação de organismos públicos de informatização científica e tecnologia computacional como o NCBI, e de transferência de tecnologia como o OTT e a *US Patent and Trademark Office* demonstra que há, nesta rede, a aplicação de esforços de integração de atividades científicas e inovativas. O modo como os esforços são encaminhados é o fator crucial do estabelecimento de vínculos entre a ciência pública e as tecnologias. Os vínculos formais e informais - patentes, CRADAs, licenças, etc - estabelecidos na rede, tornam endógenos os processos de geração de inovações, alinhando interesses da comunidade científica e das empresas.

O papel do governo, como responsabilidade do Estado, consiste em alinhar forças para atender à demanda de redução de custo da pesquisa, promovendo ambientes inovativos criadores de novos produtos, para benefício da população. São favorecidos os processos de retro-alimentação de vantagens que a rede de programas de pesquisa básica oferece e recebe de parceiros empresariais:

⁷⁹ U.S. *Office of Patents* / números 4,736,866, 5,087,571 e 5,925,803. O oncogene em questão foi sequenciado em laboratórios de pesquisa privada pela DuPont e sua patente foi depositada na *Harvard Patent Rights*, como material de pesquisa e com condições explícitas de que tanto o gene, quanto quaisquer inovações derivadas de pesquisas sobre ele, não seriam licenciadas para comercialização.

comporta um sistema de atração de parceiros do setor privado, mas com vantagens públicas inconfundíveis. Para exemplificar como isto acontece, tomaremos o caso da política de patentes, que serve como indicador da capacidade relacional do sistema de pesquisa.

Segundo o documento do PHS - *Public Health Service*, órgão dos NIH:

"Os benefícios à saúde inerentes à condução e suporte à pesquisa biomédica dependem, em larga escala, da capacidade e disposição dos parceiros de transferência de tecnologia do setor privado para comercializarem as novas tecnologias. Para os produtos diagnósticos e terapêuticos com potenciais preventivos, , esta boa vontade quase invariavelmente depende da existência de proteção através de patentes para as tecnologias em questão, nos EUA e em outros países" ⁸⁰.

Ou seja, a pesquisa deve ser traduzida em inovação, e para isto é necessária a aproximação entre dinâmicas de produção de conhecimentos e de mercado. Os instrumentos de suporte à pesquisa estão à disposição de ambos os setores - público ou privado - mas a utilização de parte deles retorna ao setor público como pagamento de licenças e patentes.

O papel do setor privado também está explicitamente colocado no mesmo documento, na seção que trata e define condições para a política de transferência de tecnologias:

"O PHS buscará proteção por patentes de tecnologias biomédicas apenas nos casos onde a patente facilite a obtenção de tecnologias para a prevenção, diagnóstico, terapêutica ou uso para pesquisa. Uma patente é necessária para facilitar e atrair investimentos por parte de parceiros comerciais para o prosseguimento da pesquisa e o desenvolvimento comercial da tecnologia apenas quando a utilidade do objeto de patenteamento for um produto com potencial preventivo, diagnóstico ou terapêutico. Entretanto, uma patente pode ser necessária para encorajar o parceiro comercial a tornar disponíveis para a pesquisa importantes matérias primas ou produtos." ⁸¹

O interesse público não é descartado, para que o setor privado se aproprie de determinado produto tecnológico. Na verdade, a patente - e pode-se dizer que o mesmo vale para as outras formas de

⁸⁰ Tradução de: "Realization of the considerable anticipated health benefits inherent in PHS conducted and supported biomedical research will depend in large part on the ability and willingness of private sector technology transfer partners to commercialize new technologies. For potential preventive, diagnostic, and therapeutic products, that willingness almost invariably hinges on the existence of patent protection in the United States and foreign countries for the technology in question.

⁸¹ Tradução de: "A patent is necessary to facilitate and attract investment by commercial partners for further research and commercial development of the technology, such as where the utility of the patentable subject matter is as a potential preventive, diagnostic, or therapeutic product. However, a patent also might be necessary to encourage a commercial partner to make available for research use important materials or products".

transferência de tecnologias - é vista como um instrumento de política pública, mais especificamente como instrumento de atração de recursos financeiros privados indiretos.

Instrumentos públicos de pesquisa sobre os quais incide a legislação de propriedade intelectual são colocados à disposição como licenças a usuários privados. Pesquisadores da rede pública ora se comportam como produtores de tecnologia, ora como usuários. Os artefatos científicos colocados na rede podem ser licenciados pelo governo, fazendo retornar recursos financeiros para pesquisa pública e aumentando o interesse em investir em tecnologia. O setor privado tem interesse em ceder material para pesquisa, porque com isto reduz custos de treinamento e re-capacitação contínua de pessoal, que acontece em laboratórios públicos. Este processo de colaboração para a pesquisa resulta em forças de aproximação interinstitucional e favorece os setores de P&D da indústria. Os ganhos para o próprio ambiente de produção de conhecimentos constituem mais uma importante dimensão alcançada pela estrutura em rede. Como diz o documento dos NHI sobre infra-estrutura de pesquisa:

"A área de infra-estrutura de pesquisas expande a capacidade da Nação em conduzir a pesquisa biomédica e comportamental nas poucas instituições que formam doutores em ciências biomédicas ou da saúde, melhorando a pesquisa biomédica e comportamental através de um amplo programa de cooperação da NIH para a construção e renovação de instalações de pesquisa, e aumentando a competitividade de instituições localizadas em estados que recebem apoio financeiro limitado" ⁸².

3.2.3.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos

O NCI- *National Cancer Institute* - é o instituto público de pesquisas que mais recebe recursos públicos nos EUA, que, em 1997 e 1998, respectivamente, foram da ordem de US\$ 2,5 e US\$ 2,7 bilhões. Para 2000, o orçamento requerido do governo federal é de quase US\$ 3,0 bilhões. Incluindo-se o aporte de recursos de investimentos privados, conseguidos com contratos de prestação de serviços de pesquisa, inovação com pequenas empresas e acordos cooperativos de pesquisa clínica, a captação total de recursos deve chegar a US\$ 3,9 bilhões. As atividades de

⁸² Tradução de: *"Research Infrastructure area expands the Nation's capacity for the conduct of biomedical and behavioral research by developing the research infrastructure at minority institutions that award doctorates in the health sciences or sciences related to health; improving biomedical and behavioral research through an NIH-wide program of matching grants for construction and renovation of research facilities; increasing competitiveness of institutions from states with limited support"*

educação, pesquisa básica e testes clínicos das redes intra e extramuros do NCI formam uma teia de relações entre atividades de produção de conhecimentos num ambiente de mercado.

Os programas intramuros são desenvolvidos pelo *Cancer Center* do NCI, um instituto mantido por recursos públicos, mas que, como veremos a seguir, vem, desde 1997, aumentando o número de contratos com a indústria farmacêutica e de biotecnologia. Programas de educação e treinamento (TE) visam a melhoria de capital humano para os programas de câncer e genética (CG), controle de câncer (Cco) e prevenção de câncer (CP). Atendem à demanda por testes pré-clínicos e clínicos de novas drogas desenvolvidas através de pesquisas das redes intra e extramuros pública, de contratos de prestação de serviços ou acordos cooperativos com a indústria. Nos últimos dois anos houve aumento do aporte de recursos financeiros para estes programas advindos do aumento de pesquisa contratada e em cooperação com a indústria, como está demonstrado na análise das dinâmicas de mercado do setor 3 (figura 3.2.3.).

Em 1997, com a intenção de manter um quadro de pesquisadores e de médicos especializados em diagnóstico, prevenção, taxonomia e tratamento de câncer nos níveis molecular e genético, o NCI iniciou o programa de educação, treinamento, e desenvolvimento de carreiras localizado no *Cancer Center*, atendendo às expectativas da pesquisa sobre câncer de todo o país. Os objetivos deste programa são: 1) manter uma massa crítica de cientistas independentes estudando câncer em todos os seus níveis; 2) estabelecer as fundações para colaboração entre pesquisadores dos setores de pesquisa básica, clínica e de populações, encorajando a adesão do maior número possível de pesquisadores; 3) atrair especialistas em saúde pública e de médicos para programas interdisciplinares de bioestatística, epidemiologia e comportamento, prevenção e controle; 4) utilizar prêmios públicos e currículos de educação em saúde, para melhorar a disseminação de programas de educação e informação⁸³.

As estratégias vêm sendo implantadas com o objetivo de: a) prover de oportunidades de desenvolvimento de carreira de médicos em pesquisa básica e clínica - em três níveis acadêmicos, de modo que estudantes, clínicos e preceptores sejam envolvidos; b) aumentar o número de cientistas nas áreas de prevenção e controle e de genética de populações; c) promover a participação de estudantes advindos de minorias sociais na pesquisa básica e clínica, do ensino de graduação ao pós-doutorado. Além dos programas vinculados ao encaminhamento destes

⁸³ Fonte: site wwwosp.nci.nih.gov/newosp/spa/bypass2000/05.htm.

objetivos, alguns prêmios em pesquisa clínica, epidemiológica, molecular e genética são oferecidos para os programas intramuros do NCI.

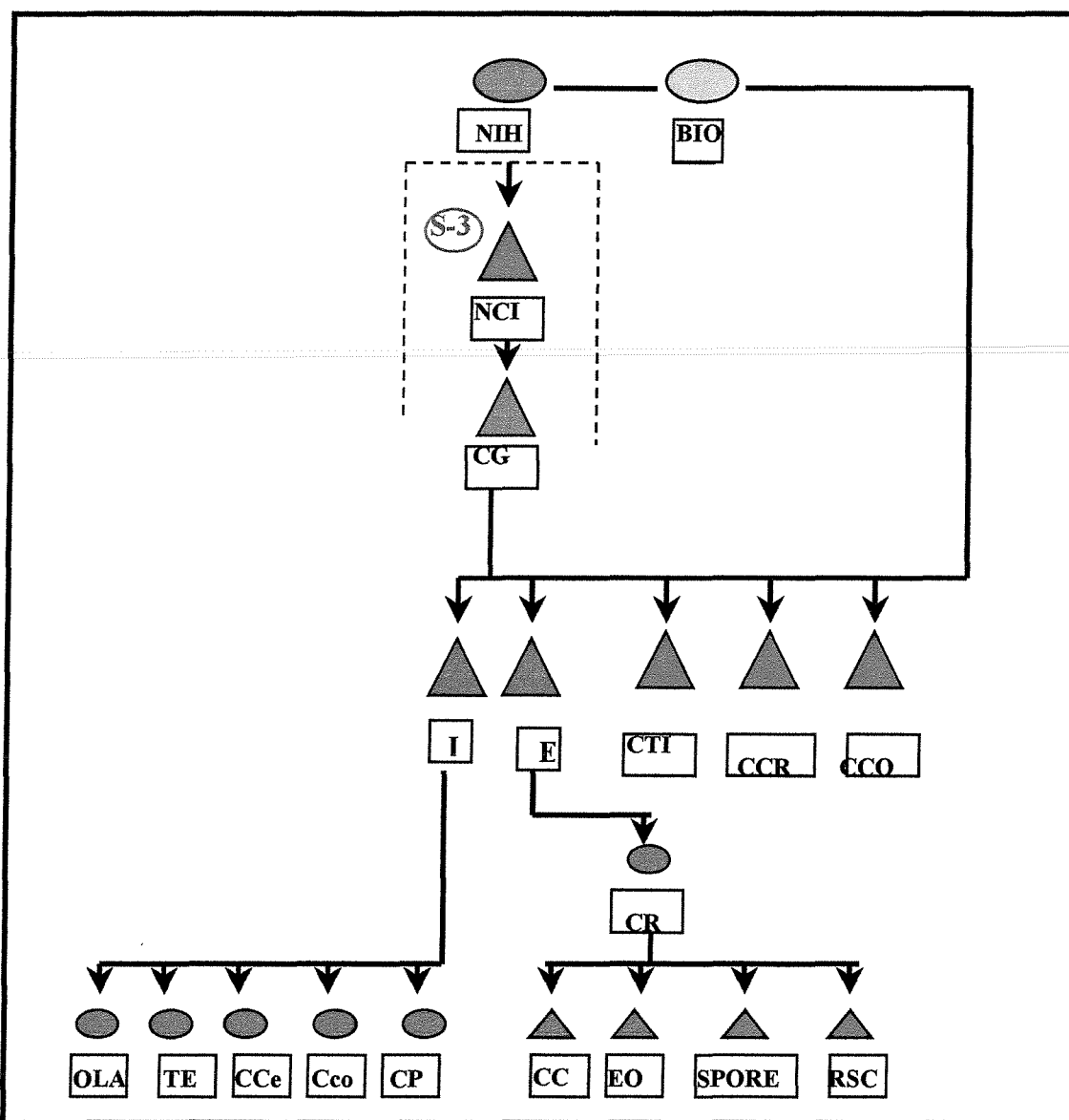


Figura 3.2.3. Setor 3 National Cancer Institute dos NIH Redes Intramuros (I) e Extramuros (E)

Legenda Setor 3 do HGP

Intra-Muros:

CG: *Cancer Genetics*
 CP: *Cancer Prevention*
 Cco: *Cancer Control*
 Cce: *Cancer Center*
 OLA: *Office of Liaison Activities*
 TE: *Training and Education*

Extra-Muros:

CC : *Cancer Centers (58)*
 EO: *Extraordinary Opportunities*
 RSC: *Research Support Contracts*
 SPORE: *Specialized Programs of Research Excellence*
 CCR: *Clinical Cooperative Research*
 CCO: *Community Clinical Oncology*
 CR: *Cancer Research*

Os CTI - *Clinical Trials Infrastructure* - reúnem pesquisa médica em oncologia clínica, populacional e genômica, e testes clínicos de novos fármacos desenvolvidos nos programas intra e extramuros. Além dos centros ligados ao NCI, 12 grupos cooperativos nos EUA, Austrália, Canadá e Comunidade Européia participam da rede de 330 hospitais, 2300 médicos, 4 mil pacientes em tratamento e 4 mil em testes de prevenção. Centralizam todas as iniciativas de pesquisa e comercialização de novas drogas contra o câncer, graças aos resultados de pesquisa básica sobre genes humanos do setor 4 (encabeçado pelo *National Human Genome Research Institute* e pelo sistema de gerenciamento de informações, o *Human Genome Management Information System*) e das atividades dos 58 CC - *Cancer Centers* dos programas extramuros em universidades públicas, hospitais-escola públicos e privados, institutos privados de pesquisa em saúde e indústria farmacêutica e biotecnológica⁸⁴.

O SPORE - *Specialized Programs of Research Excellence* é uma rede mista, financiada em parte pela indústria, na qual se levam adiante novas idéias sobre pesquisa de câncer, como genes supressores de tumores. Os EO - *Extraordinary Opportunities* - realizam, com o NCBI e a *Johns Hopkins University*, o mais ambicioso programa de prospecção científica contra câncer, o Projeto de Anatomia do Câncer, onde são estudados genes e novas tecnologias de imagem e de definição para células cancerosas (figura 3.2.3.).

3.2.3.2. Dinâmicas de Mercado e Nexos Tecnológicos

A pesquisa colaborativa entre genômica e clínica tem produzido notável número de novos fármacos, a maioria em fase de comercialização por empresas da BIO. O Taxol R , para câncer de ovário e mama, foi desenvolvido por programa de colaboração para pesquisa genética e clínica do tipo SBIR⁸⁵, com a *Cav-Con Inc.* e *Filmix R*, uma micro-bolha lipídica que leva o fármaco somente até as células cancerosas. O Herceptin R , anticorpo monoclonal HER2, ataca especificamente as células cancerosas e foi desenvolvido pela *Genentech Corp.* para tratamento de câncer ginecológico em consórcio com o *Cancer Center* da Universidade da Califórnia em Davis; está em fase de reconhecimento pela FDA. A *Medarex Corp.* e a *Chiron Corp.* realizam atualmente estudos sobre seus efeitos em outras formas de câncer. O Nolvadex R , também contra câncer de mama, foi testado pelos CTI e hoje é manufaturado pela *Zeneca Corp.* O *Jackson Laboratory*, entidade sem fins lucrativos, é outro CC que realiza pesquisa contratada para

⁸⁴ Fonte: site www.osp.nci.nih.gov/newosp/spa/bypass.

⁸⁵ Ver "mecanismos de transferência de tecnologia" no setor 1 deste capítulo.

inovação farmacêutica em convênio com as maiores indústrias do setor: *Astra, Novartis, Hoffman La Roche Inc., Parke-Davis e Merck2Co Inc.*⁸⁶.

Segundo o documento "*Industry Trends in Research Support and Links to Public Research*"⁸⁷, nos EUA o número de patentes vinculadas à pesquisa pública tem crescido (NSF, 1995). Empresas inovadoras de cinco países industriais, incluindo os EUA, têm aumentado as vantagens relativas aos resultados da pesquisa realizada pelo setor público. Isto é particularmente verdadeiro para áreas nas quais a taxa de empresas entrantes é alta, como é o caso de biotecnologia e farmacêutica. Sabe-se que, quando uma área tecnológica é nova, está-se conformando, a sua proximidade com o desenvolvimento científico é maior. Este é o caso especificamente da biotecnologia. O número de artigos científicos citados em patentes é esmagadoramente de autores americanos (Broad, 1997). Investimentos em pesquisa e uso industrial de pesquisa pública têm crescido e há uma complementaridade de recursos públicos e industriais em pesquisa básica. O setor público continua sendo o principal financiador de pesquisa voltada para o crescimento econômico, frequentemente precursora de investimentos em pesquisa tecnológica.

O capital de risco tem sido, especialmente nos setores de desenvolvimento de produtos farmacêuticos (setor 3 do HGP) e agro-pecuários (mapa de pesquisa em genômica de vegetais), a forma de financiamento alternativo mais utilizada para a criação de novas empresas de médio porte que executam pesquisa de aplicação tecnológica. Entre 1991 e 1995, o dispêndio de capital de risco para o setor de biotecnologia foi de um total de quase US\$ 750 milhões, utilizados primordialmente para os estágios de "*seed financing*" – com pequenas quantidades de capital sendo investidas em desenvolvimento de tecnologias pontuais, de "*start-up financing*", que provêem fundos para empresas já estabelecidas desenvolverem as fases iniciais de comercialização de seus produtos, e "*first stage financing*", como fundos de produção em maior escala. Os "*expansion financing*", são dirigidos a alterações de plataformas tecnológicas, envolvem quantias muito maiores, e são financiadas com parceria governamental. Os "*management buyout financing*", auxiliam empresas a licenciar produtos ou tecnologias de propriedade pública ou privada e os "*turn around financing*" socorrem empresas em dificuldades

⁸⁶ Fonte: site www.jax.org

⁸⁷ Fonte: National Science Board - NSF/97

financeiras. No mesmo período, em termos de volume de recursos advindos de capital de risco, o setor de biotecnologias só perde para o de telecomunicações⁸⁸.

A Tabela 3.2.3. demonstra que a presença da indústria melhora o volume de recursos para pesquisa básica e de aplicação tecnológica do NCI. Três tipos de dados estão presentes: *a)* recursos federais ou RF *b)* somatória de RF a solicitações de investimento (SI), que são contratos de pesquisa ou acordos cooperativos entre a empresa e o instituto público, com aplicação financeira da empresa em capacitação de pessoal e/ou projeto de pesquisa de seu interesse comercial e *c)* somatória de RF, SI e solicitação de desafio (SD), que são programas em longo prazo para realização da pesquisa ou colaboração em grandes tarefas científico-tecnológicas, como testes de novo produto para solicitação de patente.

De 1999 para 2000, o acréscimo de recursos públicos (RF) que o NCI recebeu para todos os programas foi de 8%. Em 2000, a previsão oficial das contas do instituto⁸⁹ mostra que a adição de recursos SI e SR (comparação das colunas B e C) e que a indústria participa com 22,8 % dos custos gerais de manutenção do NCI, distribuídos de maneira não uniforme entre os vários tipos de programas. Considerando a previsão do orçamento para 2000, adicionada à somatória de recursos RF, SI (que representam um conjunto de iniciativas de prospecção científico-tecnológica), conclui-se que a indústria acrescenta uma alíquota de 29,5 % aos recursos oferecidos pelo governo.

⁸⁸ *Science and Engineering Indicators*, 1998. Capítulo 6, *Industry, Technology and Competitiveness in the Marketplace*. NSF : www.gov/sbe/srs/seind98/pdf.

⁸⁹ Documento on line "NCI-2000 bypass budget". Site wwwosp.nci.nih.gov

Tabela 3.2.3. Orçamento do NCI- 2000

NCI - Recursos Financeiros Transferidos - 1998 e 1999 (em milhares de US\$)				
Previsão para 2000				
Coluna	A	B	C	D
	1999 RF	2000 RF	2000 RF + SI	2000 RF+SI +SD
1.Projetos de Pesquisa Básica(PB)				
Em andamento	\$958 915	\$1 072 207	\$1 072 207	\$1 072 207
Novos	363 031	401 048	504 107	674 891
Pesquisa com Pequenas Empresas	56 978	58 972	58 972	78 058
Pesquisa Intra-muros	443 225	464 700	468 700	491 700
Centros de Câncer	184 515	192 373	192 373	267 173
SUBTOTAL	2 006 664	2 189 300	2296359	2 584 029
2. CFI -Testes Clínicos				
Pesquisa Clínica Cooperativa	110 960	114 844	121 844	306 844
Programa Comunidade Clínica em Oncologia	42 848	45 348	45 348	116 873
SUBTOTAL	153 808	160 192	167 192	423 717
3. Manutenção a longo prazo				
Educação e Treinamento	98 570	107 220	123 220	210 025
Contratos de Suporte à Pesquisa	320 391	332 005	367 946	409 446
Controle e Gerenciamento de Câncer	62 489	65 676	67 676	72 676
Gerenciamento e Suporte de Pesquisa	104 793	110 461	116 461	132 461
Outros	21 499	25 146	40 646	40 646
TOTAL	\$2 768 214	\$2 990 000	\$3 179 500	\$3 873 000

Fonte para elaboração: dados do National Research Council (1998).

Legenda: RF: Recursos Federais; SI: Solicitação de Investimentos; SD: Solicitações de Desafios.

A comparação dos subtotais de recursos empregados em pesquisa básica sem a participação da indústria (coluna B) e com a participação dela (coluna D), revela que 15,2 % dos custos do NCI serão advindos da iniciativa privada. Isto equivale a um acréscimo de 18 % sobre os recursos federais. É um investimento 2,3 vezes maior do que a média de investimentos industriais gerais em pesquisa básica nos EUA, que é de 6,6% (BIO-Biotech Industry Organization, 1998)⁹⁰.

A indústria farmacêutica e a biotecnológica são intensivas em ciência (Pavitt,1998): a maioria das drogas comercializadas é resultado de tecnologias maduras e que não respondem propriamente à

⁹⁰ " BIO - Biotech Industry Organization - www.bio.org/laws/impact.html Documento on line : "Basic Data About Economic Impact of Biomedical Research and Critical Impact of Technology Transfer Mechanisms"

cura ou prevenção, mas ao tratamento de doenças; há milhares de doenças humanas genéticas, parasitárias, virais ou bacterianas para as quais não existe nem mesmo tratamento. A maioria das drogas contra o câncer inclui-se nesta categoria. Por isto, os investimentos industriais em testes clínicos financiam 62,9% dos custos destas atividades e a alíquota de acréscimo sobre recursos públicos é de 264,5%. Esta intensa participação da empresa na pesquisa, tanto em termos financeiros, como na execução dos projetos, permite dizer que, na realidade, os programas de testes clínicos são orientados por missões comerciais que realizam pesquisa básica ao mesmo tempo em que desenvolvem e transferem tecnologias.

O próprio conceito de "vínculo" entre programas de P&D fica comprometido: não há propriamente elos de ligação entre o setor de pesquisa e o de desenvolvimento, mas ambos desenrolam-se como uma só atividade interinstitucional, no *locus* do instituto público. Competências, capacitação para pesquisa e aprendizado institucional acontecem ao longo do desenvolvimento de pesquisas em equipes multi-institucionais. A alíquota que os recursos privados acrescentam ao orçamento de 2000 para educação e treinamento do NCI é de 95,8% (coluna B, de US\$107,2 milhões para US\$ 210,0 milhões). Desta forma, a adição de recursos privados é capaz de cobrir 48,8% dos custos totais com estes programas. Não é por outro motivo que em 1997, 50% das indústrias do setor possuíam pelo menos um geneticista treinado pelos NIH ou por instituições afiliadas. A massa crítica formada por este sistema de financiamento misto não atende apenas aos programas específicos, mas produz um efeito exponencial na capacidade de produção científica e tecnológica.

Muitas são as vantagens da arquitetura de organização da pesquisa para os setores público e privado de pesquisa biomédica. O fomento público à pesquisa estimula o setor privado a investir em inovação industrial e ele é responsável pelo crescimento de 35% da produtividade, de 1996 a 1998 (Cockburn& Henderson, 1997), e, de 1993 a 1998, pelo crescimento da capitalização do setor de US\$ 41 para US\$ 97 bilhões (capital fixo). Mais de 60 novos fármacos, a maioria já patenteados, foram desenvolvidos por atividades de colaboração entre o NCI e a indústria, nos últimos quatro anos.

O setor de pesquisa se beneficia com contratos e investimentos, mas também recebe recursos financeiros advindos do pagamento de royalties, patentes e licenças. Relatórios do AUTM⁹¹,

⁹¹ Association of University Technology Managers, Inc. "Licencing Survey FY 1997"

mostram o número e o aporte de recursos recebidos por instituições públicas de pesquisa, educação e prestação de serviços de saúde através de licenças. Muitos dos *Cancer Centers* do NCI são favorecidos: o complexo de pesquisa em câncer da Universidade da Califórnia recebeu, em 1997, por um total de mais de 500 licenças, US\$ 67 milhões. Somente o *The Salk Institute Cancer Research Center* recebeu US\$ 2,2 milhões. O mesmo estudo mostra que, em todo país, o setor de pesquisas biomédicas é responsável por 79 % dos pagamentos de licenças.

3.2.3.3. Dinâmicas Reflexivas e Dirigibilidade Política

Apesar da indústria pagar por uso de propriedade intelectual e estar incrementando sua participação em pesquisa pública do NCI, o governo continua sendo o mais importante financiador da rede do setor 3. Para o ano 2000, o aporte de investimentos da indústria equivale a uma melhoria de 29,5 % no orçamento. Neste ano, 22% dos recursos são privados contra os 78% restantes do governo - US\$ 2,9 bilhões. O capital de risco foi responsável pelo aporte de US\$ 250 milhões, dirigidos principalmente para iniciar negócios de pequeno e médio porte na área de genômica aplicada.

O fomento à pesquisa colaborativa entre universidade e empresa é realizado pelo OLA - *Office of Liaison Activities* - responsável pelos acordos e contratos de pesquisa e pela articulação dos testes clínicos com os grupos cooperativos internacionais. Os programas extramuros, muito extensos, são coordenados no nível nacional pelo RSC - *Research Support Contracts* - um escritório de transferência de tecnologia e propriedade intelectual.

A sinergia entre os programas de pesquisa pública e a indústria farmacêutica e de biotecnologia - pesquisa colaborativa em nível nacional, investimentos em educação, treinamento e testes clínicos de novos fármacos - permite que se considere o NCI como um centro de tecnologias biomédicas. As forças organizacionais e institucionais para a colaboração científica entre instituto público e empresa acabam formando corpos semi-públicos, uma vez que os atores participam da criação da base científica, do desenvolvimento, do *design* de moléculas, manufatura em escala piloto no laboratório e aplicação de testes clínicos em potenciais usuários.

3.2.4. Análise conjunta dos Setores 4, 5, 6 e 7

Os setores 4, 5, e 6 representam a extensa malha de pesquisa, capacitação e relações entre universidade, empresa e governo que forma o *Human Genome Project*. Em todos eles desenvolvem-se atividades de pesquisa, programas de capacitação e transferência de tecnologias. Este projeto, iniciado em 1989, tem como objetivo mapear os mais de 100 mil genes humanos, definindo seus *loci*, e sua responsabilidade pela produção de proteínas específicas. A tabela 3.2.4. apresenta a evolução das verbas destinadas à pesquisa no HPG nos últimos cinco anos e que não incluem gastos com construção nem montagem de laboratórios. Os quatro setores são analisados em conjunto, porque representam atividades complementares dentro do escopo da área de pesquisa.

Tabela 3.2.4. Recursos dirigidos ao HGP (1995 a 1999)

HGP - <i>Human Genome Project</i> - Verbas Públicas (em milhões de US\$)			
Ano	DoE	NIH	Total
1995	68,7	153,8	222,5
1996	73,9	169,3	243,2
1997	77,9	188,9	266,8
1998	85,5	217,7	303,2
1999	89,8	225,7	315,5

O setor 4 incorpora pesquisa básica especificamente em genômica (figura 3.2.4.); o setor 5 comporta atividades de gerenciamento de informações e discussões éticas, legais e societárias advindas das atividades de pesquisa e mediação internacional das políticas de pesquisa (figura 3.2.5.); o setor 6 apresenta instituições e programas que visam estabelecer relações com usuários e universidade-empresa (figura 3.2.6.); o setor 7 representa os esforços concentrados no MIT para o desenvolvimento de instrumentais que garantam uma maior velocidade para atividades de pesquisa (figura 3.2.7.). Apesar de cada um representar melhor um destes aspectos, em todos é possível reconhecer dinâmicas da tripla hélice.

A evolução dos recursos permitiu que, desde seu início, doenças como o mal de Alzheimer, a diabetes, cárdio-vasculares e muitos tipos de câncer fossem melhor entendidos. O fato de ser uma área de saúde pública é o principal fator para que o governo destine tais importâncias para este

projeto. A corrida prospectiva sobre genes e produção de bio-inovações também é um fator de fomento ao HGP.

3.2.4.1. Dinâmicas de Produção de Conhecimentos

O setor 4 apresenta a rede pública de pesquisa de genes humanos e os subsetores intra e extramuros. A rede de pesquisa e capacitação foi formada para produzir pesquisas em genética comparativa, genética humana funcional e populacional e de microrganismos. A maioria está vinculada a hospitais-escola ou institutos de pesquisa nas grandes universidades. O interesse comercial nos resultados destas pesquisas produz vínculos com o setor industrial e seus programas de P&D demonstrados pela presença de escritórios de transferência de tecnologias como gene-terapia ou tecnologias genéticas. Os projetos intramuros, desenvolvidos no NHGRI - *National Human Genome Research Institute*, que faz parte do complexo *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL) centralizam estudos sobre genoma humano e doenças hereditárias em sete ramos de pesquisa: genética de câncer (CG), terapia gênica clínica (CGT), doenças genéticas (GDR), tecnologias genéticas (GT), doenças hereditárias (IDR), genética médica (MG) e genética e biologia molecular (GMB). Busca-se mapear os erros em trechos de DNA humano. As atividades de pesquisa atingem uma maior extensão se considerarmos os programas extramuros e os *Genome Centers*. Mais três grandes laboratórios nacionais - *Los Alamos*, *Lawrence Livermore* e *Lawrence Berkeley*, nove universidades públicas, dois institutos privados e uma rede privada de pesquisa realizam atividades em genoma humano e de microrganismos.

A tabela 3.2.5. demonstra alguns exemplos dos mais de 200 tipos de programas de programas de educação, pesquisa e capacitação do setor 4, que estão disponíveis para toda a rede.

A instituição central do setor 5 é o ORNL - *Oak Ridge National Laboratory*, que abriga o HGMIS - *Human Genome Management Information System* – no qual há a) pesquisa básica de sequenciamento, mapeamento e bioinformática; b) encaminhamento legal de questões éticas e sociais no nível internacional c) discussão e encaminhamento legal de acordos de cooperação para a pesquisa interinstitucional e d) gerenciamento de *spin offs* do HGP, e) analisar riscos toxicológicos e ambientais de novos produtos genéticos e f) financiar projetos e desenvolver

Tabela 3.2.5. HGP - Programas de Pesquisa e Educação *on line*

Nome	Patrocinador	Descrição	Capacidades	Nível
<i>Access Excellence</i>	Genentech Inc.	Programa interativo de educação geral em <i>genomics</i> .	Produzir capacitação de pesquisadores em potencial.	Médio e graduação
<i>BIO on line</i>	BIO e Synapse Inc.	Programa de interação entre produção científica e tecnológica.	Produzir inovações e estabelecer rede de ciências da saúde.	P&D industrial
<i>Biotech Biosciences Education Guide</i>	BABC - Bay Area Biosciences Center	Educação em biologia molecular evolutiva.	Produzir capacitação de pesquisadores.	Graduação e pesquisa
<i>California State Program for Education in Biotech</i>	Universidade da Califórnia	Educação em instrumentais para biotecnologias.	Produzir capacitação de pesquisadores.	Graduação e pesquisa
<i>Superior Industry Management (SIM)</i>	Associação de Profissionais em Biotecnologia Industrial e patrocinadores corporativos*	Revista de microbiologia industrial.	Difundir textos teóricos e aplicações tecnológicas.	P&D industrial
<i>Biotech Classroom Protocols & Labs</i>	BIO	Experimentos básicos <i>on line</i> em biotecnologia : <i>fingerprints</i> e extração de DNA.	Ensinar extração de DNA, PCR e sequenciamento de DNA.	Ensino médio e graduação
<i>DoE Primer on Molecular Genetics</i>	DoE	Mapeamento, sequenciamento, biotecnologias, bioinformática e vídeos científicos.	Educação em <i>genomics</i> .	Ensino médio e graduação
<i>Mendel Web Diversity University</i>	NIH e Governo do Estado de Israel	Experimentos mendelianos e exercícios em genética clássica.	Educação internacional em genética.	Ensino médio
<i>BioChem Net</i>	BIO	Fonte de consultas sobre genética e biologia molecular.	Prover bio-informações industriais sobre moléculas e ferramentas de ensaio.	Pesquisa pública e P&D industrial
<i>BioEthics Case Studies</i>	Toyota Corp. Toshiba Siemens Awards	Curriculos em educação para biotecnologia.	Fomentar discussões sobre questões éticas e legais.	Professores universitários de <i>genomics</i>
<i>Recombinant DNA Tech Course</i>	Univ. Minnesota	Experimentos clássicos em <i>genomics</i> .	Formação de pesquisadores.	Superior
<i>ED-Net Applied Biotech</i>	Bay-Area Bio-Industries	Biotecnologias industriais e suas aplicações tecnológicas.	Atendimento a pesquisadores.	P&D industrial e pesquisa pública

*Eli-Lilly, Merck&Co Inc, Genentech Inc., Dow Chem., DomckiHunter Inc., Cargill, B.Braun Biotech, Bayer, Abbot, Wyeth-Ayerst Research.
Fontes para elaboração: *hyperlinks* consultados para a elaboração dos mapas de organização da pesquisa.

programas de educação em genética. Cabe ao HGMS articular estas atividades numa estrutura de colaboração interinstitucional de modo a preparar capital humano e gerar inovações legalmente aceitas. A comunicação sobre o HGP e seus possíveis impactos sociais é também de sua responsabilidade. A HUGO - *Human Genome Organization* exerce estas mesmas funções em nível internacional, sob a regência do *Wellcome Trust*.

No setor 6, há sete cursos de pós-graduação em biotecnologia, designados por GBC - *Graduated Biotech Courses*- sendo quatro do setor público de pesquisa e dois em institutos privados de ensino e pesquisa. A articulação das atividades em rede desenvolveu instrumental em

bioinformática, análise de expressão gênica, métodos de sequenciamento de megabases e marcadores genéticos que são as *Databases* do setor 6 exemplificados na tabela 3.2.6.

Tabela 3.2.6. Alguns programas mistos de *Databases* do *Human Genome Project*

Nome	Patrocinador	Descrição	Capacidades
<i>Human Chromossoms Maps</i>	Genlink DoE HUGO	Base de dados sobre genes humanos.	Armazenar dados e protocolos de sequenciamento de DNA humano.
<i>E. coli Database</i>	Governo federal e Novartis	Mapas genéticos da bactéria mais estudada em genética.	Fornecer material para desenvolvimento de novos instrumentos de pesquisa, como endonucleases de restrição.
<i>HIV Database</i>	DoE BIO	Mapa genético das várias cepas de vírus HIV.	Fornecer material para desenvolvimento de bloqueadores de crescimento viral e/ou vacinas.
Laboratórios Flexíveis: MIT/WI	MIT - federal (<i>endowments</i> e <i>overheads</i>) BIO	Laboratórios móveis que re-organizam a pesquisa.	Fomento à colaboração entre instituições.

Estas pesquisas constituem uma especial seção sobre câncer, AIDS, e doenças infecciosas dentro do *Whitehead Institute for Biomedical Research*. Sob o patrocínio misto entre empresas de biotecnologia e o NIH, o MIT também desenvolve pesquisas do HGP, em técnicas de obtenção de mapas genéticos de alta resolução e velocidade. São atividades estratégicas do MIT e se sustentam em programas inovativos em termos de educação no nível de pós-doutorado. O *Whitehead Fellows Program*, num total de 560 pesquisadores, "exporta" tecnologias genéticas desenvolvidas pelo MIT por meio de laboratórios móveis e flexíveis. É o caso de *Scan data*, um *software* de leitura de resultados de mapeamento cromossômico de alta resolução, de mapas híbridos de radiação, capazes de aumentar a velocidade de mapeamento genético. No setor 6, predominam programas privados de capacitação e pesquisa, armazenamento de *databases*, educação básica em *genomics* para comunidades locais e fontes *on line* de educação e consulta científica.

3.2.4.2. Nexos Tecnológicos e Dinâmicas de Mercado

Para a análise das dinâmicas de mercado do entorno do HGP serão utilizados os indicadores de citação de patentes do CHI, já apresentados na discussão sobre pesquisas de vegetais. Os indicadores de citações interpatentes podem fornecer um parâmetro complementar para a

constatação de que o HGP faz parte do setor de pesquisas cujo número de citações mais tem crescido.

Segundo o documento *Science and Engineering Indicators* - 1998, da NSF, a indústria tem feito "bom uso da ciência pública"⁹². Nele são apresentados os resultados de uma extensa pesquisa realizada pelo CHI⁹³ sobre o crescimento do número de citações de artigos científicos em patentes. Foram analisados 430.226 referências não-patentes, citadas em 397.660 patentes solicitadas entre 1987/88 e entre 1993/94. Como contraponto, a residência dos solicitantes das patentes foi utilizada na demonstração de que a pesquisa científica realizada no próprio país é a que mais produz inovações. Dos artigos científicos citados em patentes industriais, 73% são originários da pesquisa pública do universo pesquisado da NSF e dos NIH durante o período de 1994-1998.

Os vínculos entre a pesquisa pública e privada são evidenciados pelo maciço número de referências do tipo *patent-to-science*, que são citações de artigos científicos nas primeiras páginas do artigo de patentes de drogas. A amostra permite evidenciar que 17% destas referências são originárias da pesquisa industrial, contra 50% da pesquisa pública nos EUA e 33% da pesquisa estrangeira (que também é majoritariamente pública). Os vínculos intra-setoriais são claros: artigos em química são citados em patentes de mesmo setor, e o mesmo acontece com artigos biomédicos. O número de citações de artigos indexados pelo SCI - *Science Citation Index* na área de biomedicina por patente de drogas é mais alto do que a soma de todas as outras áreas somadas: 6,2 artigos são citados por patente de novas drogas, enquanto a somatória das áreas de química, física, engenharia e os demais não chegam a ultrapassar um artigo citado por patente, o que demonstra, mais uma vez, o quanto a indústria farmacêutica se beneficia da pesquisa pública. Constitui também evidência de que as tecnologias mais maduras inspiram-se com menor frequência nos desenvolvimentos científicos mais recentes, ao contrário da nova tecnologia da biotecnologia.

Na área de biomédicas, a Harvard University surge em primeiro lugar, com 2506 citações de artigos em patentes requeridas entre 94 e 95. Todas as 25 instituições listadas desenvolvem trabalhos em genômica.

⁹² Site: www.nsf.gov/nsb

⁹³ Site: www.chiresearch.com

O NCI e seus programas intra e extramuros estão em segundo lugar. Se nos remetermos para a análise do mapa do setor 3, veremos que as verbas para pesquisa em genômica têm recebido aporte significativo da indústria, tanto em forma de investimentos em educação e testes clínicos, como em pagamento de licenças. O mesmo instituto lidera o *ranking* de número de citações por agência financiadora no período 93-94 com 7970 citações. A somatória do número de citações das 27 instituições da área de biomédicas é de 36.664 citações, contra quase 3.500 na de química e 4.000 nas áreas de física e engenharia (Narin et ali, 1997).

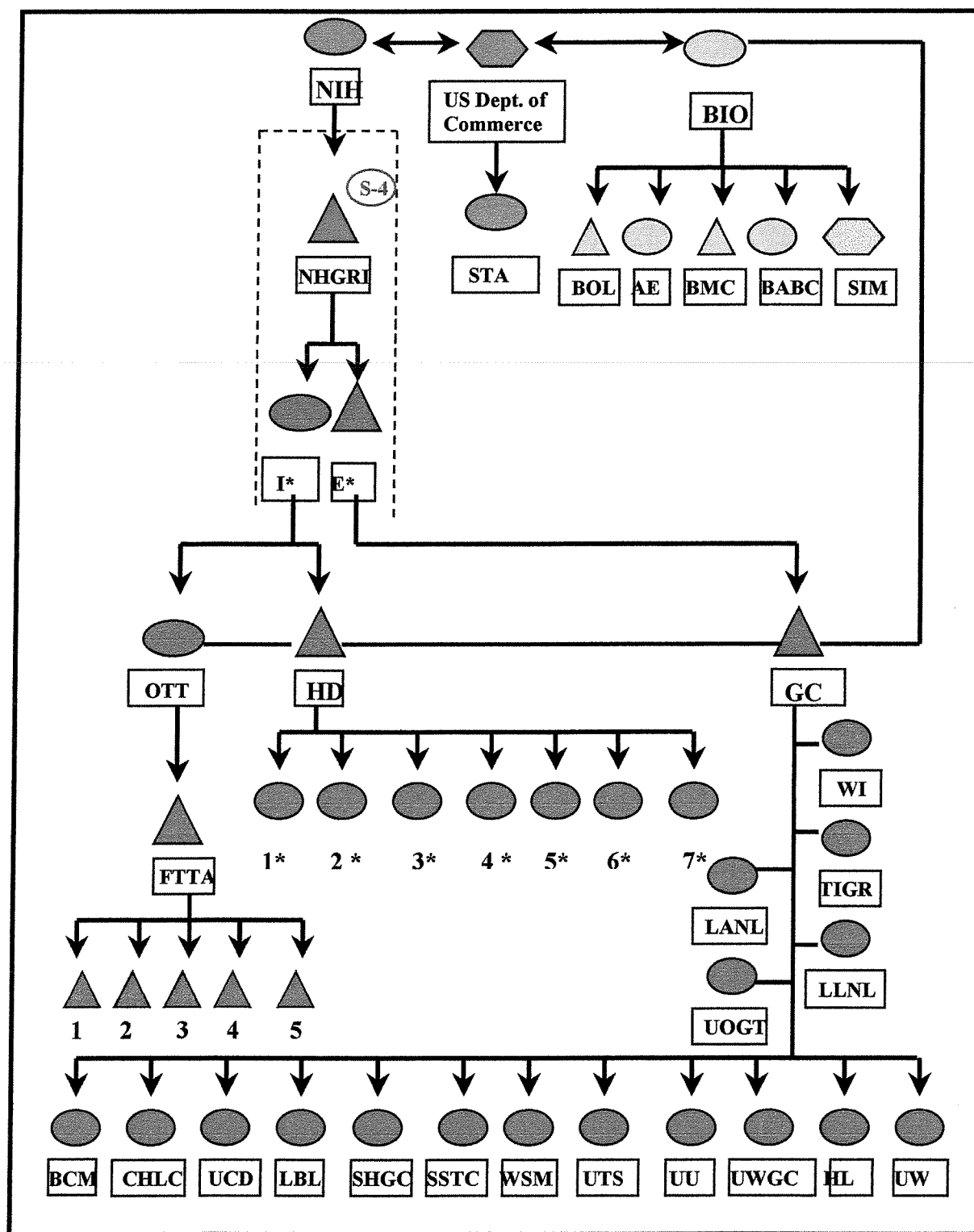


Figura 3.2.4. Setor 4 National Human Genome Research Institute e NIH

Legenda do Setor 4 do HGP

NHGRI: *National Genome Research Institute*

I* : *Programas Intra-muros do NHGRI*

E* : *Programas Extra-muros do NHGRI*

FTTA: *Federal Technology Transfer Act/Office of Technology Transfer*: implementação de políticas de transferência de tecnologias:

1. Gene Therapy
2. Cancer Genetics
3. Gene Based Diagnosis
4. Transgenics
5. Genetic Technologies

USDC: *US Department of Commerce*

STAT: *Economics and Statistics Administration do US Dept. of Commerce*. Serviço on line de indicadores econômicos e de negócios.

HD: *Human Diseases*: sete ramos de pesquisa sobre doenças genéticas humanas:

- 1*. CG: *Cancer Genetics*
- 2*. CGT: *Clinical Gene Therapy*
- 3*. GDR: *Genetic Disease Research*
- 4*. GT: *Genome Technology*
- 5*. IDR: *Inherited Disease Research*
- 6*. MG: *Medical Genetics*
- 7*. GMB: *Genetics and Molecular Biology*

GC : *17 Genome Centers*:

WI : *Whitehead Institute*

TIGR: *Institute for Genomic Research*

LANL: *Los Alamos National Laboratory*

UOGT: *University of Oklahoma 's Advanced Center for Genome Technologies*

LLNL: *Lawrence Livermore National Laboratory*

BCM : *Baylor College of Medicine*

CHLC: *Cooperative Human Linkage Center*

UCD: *University of California at Berkeley Drosophila Genome Center*

LBL: *Lawrence Berkeley Laboratory*

SHGC: *Stanford Human Genome Center*

SSTC: *Stanford University DNA Sequence and Technology Center*

WSM: *Washington University School of Medicine Genome Sequencing Center*

UTS: *University of Southwestern Medical Center Genome Center*

UU : *University of Utah*

UWG: *University of Washington Genome Center*

UW: *University of Wisconsin - Hood Laboratory*

UW: *University of Wisconsin E. coli Genome Center*

BIO: *Biotechnology Industry Organisation*

BOL: *Bio on Line*

AE: *Acess Excellence*

SIM: *Society for Industrial MicroBiology*

BABC: *Bay Area Bio-Center*

BCM: *Baylor's College of Medicine Office of Technology Transfer*

3.2.5. Setor 5 (S-5) do HGP

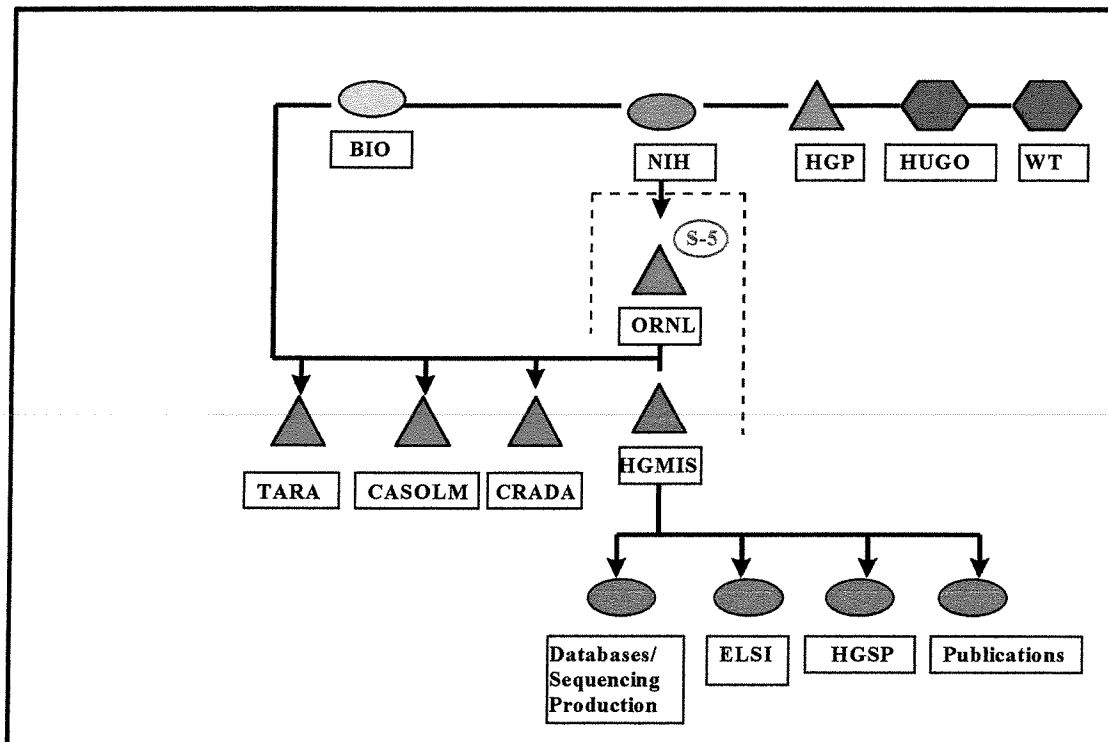


Figura 3.2.5. Setor 5 do HGP - *Human Genome Management Information System*

Legenda do Setor 5

ORNL: *Oak Ridge National Laboratory*
HGMIS: *Human Genome Management Information System*
ELSI: *Ethical, Legal and Social Issues*
HGSP: *Human genome Spin-offs*
TARA: *Toxicology and Risk*
CRADA: *Cooperative Research and Development Agreement*
Casolm: *Judicial Cases on Biotechnology*
WT: *Wellcome Trust*

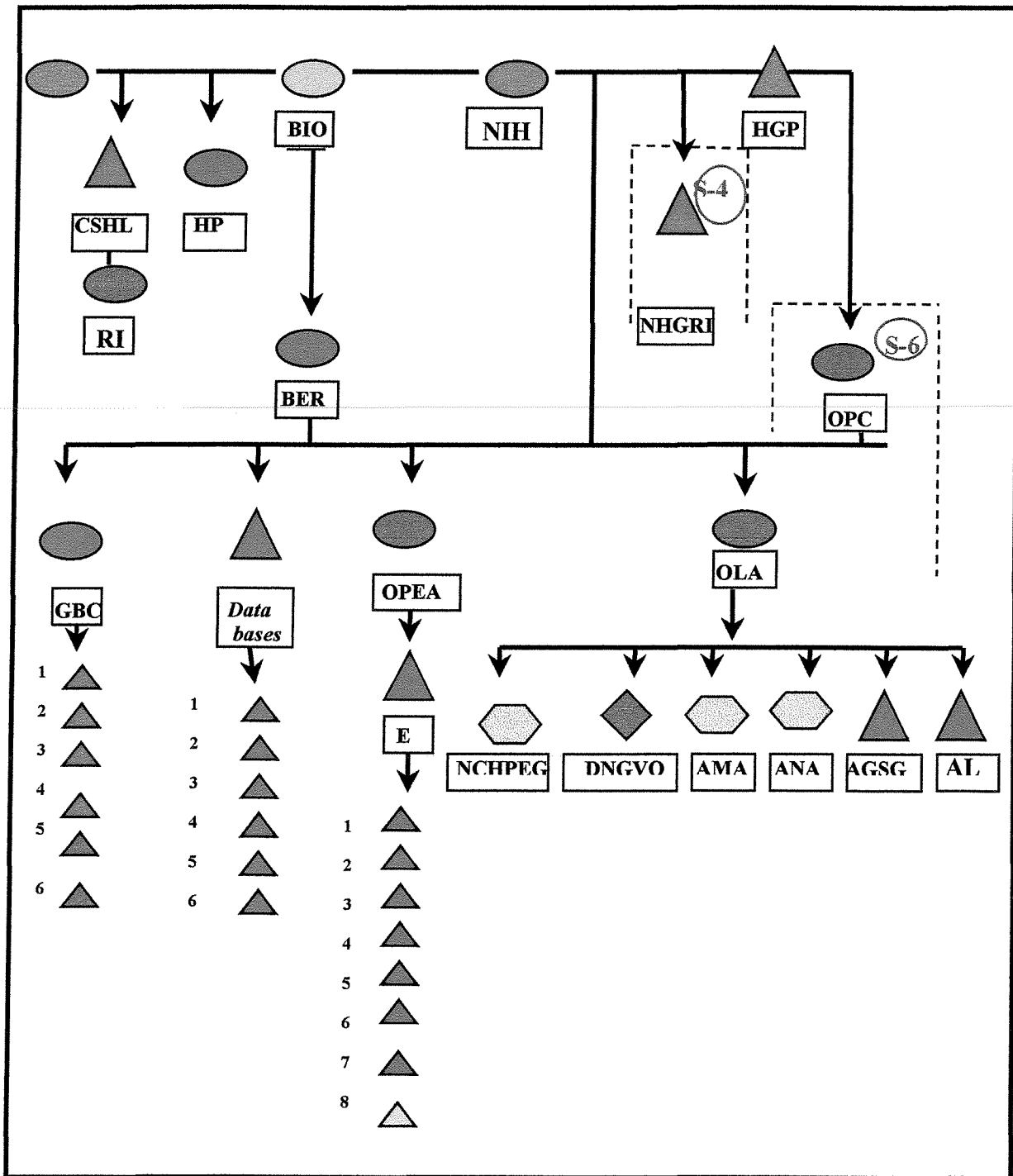


Figura 3.2.6. Setor 6 do HGP - *National Human Genome Research Institute*

Legenda do Setor-6

HGP: *Human Genome Project*

BIO: *Biotechnology Industry Organisation*

CSHL: *Cold Spring Harbor Laboratory, Stanford University*

RI: *Research Instruments*

BER: *Biotechnological Education Resources*

HP: *Health PRO Advanced Medical Resources: pesquisas em tratamento de doenças genéticas*

OPC: *Office of Policy Coordination*

OLA: *Office of Liason Activities*

OPEA: *Office of Education Activities*

AMA: *American Medical Association*

ANA: *American Nurses Association*

DNGVO: *Directory of National Genetic Voluntary Organisations*

AGSG: *Alliance of Genetic Support Group*

AL: *Revista Allert : relações com usuário de tratamentos de doenças hereditárias*

NCHPEG: *National Cohalization for Health Professional Education in Genetics*

GBC: *Graduate Biotechnology Courses:*

1. *University of Minnesota*
2. *University of Reading*
3. *Stanford University*
4. *University of Washington*
5. *Howard Hughes Medical Center*
6. *Weissman Institute*

Databases (bases de dados em genômica)

1. *SwissPRO*
2. *HIV Databse*
3. *E. coli Databse*
4. *Sacchromyces Database*
5. *Human Cromossomes Maps*
6. *Gene Cards*

ES: *Education System:*

1. *BioChem Net*
2. *PSQ : Problem Sets and Quizzes , Arizona University*
3. *Access Excellence*
4. *AgBIO Tech*
5. *DNA Learning Center DoE Primer on Molecular Genetics*
6. *Genetics Education Center*
7. *MendelWeb*
8. *KSR: Kelly Scientific Resources*

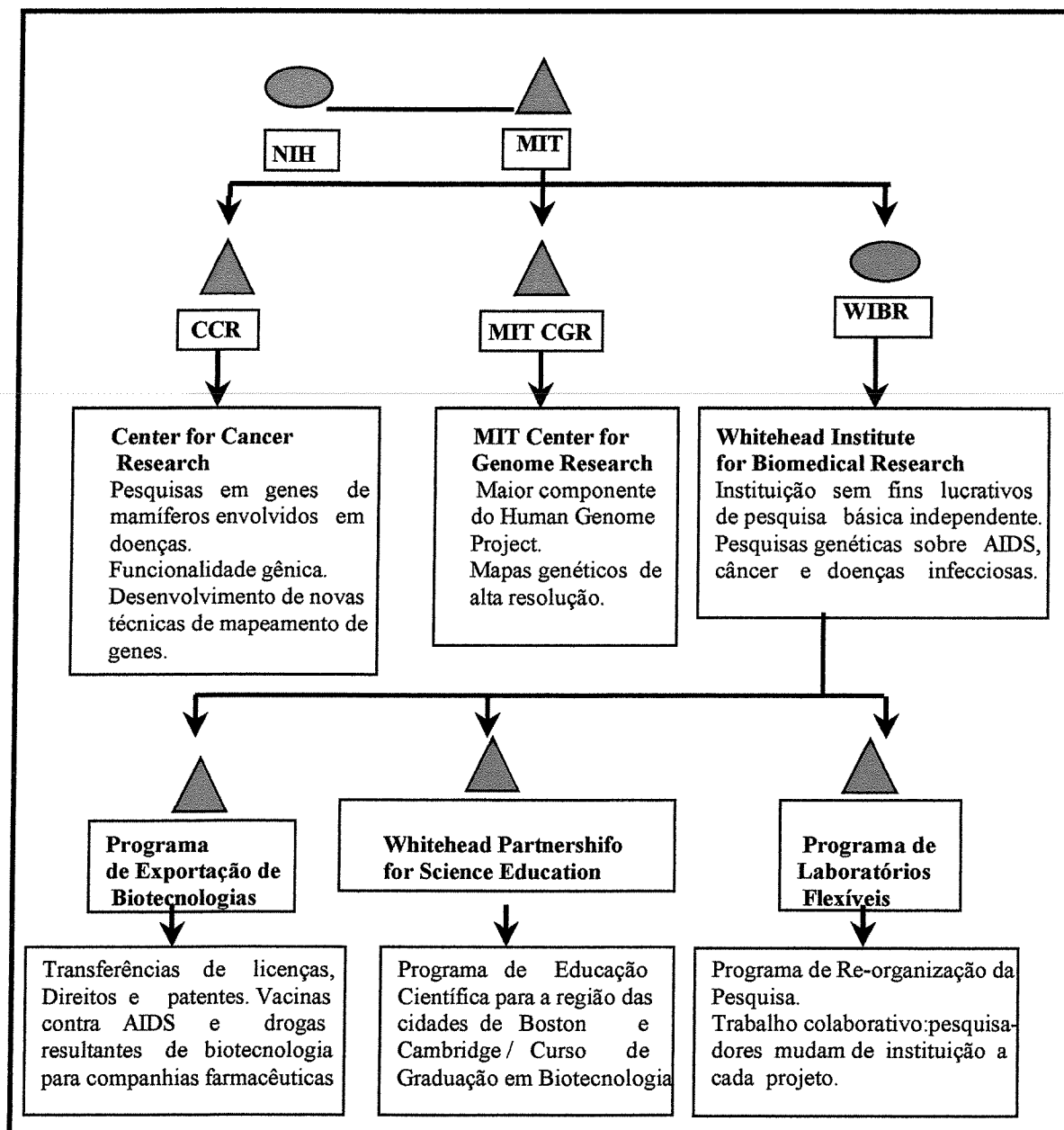


Figura 3.2.7. Setor 7 do HGP - Rede de Pesquisas do National Institutes of Health (NIH) e MIT

3.2.5. Conclusões do capítulo

A estrutura de organização da pesquisa em genômica nos EUA parece ser tanto causa como consequência dos três fatores característicos desta área: alto custo de pesquisa, exigência de integração de recursos humanos, e grande volume de trabalho científico. A rede é o resultado da

formação de programas de capacitação, pesquisa e inovação, através de mecanismos de aproximação de interesses e desenvolvimento de pesquisas interinstitucionais.

Diversos tipos de vínculos podem ser observados na rede. Programas nacionais de capacitação, implementados com recursos financeiros majoritariamente públicos, atendem à demanda pública e privada de pesquisadores altamente qualificados em várias áreas científicas. O setor público financia os grandes programas de pesquisa básica, através da NSF, NIH e dos Departamentos de Agricultura e de Energia. A partir deles, é possível obter informações sobre mapas genéticos de cultivares mais comercializados mundialmente e tecnologias para agricultura que incorporam grande quantidade de conhecimentos científicos, como o *Round Up Ready*, da Monsanto. Este padrão de relações entre produção e aplicação de C&T está presente em todas outras áreas de pesquisa apresentadas neste capítulo. Indicadores de potencial tecnológico e de vinculação com a produção científica, como os do CHI, mostram que as empresas presentes na rede ocupam os primeiros lugares nestas categorias, e são líderes mundiais em seus setores.

Mecanismos alternativos de financiamento ao desenvolvimento de produtos tecnológicos são utilizados no fomento à pequena e média empresa de biotecnologia, que surgem como *spin offs* dos programas regionais. Estes programas são financiados por convênios entre o setor público e o privado, e envolvem grandes, médias e pequenas iniciativas que mantêm a geração de uma massa crítica de pesquisadores. Mecanismos alternativos, que captam recursos do mercado de capital de risco, ou recursos mistos entre empresas de grande porte e governo dão suporte financeiro para empresas nascentes de *biotech*.

A parceria empresa-universidade na produção científica cooperativa leva à tradução de conhecimentos em produtos tecnológicos. A pesquisa de alto custo, que é majoritariamente financiada pelo setor público, recebe aporte direto e indireto de recursos privados, por meio de contratação de pesquisa, acordos cooperativos, consórcios, mecanismos de TT e outras alianças estratégicas. Estes mecanismos materializam os vínculos de aproximação entre os setores industriais e instituições de pesquisa, envolvendo atores de ambas as esferas na produção de inovações. Desta forma, os conhecimentos incorporados nas esferas pública e privada são compartilhados, o que facilita a resolução do problema criado pelo caráter e extensão da pesquisa em genômica.

Como exemplo de mecanismos de aproximação, tem-se o ABSP - USAID e o CEPRAP - NSF, descritos e analisados no mapa de pesquisas em vegetais, que, para atingir objetivos tecnológicos determinados, permitem ao setor industrial desenvolver pesquisas através de acordos cooperativos (CRADA) ou utilizar laboratórios públicos.

O papel do governo está bem visível na sua função de articulação de mecanismos de TT, de controle estratégico de pesquisas de longo prazo e de suporte e fomento de programas de educação pública e pesquisas.

Além de ser a estrutura que melhor permite o desempenho de atividades científicas e tecnológicas de modo a equacionar os fatores de seu núcleo problemático, a rede em genômica analisada demonstra ser uma comunidade tecno-científica, organizada num sistema colaborativo de produção de inovações.

O padrão de interação entre os componentes das três esferas - universidade, empresa e governo - envolve inúmeras formas de vinculação institucional. A atividade de treinamento e qualificação de recursos humanos, realizados no contexto da pesquisa e produção inovativa, é vantajosa tanto para a indústria, quanto para o setor público. A utilização de mecanismos de aproximação também inclui o uso compartilhado de ativos complementares, como *databases*, programas de educação básica e avançada e instalações laboratoriais. O fato de haver intensa atividade de P&D industrial articulada a programas de pesquisa pública provoca uma ruptura na clássica questão sobre a dificuldade de interação entre instituições de caráter e objetivos tão diferentes quanto a universidade e a empresa. O significativo aumento do número de patentes em biotecnologias depositadas pelas empresas envolvidas demonstra que a rede é um sistema que melhora a aprendizagem pública e privada de produção de novos produtos biotecnológicos. A rede mantém o conhecimento nela incorporado e estabelece certa integração vertical entre empresas de biotecnologia e o sistema de produção científica básica.

Este padrão de re-arranjo institucional que visa a funcionalidade do fluxo de conhecimentos entre a academia e a indústria, é observado nos grandes programas de genômica dos EUA. Neles, consolida-se um novo modo de produção baseada em conhecimento, onde as esferas da universidade, da empresa e do governo entram em estreitos relacionamentos para obter pleno valor comercial dos esforços de desenvolvimento científico.

Capítulo 4 - Conclusões : Genes, Seqüências e Conseqüências

Este capítulo-conclusão tem dupla função: reavalia e sintetiza o conjunto de considerações que compõem o corpo desta dissertação, trazendo para o primeiro plano o caso do PGX. Também busca analisar a teia de relações entre este projeto inaugural de genômica no Brasil e a produção científico-tecnológica desta área no âmbito internacional.

4.1. Os ganhos do Projeto Genoma *Xylella*: aprendizado científico e pesquisa colaborativa

A primeira questão, discutida no Capítulo 1, surgiu da necessidade de apresentar o contexto acadêmico e os parâmetros científicos que justificaram a formulação do PGX e compreender como sua implementação consolida uma nova área de pesquisa e um novo modelo de produção científica colaborativa no Brasil, que, no contexto internacional, está absolutamente vinculado à produção de biotecnologias. Por isto, o Capítulo 2 apresenta os nexos tecnológicos deste projeto científico com a resolução da fitopatologia causada pela bactéria. Agora, é preciso retomar os ganhos do Projeto em termos de capacitação de pessoal científico e da importância desta iniciativa para a história da pesquisa científica e tecnológica brasileira, ao mesmo tempo em que se entenda a exata dimensão destes esforços no cenário internacional.

Iniciado em 1997, o Projeto Genoma Fapesp visou estabelecer uma nova área da pesquisa no Brasil, a genômica. Nos cinco anos anteriores à formulação do PGX, o excelente padrão da produtividade científica da área de ciências biológicas em número de publicações e a sua importância no contexto internacional demonstravam que era necessário re-investir neste tipo de pesquisas. A base de competências instalada se deve ao conjunto de esforços governamentais dos últimos 30 anos, como as políticas de bolsas do CNPq, o Projeto RHAE do Governo Federal, os investimentos do Estado de São Paulo nas universidades e institutos públicos de pesquisa e ao contínuo papel da Fapesp, de fomento aos projetos “de balcão”, com critérios de meritocracia acadêmica e suas mais recentes investidas em programas dirigidos à inovação tecnológica. Mas, especificamente na sub-área de biologia molecular, a produção científica paulista não seguia o mesmo padrão de produtividade. Este foi um duplo motivo para que a agência de fomento passasse a dirigir recursos e investimentos integrados em genética e biologia molecular.

A rede de pesquisadores do PGX foi formada após um período de aprendizado científico coletivo, através de trocas de experiências e resolução de problemas comuns. A comparação e discussão dos

resultados semelhantes, alcançados sob condições técnicas diversas, representaram oportunidades de aquisição e troca de conhecimentos complementares.

A Rede ONSA foi o sistema de comunicação e vínculos inter-laboratoriais puderam ser consolidados durante o processo de ajuste e da aprendizagem dos procedimentos técnicos. Como resultado destas interações, tem-se hoje um sistema de pesquisas que, além da produção científica, tem a capacidade de gerar mais capacitação. Se a forma colaborativa de capacitação auto-sustentável⁹⁴ já é, há muito, comum dentro de laboratórios de pesquisa, não era uma prática muito presente na ciência brasileira. A integração de esforços científicos e a execução de um projeto único de pesquisa foi conduzida através de uma Rede Virtual de Genômica – a rede ONSA. A compra, instalação e manutenção de sequenciadores de DNA foram realizadas em tempo recorde. Em menos de seis meses já se realizavam trabalhos de sequenciamento genético, ao mesmo tempo em que uma comissão internacional de consultores articulava, juntamente com a Coordenação de DNA, as condições para que os trabalhos produzissem capacitação de pesquisadores e resultados científicos. Ao final do PGX 192 pesquisadores de 35 laboratórios de instituições paulistas de pesquisa foram integrados à comunidade científica internacional de genômica.

Este aspecto introduz a questão sobre "ciência colaborativa", típica de áreas do conhecimento nas quais o tamanho da jornada de pesquisa exige a participação de grupos de pesquisadores. O caso do PGX é um exemplo de gestão multi-institucional e interdisciplinar de projeto de pesquisa.

O PGX foi instalado sobre uma base de pesquisa já existente nas universidades paulistas e em seus institutos públicos de pesquisa, mas que não significava uma massa crítica de pesquisadores especificamente na área de genética molecular. Muitos problemas iniciais da pesquisa, como a capacidade de cultivo da bactéria *in vitro*, só puderam ser rápida e eficientemente superados porque estes institutos já possuíam uma longa história de desenvolvimento de pesquisas biológicas ligadas à agricultura, entre as quais aquelas sobre o agente causador da CVC. O fato de muitos laboratórios terem optado por alocar recursos humanos e terem se disposto ao uso de suas instalações para um projeto que não necessariamente fazia parte do escopo de suas pesquisas correntes, revela a disposição substancial em colaborar. Antes do PGX, alguns deles não

⁹⁴ O termo é utilizado no sentido de que parte das vantagens comerciais obtidas através das inovações é utilizada para financiar o sistema de capacitação de recursos humanos para a pesquisa.

apresentavam uma excelente produtividade científica⁹⁵, mas foram muito produtivos na execução da sua parte do sequenciamento de DNA. Extensa evidência empírica⁹⁶ a respeito das formas de colaboração entre universidades ou equipes de pesquisa mostra que muitos são os motivos que levam pesquisadores a colaborar. Pelo menos três deles estão presentes na implementação do PGX.

O primeiro é o crescente custo da pesquisa que, cada vez mais, requisita instrumentação e geração de novas tecnologias. Dado o caráter inaugural do PGX, os custos de implantação dos equipamentos deveriam ser justificados, e, para isto, o número de pesquisadores capacitados deveria ser grande o suficiente para que núcleos geradores de aprendizado científico fossem criados. Desta forma, a utilização dos equipamentos deve obter, ao longo de um certo prazo, sua produtividade máxima em termos de capacitação.

Duas foram as estratégias de implementadas:

- 1) A opção por descentralizar os trabalhos, instalando-os em diferentes *loci* de pesquisa.
- 2) 2) A base regional de conhecimentos científicos em geral e sobre a biologia da *X. fastidiosa* encontrada em cada laboratório foi aproveitada.

Estas duas estratégias, utilizadas em conjunto, potencializaram os efeitos de aprendizado e colaboração que cada uma poderia apresentar, se utilizadas isoladamente. Ao mesmo tempo em que o trabalho de sequenciamento parcelizado vinculou social e cientificamente os pesquisadores, a instalação de equipamentos para um mesmo fim, em laboratórios de interesses originalmente diversos, uniu esforços que resultaram em eficiência e qualidade científicas.

Um segundo fator que encoraja a colaboração é o acesso às redes de comunicação. Este tipo de mecanismo de aproximação - a criação da Rede ONSA - gerou um efeito de vinculação social entre pesquisadores, e permitiu seguir a velocidade dos trabalhos nos laboratórios, num misto de competição e cooperação. Como demonstram muitos estudos sociológicos, a ciência é uma *instituição social, cujo avanço depende crucialmente das interações entre cientistas*⁹⁷.

⁹⁵ Segundo dados da própria Fapesp sobre o desenrolar dos trabalhos do Genoma *Xylella*, um exemplo disto foi a excelente velocidade de sequenciamento apresentada pela Seção de Bioquímica Fitopatológica do Instituto Biológico de São Paulo.

⁹⁶ Um excelente *survey* de literatura a este respeito pode ser encontrado em Katz, J. S., 1993, *Bibliometric Assessment of intranational university-university collaboration*. D.Phil. thesis, Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton.

⁹⁷ Kuhn, T. "A Estrutura das Revoluções Científicas", 1994, (1970), Ed. Perspectiva, São Paulo.

O terceiro fator diz respeito ao aumento da necessidade de integração de capacidades científicas especializadas. Em genômica, é necessário que sejam conjugados esforços em biologia molecular, genética, informática, física e engenharia. Já que indivíduos isolados não são capazes de desempenhar funções em todas estas áreas, a pesquisa só poderá avançar se houver a instalação de "forças-tarefa", das quais fazem parte pessoas com capacitação específica e conhecimentos interdisciplinares.

Finalmente, como em muitos outros casos em genômica no âmbito internacional, a competitividade científica não é o único alvo que deve ser atingido. A colaboração interinstitucional, e agora incluem-se as empresas, pode levar à produção de inovações tecnológicas, fortalecendo a política de fomento à pesquisa.

A combinação entre a reserva de capital humano em ciências biológicas, o permanente investimento na área e a urgência em participar dos estudos da comunidade internacional sobre genomas de organismos, culminaram na integração horizontal de esforços de pesquisa. O sequenciamento da *X. fastidiosa* foi terminado três meses antes do prazo original e o número de pesquisadores envolvidos em genômica no Estado de São Paulo já é muito maior do que aquele do PGX. Um projeto de determinação de funções gênicas, ou "genoma funcional" que vem sendo chamado de *proteomics*⁹⁸ está em curso, e é a fase da genômica que mais se aproxima das aplicações tecnológicas. Até o presente momento, pelo menos nove genes responsáveis pelo estabelecimento da bactéria no xilema da planta foram determinados pelo grupo de 21 laboratórios participantes do Genoma Funcional da *X. fastidiosa*. O resultado foi obtido pelo laboratório de Biologia Molecular e Genética da Unicamp, com o estudo "*Functional analysis of the Xylella fastidiosa gum operon and its relation to the Citrus Variegated Chlorosis (CVC)*" coordenado pelo Professor Dr. Paulo Arruda. A goma xanthana, produzida pela bactéria, mantém este organismo no xilema do vegetal, produzindo interrupção da condução de seiva e do transporte de água e nutrientes para o metabolismo vegetal. Estudos sobre o bloqueio do gene do *operon* da goma são a parte da pesquisa com maior possibilidade de originar uma aplicação tecnológica no combate à CVC.

⁹⁸ O termo deriva de *proteína* e é um neologismo da comunidade científica internacional utilizado para designar atividades de determinação das funções dos genes. Os genes são estruturas codificadoras de sequência de aminoácidos, que formam a proteína. Cada proteína possui uma função bioquímica nas atividades celulares. Por isto, a ponte entre o código dos genes e a função protéica que determinam é chamada de *proteomics*.

O grupo que sequenciou a *X. fastidiosa* produziu um mapa dos 2904 genes da bactéria, divulgado em artigo publicado na edição de Julho de 2000 da Revista *Nature* britânica. O fato de ter sido reportagem de capa desta revista demonstra a importância dada pela comunidade científica internacional ao PGX. Primeiro, porque foram alcançados os objetivos de capacitação científica de um considerável número de pesquisadores, em nível semelhante ao dos padrões internacionais. Em termos da quantidade destes dados que é produzida diariamente e depositada no GenBank⁹⁹, o sequenciamento de 2,5 milhões de bases nitrogenadas do PGX é uma produção pequena. Hoje, mais de 3 bilhões de bases de mais de 47 mil espécies de organismos estão armazenadas. Desta forma, a importância dada à publicação dos resultados do PGX não se deve apenas ao volume de dados, nem ao número absoluto de pesquisadores que foram capacitados, mas também: a) ao fato do PGX ter esgotado o sequenciamento gênico deste organismo, optando por dar continuidade às pesquisas sobre outros fitopatógenos de importância comercial; b) ao interesse que a comunidade científica internacional tem em profissionais de pesquisa genômica e c) à vantagem que a indústria de biotecnologia mundial possui por ter acesso aos dados brutos de sequenciamento de genes que são depositados nos bancos internacionais.

Este contexto coloca a questão de comercialização de biotecnologias no âmbito da competitividade internacional. As possíveis aplicações tecnológicas dos genes de bloqueio da bactéria nas laranjeiras não configuram qualquer tipo de problema competitivo para a indústria de biotecnologia, uma vez que duas das maiores empresas do oligopólio de produção de suco de laranja do Estado de São Paulo fazem parte de conglomerados maiores de indústrias participantes da BIO¹⁰⁰: Cargill, subsidiária da Monsanto, e Coimbrá-Frutesp, que é a subsidiária regional da empresa francesa Dreyfus. Ou seja, a internacionalização das atividades produtivas é seguida pela internacionalização das pesquisas e desenvolvimento para inovação. Neste contexto, o PGX está instalado em meio a influências pervasivas com o mercado de laranjas *in natura* e de suco de laranja concentrado, no qual estão empresas às quais interessam os resultados da pesquisa, sejam eles produzidos no país ou fora dele.

A autoria coletiva do artigo sobre o sequenciamento da bactéria permite que se chegue a algumas conclusões sobre a instalação de pesquisa colaborativa. A evolução obtida a partir da

⁹⁹ Ver citação na seção 3.2.1., p. 87, onde são descritas as relações entre a produção científica e tecnológica em genômica.

¹⁰⁰ *Biotechnology Industry Organization*, citada nos mapas de *genomics* do Capítulo 3.

implementação do PGX, no início com 35 laboratórios, resultou no atual sistema gerador de aprendizado científico, que conta com a participação de 65 laboratórios na Rede ONSA e mais de duzentos pesquisadores.

Inúmeros autores, já a partir da década de 20, estudam a relação entre pesquisa colaborativa e aprendizado científico. A co-autoria vem sendo utilizada como um indicador de colaboração. O estudo pioneiro de Lotka, em 1926¹⁰¹ mostrou que o número de pesquisadores que produzem apenas um artigo em um dado período de tempo é duas vezes maior do que o número de pesquisadores produzindo 10 artigos, no mesmo período, e assim por diante na magnitude de $1/n^2$. Também demonstrou que este resultado estava ligado à maior capacidade de colaboração entre cientistas. De Solla Price, em 1962¹⁰², já apresenta um estudo com evidência empírica sobre o crescimento do número de artigos com múltipla autoria. Estes passam de menos de 20% em 1920 para mais de 60% em 1960. O autor chega a especular que "*a estas taxas, por volta de 1980, estarão extintos os artigos com um único autor*". Price não acertou suas previsões, mas a pesquisa em cientometria parece hoje indicar que a alta produtividade, em termos de produtos de publicação, está relacionada com altos graus de colaboração¹⁰³.

É necessário que as atuais formas de "colaboração para pesquisa" sejam diferenciadas. No caso de pesquisas em genômica, a colaboração inter-institucional e inter-laboratorial parece ser um fator imprescindível para dar conta de sequenciamento de DNA, haja visto o enorme volume de trabalho a ser realizado. A genômica está inserida no universo de pesquisas que força a uma maior complexidade organizativa. Um ou poucos indivíduos não podem ser depositários de todo o conhecimento formal, nem das técnicas requeridas para o desempenho de atividades multi-disciplinares. O que se vê é que, cada vez mais, o conhecimento parece se revelar muito mais na interação entre indivíduos e/ou instituições no exercício da produção científica e na criação de inovação. Esta conclusão aponta para duas frentes de investigação que têm-se demonstrado de suma importância nos estudos de C&T e que são reforçadas pela evidência gerada pelo PGX.

¹⁰¹ A. J. Lotka, "*The frequency of scientific productivity*", Journal of the Washington Academy of Science, 16, 317-323.

¹⁰² De Solla Price, 1962, em seminal artigo na revista *Chemical Abstracts*.

¹⁰³ Podem ser citados: Beaver, D. & Rosen, R., 1979, *Studies in scientific collaboration*: Part III - Professionalization and the natural history of the modern scientific co-authorship, *Scientometrics* 1, 231-245, Hodder, H. 1979/80, *Limits to collaborative authorship in science publishing*, *Journal of Research Communications Studies* 2, 169 e Lawanji, S., 1986, *Some bibliometric correlates of quality in scientific research*, *Scientometrics* 9, 13-25.

A primeira diz respeito à forma como a rede foi formada e mantida. A formação de uma rede científica era o caminho mais natural, visto o tamanho do genoma da bactéria e a falta de capacitação de uma massa de pesquisadores. A simples criação de uma rede de comunicação - a ONSA - não teria sido suficiente para que um circuito de aprendizado fosse instaurado. Este último se deu graças à articulação de um conjunto de esforços que conjugaram *expertises* locais e internacionais, à sensibilização social dos cientistas de que valores sociais e econômicos estavam embutidos na jornada que se iniciava e, principalmente, que eles seriam os pioneiros de uma nova área de pesquisas no país. A descentralização, condição estrutural inicial dada pela distância entre os laboratórios, acabou sendo um fator positivo, porque foram implementadas estratégias de cooperação científica e aprendizado multi-laboratorial.

A partir do PGX fica evidente que não é possível negligenciar as discussões sobre a arquitetura e sobre as formas organizacionais da produção científica e sua responsabilidade em originar sistemas de aprendizado inter-laboratorial e multi-disciplinar. Devido à atual condição de complexidade da pesquisa em genômica, é cada vez mais importante entender os processos de transferência de conhecimentos, de construção social e coletiva dos artefatos científicos e dos processos de educação que mantêm estas atividades a longo prazo.

O PGX representa um caso no qual pessoas de diferentes graus de conhecimento científico, com diferentes bagagens acadêmicas, são colocadas frente ao desafio de aumentar suas capacidades. A execução de um projeto de pesquisa coletiva, que é um produto científico complexo, foi promovida pelo *design* de organização em rede. O estabelecimento desta estrutura de pesquisas produz efeitos diacrônicos, porque permite a manutenção e crescimento de recursos humanos e o crescimento da área de pesquisa. Os desdobramentos do PGX já podem ser observados nos mais de vinte artigos sobre proteômica da *X. fastidiosa* publicados pelos participantes do Genoma Funcional. Muitos deles referem-se à utilização de técnicas de pesquisa em biologia molecular anteriormente desconhecidas dos pesquisadores, o que confirma a abertura de espaços para o aprendizado científico, potencializando a rede em termos de massa crítica.

A história nos mostra como investimentos em capital humano podem reverter em termos de ganhos sociais e econômicos. A avaliação dos resultados de projetos de capacitação maciça de pesquisadores, como os SERC Directorate da Comunidade Européia e na rede americana de genômica, revela que estes esforços são proveitosos para a esfera acadêmica e para tornar

eficientes os processos de transferência de tecnologias (Senker, 1990 e 1996). Políticas de educação em nível superior e de pós-graduação precisam estar integradas às de C&T, para que resultem na formação de pesquisadores, técnicos, engenheiros e administradores de empresas e de projetos de P&D.

Como ficou demonstrado na análise da rede de genômica dos EUA, são inúmeros e diversos os programas formais e informais de ensino de ciências biológicas, biologia molecular e genética (quadro 3.2.1., página 114) sejam eles integrados às instituições de pesquisa ou de alcance nacional. Programas e ferramentas de educação científica e técnica são intensamente utilizados, articulados aos sistemas de capacitação de profissionais para atividades em biotecnologia. As universidades e institutos de pesquisa possuem cursos de graduação especializados, programas de re-qualificação de professores de nível superior, cursos de pós-graduação para educação em genética, evolução e biotecnologia. Os recursos financeiros públicos encontram-se conjugados aos recursos privados para este fim. Portanto, seria recomendável que este tipo de articulação entre universidade, empresa e governo viesse a promover cursos e ferramentas deste tipo, também no Brasil, como estratégia de manutenção de um *pool* de recursos humanos em genômica.

Um cuidado especial deve ser dado à possibilidade de evasão de pesquisadores para outros países. Com o aumento do potencial de aplicação comercial da biologia desenvolvida na universidade, emerge a questão da mudança que as relações entre universidade e empresa podem provocar na "cultura acadêmica".

O caso da bio-informática é um exemplo extremo do risco de perder o resultado de um processo de capacitação coletiva: os pesquisadores que coordenaram o suporte em bio-informática - os professores Dr. João Meidanis e Dr. João Carlos Setúbal vinham de trajetórias acadêmicas particulares, trilhadas por interesse e iniciativa própria. À época em que resolveram se empenhar em estudos de bio-informática, a posição institucional destes pesquisadores ficou bastante comprometida. A opção por lidar com computação de dados biológicos foi um ato um tanto corajoso, já que *"o main stream do Departamento onde sou docente não comportava este tipo de pesquisa, porque não estava propriamente inserida nos padrões científicos aqui vigentes"*¹⁰⁴. Durante o PGX o grupo de pesquisadores cresceu, e é de mais de quinze pesquisadores em nível de iniciação científica e mestrado. A demanda por profissionais na área aumentou muito, porque se

¹⁰⁴ Transcrito da entrevista concedida pelo Dr. João Meidanis à esta autora.

iniciaram novos projetos e outros consórcios entre estados. Uma reportagem no jornal Folha de São Paulo do dia 13 de Julho deste ano aponta como *já faltam especialistas em bioinformática* no Brasil e no mundo.

O processo de gestão do PGX também significou capacitação profissional e exercício de competência institucional para a agência de pesquisa e para os laboratórios de sequenciamento, porque seu equacionamento envolveu questões científicas, tecnológicas e legais. As discussões éticas e legais travadas durante a definição das condições de propriedade intelectual, de utilização de materiais biológicos, licenciamento de uso e protocolação de técnicas representam uma forma de exercício gerencial, no qual foram envolvidos atores da universidade e do governo.

Os mecanismos legais que asseguram a formação de consórcios de pesquisa e a contratação de trabalhos de investigação conduzem ao problema de como estão estruturadas as instituições públicas de pesquisa, e se esta estrutura permite interação com os setores econômicos. O Prof. Dr. Fernando Reinach, no artigo "*Despreparados para o Sucesso*"¹⁰⁵, discute o "despreparo" institucional das universidades para lidar com os nexos comerciais da ciência, que envolvem competição e retornos financeiros para os pesquisadores de projetos tão bem sucedidos como foi o PGX. Segundo ele, que foi um dos mentores do PGX, evitar a evasão de cientistas depende de se "*buscar remuneração compatível com sua expertise*", o que pode significar enfrentar os "*desafios da iniciativa privada*". Mas, para a pesquisa pública, fica a urgência em "*desencadear as mudanças necessárias no nosso sistema de ciência e tecnologia*".

É verdade que a estrutura da universidade é "engessada", dificulta o estabelecimento de convênios, e que esta é uma questão do nível institucional acadêmico a ser encaminhada. Mas o foco do problema não é apenas a estrutura ou a cultura acadêmica vigentes, mas também a falta de iniciativas empresariais capazes de remunerar este trabalho adequadamente, firmando acordos cooperativos no empreendimento de pesquisas conjuntas com a universidade. Poucas empresas nacionais têm condições de participar deste tipo de empreendimento, e as empresas internacionais têm sua dinâmica ditada por interesses fora do país. O candidato natural ao exercício da interação universidade-empresa é a própria Fundecitrus, já que pode ser beneficiária das tecnologias de resolução da CVC desenvolvidas a partir do PGX.

¹⁰⁵ Jornal Folha de São Paulo, Maio de 2000.

Assim, a revisão do contexto de formulação e implementação do PGX nos mostra os ganhos científicos deste projeto, mas aponta para as questões que este novo modelo de produção científica suscita. São questões relativas à manutenção de recursos humanos, de propriedade intelectual, de organização da pesquisa e de estrutura institucional que comportem a evolução desta rede de pesquisadores científicos para uma rede de modernas biotecnologias. Chega-se à constatação de que este é um assunto do âmbito das relações entre universidade, empresa e governo, especificamente na área da moderna biotecnologia, e que necessita ser verificado nas dimensões privada, profissional e pública destas associações.

4.2. A dinâmica de pesquisas criada pelo PGX e seu entorno tecnológico

A segunda questão central debatida nesta dissertação diz respeito à possibilidade dos resultados do sequenciamento da *X. fastidiosa* reverterem em termos de resolução do problema da CVC, uma vez que o PGX resultou na extensão dos conhecimentos sobre o agente patogênico e a efetiva criação de recursos humanos para pesquisa em genômica.

O Capítulo 3 demonstra como a produção de resultados comercializáveis em genômica, no caso dos EUA, depende do equacionamento de alguns fatores – como integração de esforços de pesquisa e desenvolvimento, implementação de mecanismos de financiamento e de promoção de recursos humanos de gestão da rede de inovações. A produção científica e seus desdobramentos em áreas complementares apresentam retornos porque são utilizados inúmeros mecanismos de aproximação da indústria com a pesquisa acadêmica pública - de forma a consolidar muitas aplicações tecnológicas na forma de novos processos e novos produtos.

O caso do PGX é analisado *vis-a-vis* a rede de genômica e biotecnologia dos EUA, não porque se pretenda considerar este último como modelo a ser seguido, mas porque, no estágio em que se encontra, deve ser avaliado como possível paradigma da produção científico-tecnológica de uma área emergente como a genômica.

Como resultado das condições instauradas pelo PGX, a Fapesp tem hoje um extenso programa de pesquisas, como o Genoma Cana, o Genoma *Xanthomonas* e o Genoma Câncer. A visibilidade social destes esforços vem aumentando, como se pode inferir a partir da multiplicação do número de artigos publicados sobre eles em jornais e revistas, do aumento do número de entrevistas concedidas por atores da agência de fomento e da criação e outorga de um prêmio do Governo estadual - a

Medalha Paulista do Mérito Científico e Tecnológico - para os pesquisadores envolvidos. Este cenário é o resultado de um aumento das expectativas em torno do futuro da genômica no Brasil e da importância da comunidade científica paulista na construção futura do conhecimento na área. Com a adesão de maior número de laboratórios no território nacional às atividades iniciadas a partir do PGX, a busca por soluções biotecnológicas para a agricultura pode vir a consolidar um modelo de aproximação entre governo, empresa e universidade. Para um país com históricas deficiências e descontinuidades e uma boa dose de incompreensão destas relações e na importância da tecnologia como fator de competitividade - a cooperação entre o setor de cítricos e as pesquisas sobre o CVC, uma vez coroada de êxito, poderá vir realmente a ser um exemplo que produza seguidores¹⁰⁶.

Para que isto aconteça, não basta apenas obter novas técnicas científicas e instalar competência em termos de recursos humanos, como é o caso do sequenciamento de DNA da *X. fastidiosa*. Há que se focalizar em que estado está a correlação de forças de negociação dos grupos de pesquisa e da agência de fomento em termos de regras de apropriabilidade dos resultados tecnológicos, da discussão sobre legalidade, ética e valor social desta pesquisa. Uma vez que a produção de conhecimentos envolve instituições de caráter e natureza diversos, como a indústria e a universidade, muitas questões estruturais da negociação e contratação de fases mais "tecnológicas" da pesquisa devem ser avaliadas.

Dois grupos de questões serão analisados. O primeiro é relativo à história instável de relações entre universidade e empresa no Brasil, e a justa colocação do setor de cítricos nesta história. No segundo grupo, estão os aspectos da correlação de forças de negociação entre os grupos de pesquisadores acadêmicos que desenvolvem, hoje, pesquisa em genômica no país, e seus pares, dentro da universidade brasileira e na comunidade científica internacional.

4.2.1. Dificuldades das relações universidade- empresa -governo no Brasil

No Brasil, como na maioria dos países da América Latina, as políticas industriais tradicionalmente fundaram-se no protecionismo. Estas tentativas de proteção às "empresas nacionais" visavam permitir a instalação de novas indústrias, e que estas pudessem ser poupadas da competição internacional até que estivessem em patamares mais confortáveis para a competição. Desde a

¹⁰⁶ É interessante lembrar o que sempre diz a Professora Sandra Brisolla, que orienta este estudo: “*tecnologia não é apenas um conjunto de máquinas mais eficientes, mas sim toda uma transformação do modo de produzir, exigindo investimento em capacitação e novas relações de trabalho, e isso exige modificação da estratégia e da postura empresarial*”.

década de 30, mantém-se uma política econômica de substituição de importações, de privilégio da produção para o mercado interno e, a partir dos anos 50 instala-se um sentimento nacional de que a produção de C&T também deveria acompanhar estas disposições, sendo subsidiada e voltando-se "para dentro". Apostava-se que o mercado interno seria suficiente para garantir o crescimento e manutenção do dinamismo econômico. A responsabilidade da opção "protecionista" em gerar a crise, iniciada ao final da década de 70, é um dos mais polêmicos assuntos da história econômica recente deste país e das tentativas de levá-lo ao desenvolvimento¹⁰⁷. Mas, por uma combinação de fatores, desde a falta de significativas políticas de educação, passando por desacertos de políticas fiscais e flutuações do volume e qualidade de investimentos em pesquisa acadêmica¹⁰⁸ e desenvolvimento tecnológico, e também devido à conjuntura internacional desfavorável, as políticas de C&T no país se mostraram, em sua maioria, pouco funcionais.

A história de desenvolvimento baseado na importação de tecnologia, com muito pouca tradição de produção interna de novos produtos ou processos, só agrava mais esta situação. Por certo, a importação de tecnologia é um fenômeno universal. Todos os países, mesmo os que produzem boa parte da tecnologia, importam parcelas mais ou menos expressivas da tecnologia utilizada em sua estrutura produtiva. A questão é como negociar a participação da utilização da capacidade interna da produção científica e tecnológica¹⁰⁹.

As causas da falência das políticas intervencionistas de desenvolvimento tecnológico nos países da América Latina, segundo Etzkowitz & Brisolla (1998), devem-se a um conjunto de fatores. Muitos países asiáticos tiveram sucesso em promover a aquisição de capacidades tecnológicas industriais aliando políticas de C&T à opção por políticas de melhoria de produtividade de pequenas e médias empresas, voltadas para a participação do mercado internacional, forçando o desenvolvimento de inovação¹¹⁰. Na América Latina, frente ao tamanho do mercado interno, as empresas se voltam para dentro, e o protecionismo se torna uma barreira para a concorrência e a criação de demanda por inovação. Os autores apontam que este processo foi sustentado, tanto no caso brasileiro quanto

¹⁰⁷ O protecionismo não é exclusivo dos países em desenvolvimento, tendo servido para proteger a indústria também nos países centrais - nos EUA principalmente - e é utilizado até hoje na proteção dos mercados contra a concorrência de produtos tradicionais exportados pelos países em desenvolvimento.

¹⁰⁸ Apesar de que, em certos momentos, como no início do período do governo militar, não poderiam ser consideradas desprezíveis as iniciativas neste sentido.

¹⁰⁹ Agradeço à minha professora orientadora o auxílio para a elaboração deste parágrafo.

¹¹⁰ Muito importante foi a política de alianças do governo japonês em relação a estes países com a finalidade de conquistar mercados, atitude bem diferente daquela adotada pelos EUA em relação aos países da América Latina.

no coreano, por exemplo, por políticas intervencionistas que privilegiavam seletos grupos com recursos financeiros. Na Coréia, o retorno dos investimentos financeiros de origem pública foi alto, o que garantiu novos investimentos em educação e P&D fossem realizados¹¹¹. Já na América Latina, o Estado assumiu os prejuízos da má administração dos recursos investidos pelo setor privado e passou por um longo processo de endividamento internacional. A crise político-econômica que se inicia nos anos 80 inviabiliza a manutenção da média de investimentos em educação, que já vinha sendo deteriorada desde a década de 60, e do investimento em P&D feito até os anos 70.

Apesar desta história, nos anos 80, algumas empresas estatais, como a Telebrás, estabeleceram e mantiveram intensos relacionamentos com os centros de produção científica¹¹². Estudos de caso dos setores de telecomunicações (Brisolla, 1999), sobre o papel das relações entre universidade e empresa, mostram que o exercício destas interações entre empresas estatais, ou de muitas empresas de capital nacional, com a universidade elevou o patamar de capacidade de resposta empresarial a demandas variadas. Nos dois períodos analisados, 1980-85 e 1985-90, os recursos envolvidos nos contratos da universidade com o meio externo - e que são indicadores de cooperação - aumentaram com a elevação da atividade econômica. Por outro lado, os serviços de telecomunicações no país aumentam sua qualidade e a extensão da rede nos anos 70 e 80.

Nos anos 90, a mudança de perspectiva da política econômica que atinge o Brasil segue o ritmo liberalizante mundial. Instala-se um processo progressivo de retirada do Estado e das empresas estatais de prestação de serviços públicos, inclusive as que requerem base tecnológica avançada. O processo de internacionalização da economia provoca, ao contrário do que o paradigma do não-

¹¹¹ H. Etzkowitz e S. Brisolla apresentam uma revisão dos investimentos da Coréia em educação, que passam de 2,5% em 1951 para 22 por cento nos anos 80. O governo coreano cria universidades tecnológicas baseadas no modelo do MIT americano e investe pesadamente em P&D. Políticas fiscais, monetárias e comerciais provêem sustentação financeira para estas atividades. Segundo dados secundários obtidos em Canuto, 1994, os autores apresentam dados sobre o brutal crescimento das taxas de investimentos agregados em P&D na Coréia: de US\$28 milhões nos anos 50 para US\$2,3 bilhões em 1987. No mesmo período, a alíquota de P&D do PNB passou de 0,32 para 1,93. Enquanto a previsão coreana para o ano 2000 é de investimentos de 5,0% do PNB em P&D, o Brasil deve investir entre 1,5 e 2,0% do PNB em P&D.

¹¹² Brisolla, S.N., 2000. *"The sad story of globalization: reduction of university-industry cooperation as a result of liberalization, privatization and governmental cutbacks in Brasil"*. Artigo apresentado no *Third Triple Helix Conference*, Rio de Janeiro, 2000. Neste artigo, a autora apresenta os resultados de alguns estudos de caso da Universidade de Campinas, que comparam as taxas de relacionamento entre universidade e empresa nos períodos de 1980-85, 1985-90 e 1990-95. Outros estudos do mesmo tipo, executados no âmbito do Programa de Pesquisas sobre Educação e Trabalho, Qualificação e Produção, com financiamento da Finep e CNPq, conduzem a resultados semelhantes.

protecionismo prevê, uma acentuada queda do número e valor total e médio de contratos com as empresas estatais¹¹³.

A aplicação tecnológica dos resultados do PGX pode significar uma retomada da dinâmica de interações entre universidade e empresa. Primeiro, porque o Projeto atingiu seus objetivos primários de capacitação de pesquisadores. Segundo, porque como caso bem sucedido de formulação, implementação e gestão de política científica, adquiriu uma visibilidade pública há muito não alcançada por um projeto de cunho acadêmico e resultou na criação de recursos humanos para atividades em biotecnologia. Terceiro, porque a genômica apresenta um claro caráter tecnológico: se assim não fosse, não estaríamos evidenciando o interesse mundial e maciço da indústria farmacêutica, biotecnológica e de produtos e insumos agrícolas e veterinários, pela produção de conhecimentos acadêmicos. Nem tampouco estariam sendo aplicados múltiplos esforços de manutenção de recursos financeiros e de legalização na esfera da governabilidade da rede americana de genômica..

O setor de cítricos, maior beneficiário das prováveis tecnologias de contenção da CVC, é composto por centenas de produtores agrícolas e cinco grandes produtores de suco, três dos quais, empresas multinacionais. A Cargill/Monsanto é uma delas e é a empresa que lidera o mercado mundial de sementes e insumos agro-pecuários. A Searle, subsidiária farmacêutica da Monsanto, possui uma subsidiária de produção de equipamentos de laboratório, a Pharmacia-Searle, principal fornecedora dos sequenciadores de DNA dos projetos Genoma Cana e Genoma Câncer e Genoma *Xanthomonas* da Fapesp.

Afora as históricas relações conflituosas entre pequenos e médios proprietários de plantações de cítricos com as empresas industriais nas negociações de preço da caixa de laranja e das condições e ônus do transporte do produto até os centros de beneficiamento, as grandes empresas possuem grande autonomia de negociação de preços no mercado mundial e excelentes condições de escoamento da produção, no porto particular nas docas de Santos. Qualquer melhoria das condições de produção agrícola e de produtividade beneficia indiretamente a indústria oligopólica de sucos, formada por uma maioria de subsidiárias de empresas multinacionais.

¹¹³ Brisolla, S.N. , 1999. "*Relações Universidade-Empresa: como seria se fosse*" in: Interação Universidade-Empresa, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Brasília.

As empresas industriais de produtos agropecuários, como a Monsanto, instalaram-se no Brasil já na década de 50, apresentando ao longo destas últimas décadas uma taxa de interação quase nula com os centros locais de produção científica. As empresas subsidiárias de transnacionais farmacêuticas e de insumos agropecuários tradicionalmente não realizaram P&D nos países periféricos. A geração de inovação tecnológica foi essencialmente exógena e as barreiras à entrada de novos concorrentes foram negociadas com as elites locais, em troca de favores fiscais (Bertero, 1992). Atualmente, nos EUA, a subsidiária Searle/Monsanto investe mais de US\$ 1,5 bilhões ao ano em P&D no setor farmacêutico e veterinário.

Já o setor agrícola de cítricos paulista, independente da sua composição empresarial e de produtores rurais, construiu uma relação histórica com os centros de C&T regionais. O Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", do Instituto Agrônomo de Campinas, por exemplo, foi criado com a finalidade de produzir conhecimentos e tecnologias de melhoria das condições agrônômicas e agrícolas de cítricos no início deste século.

Chega-se à conclusão de que há um comportamento diferencial, em termos de busca de C&T, entre produtores de laranja e a indústria de sucos no período anterior ao PGX. A base agrícola de produção de matéria prima para sucos comporta-se como corporativismo societal, buscando conhecimentos e desenvolvendo tecnologias próprias, principalmente na resolução de problemas fitopatológicos. A indústria de sucos, que exporta uma *commodity*, não apresenta demanda por novas tecnologias, nem em termos de engenharia de produção, nem no que diz respeito às características da matéria prima - o suco, com suas atuais características, é bem aceito no mercado mundial. Ao setor industrial, vinculado a grandes conglomerados multinacionais, que nunca investiram em P&D no Brasil, interessam melhorias nas tecnologias de produção local na base agrícola.

O PGX foi financiado a partir de recursos públicos da ordem de US\$ 15 milhões, e a contrapartida da Fundecitrus foi de US\$ 500 mil. Estes recursos não são nada significativos, se comparados aos US\$ 2,0 bilhões que a Monsanto, matriz da Cargill, dispense em P&D *in house* e em contratos com centros de pesquisa públicos e privados, nos EUA¹¹⁴.

¹¹⁴ Um exemplo é o CEPRAP, que está descrito no Capítulo 3, tópicos 3.1.2. e 3.1.3.

J. Furtado¹¹⁵ demonstra a queda da interação das filiais de multinacionais com as empresas e as economias nacionais onde estão inseridas e um estreitamento na relação com a matriz. A baixa cooperação pode ser tomada como indicador de baixa atividade local de P&D. Segundo S. Brisolla (1999), outros estudos semelhantes permitem concluir que, "*processos contraditórios também parecem estar ocorrendo, onde algumas empresas estão tratando de aproveitar recursos nacionais de pesquisa para certas atividades de desenvolvimento, até porque são mais baratos do que os encontrados na matriz*".

Causa estranhamento, no entanto, que as empresas da indústria de suco, que são, na maioria, subsidiárias dos conglomerados que mais investem em pesquisa em biotecnologia no mundo, não tenham sido parceiros mais significativos em termos de recursos financeiros para o PGX, já que novas tecnologias de melhoria de produtividade lhes são tão vantajosas. Se a atitude dessas empresas foi, no passado, devida à descrença na ciência produzida nos países periféricos, ela foi revertida com o sucesso do projeto de genômica paulista e da qualidade de seu trabalho, o que fica provado com a contratação da Rede ONSA para sequenciar o DNA de uma cepa de *X. fastidiosa* que ataca as uvas na Califórnia.

4.3. O potencial e os obstáculos para a formação de redes de inovação em biotecnologia

A terceira questão central desta dissertação propõe-se a discutir o potencial e os obstáculos para a formação de redes de inovação¹¹⁶ em biotecnologia no Brasil, dadas as dinâmicas de produção de conhecimentos em genômica e a criação de recursos humanos em escopo e escala proporcionadas pelo PGX. Esta discussão está voltada para o futuro da genômica no Brasil. Não se discute se o PGX foi capaz de gerar uma rede de inovações, até porque é um programa de pesquisa inaugural, e seu objetivo primordial foi o de capacitar pessoal científico. O que está em jogo é discutir *como* os

¹¹⁵ "La transformation des conditions d'insertion des économies a l'industrialisation tardive dans l'économie mondiale: un examen des facteurs généraux suivi de leur particularisation dans cinq secteurs industriels. Paris, 1997. Tese de doutorado (Doctorat de Sciences Économiques) - U.F.R. de Sciences Économiques e de Gestion, Université de Paris XIII. Citado em Brisolla, S., 1999.

¹¹⁶ A Rede de Inovação é um particular e ímpar sistema econômico. Sua complexa estrutura se estabelece a partir de cooperação formal e informal entre as esferas do mercado e da produção de ciência e tecnologia. Seus limites nem sempre coincidem com os das economias nacionais, mas dependem da manutenção de acordos de reciprocidade e confiança entre os componentes da rede. Sua morfologia depende de inúmeras categorias de laços entre seus componentes, como, por exemplo, a divisão de custos e riscos da P&D. A manutenção destes vínculos é vantajosa porque permite a incorporação de conhecimentos científicos na forma de tecnologias de processos e produtos capazes de agregar valor aos bens e serviços produzidos, o que se pode traduzir em crescimento do mercado.

resultados do PGX agendam as questões sobre os nexos entre C&T, de modo que o processo de desenvolvimento científico não estacione na fase de sequenciamento de DNA.

A cristalização de uma massa crítica anteriormente inexistente no país, que agora é capaz de produzir resultados científicos na fronteira do conhecimento, instaura nexos profundos entre os pesquisadores brasileiros e seus pares no exterior. Além disso, é preciso criar mecanismos de aproveitamento das tecnologias geradas por esta rede pelo setor produtivo, seja por empresas nacionais, ou mediante a constituição de *joint-ventures* com empresas transnacionais. Reafirma-se a idéia de que estas últimas não transformem a universidade em braço operacional do mercado, mas que a produção de conhecimentos no âmbito acadêmico, que recebe recursos públicos, ganhe ainda mais legitimidade porque é capaz de oferecer melhorias para as condições sociais, econômicas e culturais da sociedade em que está inserida. A rede de biotecnologia é a forma de organização de pesquisa e desenvolvimento de produtos que pode garantir retornos e vantagens para o conjunto da sociedade.

A teoria das redes entende que cooperando, as empresas tornam-se menos dependentes dos mercados e das formas hierárquicas de dirigibilidade. Aponta as formas de alianças estratégicas e a sub-contratação como solução para os altos custos, riscos e as incertezas presentes nos setores produtivos intensivos em ciência. "*(As Redes)*¹¹⁷...constituem uma estrutura mais flexível e descentralizada do que a dos empreendimentos tradicionais de integração verticalizada" (Guedes, 1999).

O grande número e a força das novas patentes e o florescimento das empresas de genômica no mercado internacional demonstram que os esforços de integração dos interesses científicos e tecnológicos vêm sendo justapostos. A aproximação com a indústria resulta num sistema de contratação e re-contratação de pesquisa, de forma que a produtividade dos programas de capacitação de pessoal científico aumente, e cresça o número de pesquisas complementares e de testagem de novos

¹¹⁷ A Rede de Inovação é um particular e ímpar sistema econômico. Sua complexa estrutura se estabelece a partir de cooperação formal e informal entre as esferas do mercado e da produção de ciência e tecnologia. Seus limites nem sempre coincidem com os das economias nacionais, mas dependem da manutenção de acordos de reciprocidade e confiança entre os componentes da rede. Sua morfologia depende de inúmeras categorias de laços entre seus componentes, como, por exemplo, a divisão de custos e riscos da P&D. A manutenção destes vínculos é vantajosa porque permite a incorporação de conhecimentos científicos na forma de tecnologias de processos e produtos capazes de agregar valor aos bens e serviços produzidos, o que se pode traduzir em crescimento do mercado.

produtos. Este círculo se apresenta de forma virtuosa: os ganhos retornam para o setor público de financiamento de pesquisa, que pode exercer cada vez mais seu papel de fomento à C&T.

O estudo das redes americanas – apresentado no Capítulo 3 - fornece evidência de que a arquitetura de organização das pesquisas em genômica é o fator crucial da geração de modernas biotecnologias. A integração de esforços de genômica e biotecnologia encaminham providências de três tipos. São eles:

a) Integração das pesquisas em genômica com os negócios de desenvolvimento de biotecnologias – representada por acordos e cooperação para pesquisa, capacitação de pesquisadores e educação continuada e pelos programas inter-institucionais de pesquisa básica vinculados ao desenvolvimento de novos produtos.

b) Formas de financiamento e de captação de recursos financeiros que permitem a continuidade e expansão da rede – representadas pelos mecanismos públicos de fomento à pesquisa básica, investimentos privados em consórcios de pesquisa com o setor público e captação de fundos alternativos - como capital de risco para a geração de novas empresas.

c) Estrutura institucional que sustenta a interação entre universidade, indústria e governo – dada pelas formas de legislação e legalização das questões de propriedade intelectual, contratação de pesquisa, garantias de patenteamento e de retorno do investimento. A manutenção desta estrutura depende de recursos humanos e competências institucionais que executem a gestão de programas e projetos inter-institucionais e multi-disciplinares de forma a instaurar uma rede de inovações.

4.3.1. Integração de C&T: pesquisas em genômica e os negócios de desenvolvimento de biotecnologias

Como se pode apreender das análises da rede americana de genômica e biotecnologia, a estrutura e o fluxo de programas de capacitação, nas suas dimensões locais e nacionais, revelam-se indicadores de proximidade entre atividades de pesquisa e de desenvolvimento. Estas atividades demonstram que a colaboração entre instituições acadêmicas e empresas de biotecnologia resulta em aprendizagem científica e aprendizado institucional. O estabelecimento de contratos de pesquisa, de acordos cooperativos, de aproximação interinstitucional via utilização de equipamentos e instalações comuns, de programas públicos, privados e mistos de educação e capacitação de pessoal científico e da criação de competências institucionais, têm um suporte legal estruturado de forma a garantir benefícios para o setor público e para o privado.

Inúmeros indícios de integração de esforços de capacitação de pesquisadores e de aplicação de biotecnologias estão materializados em casos como o do *National Cancer Institute* (NCI)¹¹⁸, do *Center of Engineering Plants Against Pathogens* (CEPRAP)¹¹⁹, entre outros. A aproximação interinstitucional é visível através do número e dos tipos de vínculo entre programas de pesquisa e atividades de geração tecnológica. Os mecanismos contratuais¹²⁰ trazem resultados financeiros para o setor público, que investe pesadamente em pesquisa básica, como evidenciam os dados a respeito de número e citações de patentes dos *Consumer Health Indicators* (CHI) e do *Science Citation Index* (SCI). O setor público comanda várias iniciativas de desenvolvimento de técnicas de pesquisa na fronteira do conhecimento, de integração de esforços de C&T, como o *Joint Genome Institute* (JGI), e de manutenção de órgãos deliberativos mistos entre academia, empresa e governo, como o *Biotechnology Interlaboratory Council* (BIC).

O PGX alcançou seu objetivo primário de capacitação de pesquisadores. A criação da Rede ONSA é um passo muito significativo na implementação dos mecanismos de comunicação entre pesquisadores, porque materializa as dinâmicas da produção científica, a comunicação, colaboração e aprendizado entre pesquisadores, no âmbito nacional e internacional. É um mecanismo eficiente para manter relações pervasivas entre os setores nacional e internacional de pesquisa em genômica. Assim, pode-se considerar que o PGX foi absolutamente funcional, enquanto projeto de fomento à ciência colaborativa, que é a forma essencial de organização dos trabalhos de genômica.

Quanto à integração com o setor produtivo de cítricos, a instalação do Genoma Funcional avança bastante no que tange a busca por elementos científicos da fronteira tecnológica. De qualquer forma, deve-se levar em conta que a adaptação das investidas de aproximação com a indústria, no caso brasileiro, obriga-nos a não descuidar do fato de que *o caráter estrutural do complexo de C&T é inerente à nossa condição periférica e é determinado por um processo de desenvolvimento que não tem levado à inovação tecno-produtiva* (Dagnino & Thomas, 1998). A empresa local não apresenta tradição de participação no cenário de C&T, como mostram dados realistas sobre os gastos de P&D empresarial no Brasil¹²¹. O setor de cítricos, ator principal deste estudo de caso, investiu US\$ 1,7

¹¹⁸ NCI : setor 3 do mapa do *Human Genome Project* do Capítulo 3, tópico 3.2.3.2.

¹¹⁹ CEPRAP: rede de pesquisa básica e qualificação em genômica de vegetais nos EUA, tópico 3.2.1.

¹²⁰ Mecanismos de transferência de tecnologia vigentes nos EUA, resumidos na tabela 3.2.1., página 87.

¹²¹ Desde o início da década de 90, as empresas brasileiras investem menos de 30% do gasto total - de 1% do PIB, enquanto, no Japão, as empresas gastam cerca de 70%.

milhões em P&D¹²², incluindo o PGX. Não foi possível saber o quanto isto equivale em termos da porcentagem de faturamento total das empresas, porque estes dados não foram disponibilizados pela Fundecitrus. Em termos da parceria com a Fapesp, o setor apresentou uma contrapartida de 3,2% dos gastos com o PGX, mas a impressão que a comunicação social a respeito desta parceria fornece é muito maior.

O oligopólio brasileiro de suco cítrico, composto por quatro corporações multinacionais que realizam intensas atividades de P&D nos seus países-sede, e uma grande empresa nacional, têm condições de participar da geração de tecnologias para levar a cabo a resolução do problema da CVC. Neste caso, a parceria entre governo e empresas, em termos de recursos de financiamento, tem maiores condições de se firmar, mas é preciso disposição por parte da indústria em contribuir com porcentagens razoáveis do investimento. Caso isto não aconteça, algumas destas corporações poderão desenvolver tecnologias em seus próprios laboratórios, como é o caso da Cargill (Monsanto), líder mundial de mercado no setor de insumos para agricultura, que gasta 2,0 bilhões ao ano em P&D. Neste caso, a ponte entre a produção de conhecimentos e o mercado será feita sem que seus principais agentes, os centros de pesquisa brasileiros, possam usufruir das vantagens que resultaram do seu próprio trabalho.

A melhor forma de encaminhar estrategicamente esforços de integração de C&T é criar estruturas funcionais de organização da pesquisa com o desenvolvimento de tecnologias, como os “Centros de Inovação” recentemente criados pela própria Fapesp. Já que, no Brasil, o setor público de pesquisa é o principal *locus* de produção científica, seria interessante buscar mecanismos de contratação de pesquisa colaborativa entre a universidade e a indústria que melhorem o aporte de recursos financeiros para atividades científicas.

A falta de liderança empresarial brasileira capaz de estabelecer este tipo de *joint ventures* é o núcleo da dificuldade em instaurar relações entre universidade e empresa neste país. Nos países em desenvolvimento, “as empresas, quando desejam introduzir novas tecnologias, buscam informação na literatura correspondente das empresas transnacionais” (Brisolla, 1999). Este fator contribui para o agravamento da situação descrita no parágrafo anterior. Esta condição geral das empresas brasileiras fica muito mais séria para o caso de empresas nas quais a inovação tecnológica seja um fator decisivo de crescimento da receita e dos lucros. Empresas de base tecnológica são uma minoria

¹²² Dados fornecidos pelo Fundecitrus.

no Brasil, o que é um reflexo da fragilidade do sistema de Pesquisa e Desenvolvimento neste país, principalmente no que diz respeito ao P&D empresarial ¹²³. Se a pesquisa for da fronteira científica, como a genômica, as dificuldades também serão extremas, levando-se em conta os três gargalos já apontados. Como, então, promover o interesse de empresas brasileiras pelo negócio de biotecnologias derivadas de genômica ?

Coloca-se, neste momento, a discussão da eventual oportunidade de que se instrumentalize, via ação do setor público, um empreendimento de cunho tecnológico em parceria com a indústria de sucos. Através dele, poderão ser garantidas as condições de manutenção de recursos humanos, de articulação entre os interesses dos dois setores, que devem investir em pesquisa de forma a obter retornos para re-financiamento de capacitação e mais pesquisa. Não apenas deve-se buscar estabelecer relações universidade-empresa com indústrias nacionais, mas também através de associações com empresas internacionais. Isto vale para o caso específico do controle do "amarelinho" e para o futuro desenvolvimento de quaisquer outros programas de C&T em genômica no país. Alternativamente, pode-se negociar em melhores condições a apropriabilidade dos resultados da pesquisa, assegurando parcelas percentuais dos ganhos obtidos pelas empresas beneficiárias dessa pesquisa quase totalmente pública, para a formação de um Fundo que reverteria para a própria área da genômica.

No caso do PGX, não foram encontradas evidências significativas de mudança da organização da pesquisa, uma vez que não há historicidade suficiente que permita comparar "velhas" e "novas" estruturas de produção científica. Mas é preciso levar em conta a influência pervasiva que os novos modos da pesquisa empresarial internacionais possam ter sobre as práticas acadêmicas. Nos países centrais, estudos sobre as novas formas de organização da pesquisa e seus efeitos sobre a vigência de normas científicas mostram que *"Cientistas acadêmicos cada vez mais levam em conta valores econômicos dos resultados que obtêm em suas pesquisas; ao mesmo tempo, a universidade se move para uma posição institucional central na sociedade, como parceiro da indústria e do governo nos esforços em promover inovação tecnológica"* (Etzkowitz, 2000).

¹²³ Na década de 90, o investimento em P&D público foi de 0,75 % e o privado de apenas 0,06 % do PIB.
Fonte: ANPEI – Associação Nacional de P&D&E das Empresas Inovadoras.

O setor privado pode contribuir para a pesquisa realizada no âmbito da universidade também investindo em programas de educação e capacitação de recursos humanos, nos níveis do ensino de graduação e pós-graduação. Em cada caso, uma série de iniciativas especializadas podem materializar a vinculação entre a produção de conhecimentos e os setores produtivos. Programas *on line* de re-capacitação de professores, manutenção de *sites* interativos para o ensino de genética, auxílio de financiamento a bancos de dados em genômica, etc, são algumas possibilidades.

A organização da pesquisa no nível nacional é urgente, como forma, inclusive, de integração ao contexto internacional. O *Joint Genome Institute* - JGI - americano fez, na primeira semana de agosto deste ano, uma oferta de cumprir em 24 horas o sequenciamento de uma variedade da *X. fastidiosa* que causa a doença de Pierce nas videiras californianas, e causa prejuízos da ordem de US\$ 40 milhões. Este trabalho, que está a cargo da Rede ONSA, faz parte de um acordo de cooperação entre o Departamento de Agricultura dos EUA e a Fapesp, que se estende até 2001¹²⁴. A Fapesp não corre o risco de perda do contrato de pesquisa, porque um sequenciamento obtido com tal velocidade, como propõe o JGI, não apresenta condições de ser "anotado", ou seja, em tão pouco tempo não há como apresentar um mapa de genes e sua identificação em termos de tradução proteica. Este evento revela a importância estratégica do PGX no âmbito internacional, e impulsiona os esforços de integração entre pesquisa e desenvolvimento. É uma evidência da visibilidade científica do Projeto Genoma Fapesp e de sua posição de igualdade com outros projetos internacionais da mesma área, que faz parte da acirrada luta entre grupos de pesquisa por projetos interessantes e lucrativos.

4.3.2. Formas de financiamento e de captação de recursos financeiros

O aporte público de recursos de financiamento para pesquisa e educação nos EUA é muito maior. Mas, como no exemplo do *National Cancer Institute* – que consta do Capítulo 3 - o aporte de recursos privados a programas públicos de pesquisa chegam a ampliar em até 30% os recursos públicos. Os mecanismos alternativos de fomento à C&T, por exemplo, o capital de risco vem sendo fonte financiadora de consórcios de P&D entre instituições de pesquisa e empresas de pequeno e médio porte, para o desenvolvimento de biotecnologias na Comunidade Européia e nos EUA. Estas empresas, frequentemente fundadas por pesquisadores da rede pública, são importantes agentes de

¹²⁴ Jornal Folha de São Paulo, 5 de Agosto de 2000. Caderno FolhaCiência, p. A15, assinada por Marcelo Leite.

transferência de biotecnologias, e de internalização dos conhecimentos científicos gerados no país em inovações que melhoram a produtividade industrial ou originam novos mercados.

Para o caso brasileiro, uma combinação de mecanismos de financiamento seria uma opção. O setor público de pesquisas financia sub-projetos de cunho científico e no ambiente acadêmico, na fronteira do conhecimento, como as atividades de sequenciamento genômico. Os braços tecnológicos desta pesquisa - como estudos de *design* de biomoléculas capazes de bloquear a ação da *X. fastidiosa* - podem ser financiados em parceria pelo governo e indústria. A própria Fapesp já possui, para todas as áreas tecnológicas, uma linha de financiamento de projetos conjuntos com empresas de pequeno e médio porte, nos quais, em casos de risco tecnológico alto, a agência entra com até 70% dos recursos. Para a área de genômica, faz sentido que o parceiro industrial ofereça contrapartidas mais substanciais, já que se trata de conglomerados multi-nacionais.

Atividades de pesquisa conjunta entre academia e pessoal de P&D empresarial podem envolver, por exemplo, os testes de eficiência de novos produtos, gerando pequenas empresas nascentes de serviços biotecnológicos. Estas parcerias podem ser financiadas por fundos de capital de risco, da mesma forma como acontece nos países desenvolvidos, ou seus recursos podem ser obtidos através de mecanismos públicos ágeis e desburocratizados, preferencialmente liberados para projetos de curta duração, avaliados segundo critérios acadêmicos e da natureza do negócio e das condições oferecidas pela empresa para cumprir seus contratos de desenvolvimento tecnológico.

À indústria, que já participa do mercado de capitais, cabe financiar parte da pesquisa no ambiente acadêmico e fomentar a captação de fundos alternativos, como o capital de risco ou fundos setoriais.

À agência de fomento à pesquisa cabe agir de modo a possibilitar que o governo exerça seu papel fundamental na geração e no estabelecimento das regras de legalidade deste tipo de fundo, e, para isto, é preciso articulação com órgãos públicos do Poder Judiciário e Legislativo. As questões de propriedade intelectual não são, obviamente, fáceis de serem acordadas dentro de um sistema de relações complexas como este. Devem garantir retornos à empresa, na forma de novas tecnologias e melhoria da produtividade. O risco da evasão de cientistas e a conseqüente perda dos esforços da política de capacitação poderão ser evitados à medida que os pesquisadores, enquanto agentes de produção de conhecimentos, puderem capitalizar seus resultados de pesquisa, como co-proprietários de patentes e licenças de técnicas, e como prestadores de serviços de desenvolvimento de biotecnologias. A agência de fomento pode conseguir vantagens como proprietária de patentes e

pelo licenciamento de técnicas, o que serve de nova fonte de recursos para a sustentação da pesquisa básica e formação de recursos humanos. No setor público, a gestão de recursos financeiros a partir de fonte não-governamental, ou seja, a partir do mercado de capitais e do agenciamento de contratos de C&T produz, em longo prazo, competências institucionais imprescindíveis para a governabilidade da rede. Assim mesmo, pode-se partir do pressuposto que, ainda mais que nos países centrais, o financiamento à pesquisa nessa área vai depender fundamentalmente de fundos governamentais¹²⁵.

4.3.3. Competências institucionais e recursos humanos

Na rede de inovações há mais do que interações entre atores da esfera científica; há interações entre instituições de diferentes naturezas, com interesses específicos, onde se desenvolvem atividades de múltiplo caráter. A integração vertical e de comportamentos de cooperação, experimentados ao longo do desenvolvimento de projetos interinstitucionais, constitui oportunidade contínua para que sejam vivenciados ajustes de interesse (Pisano, 1991). Como resultado desta condição, o aprendizado institucional aumenta, tanto em termos de melhora da estrutura organizacional da pesquisa, como dos mecanismos de confiabilidade e cooperação dentro da rede.

A disposição teórica que fundamenta esta visão tem origem na economia evolucionista, que procura analisar como o contexto institucional conforma e delimita as estratégias corporativas. Localiza-se, mais especificamente, idéia da co-evolução entre formas organizacionais, tecnologias e instituições. As competências específicas encontram-se largamente enraizadas nas rotinas institucionais, e evoluem com o tempo, parcialmente como consequência do aprendizado interno, parcialmente em decorrência da mudança de ambiente.

Os conhecimentos e as habilidades para resolver problemas, depositados nestas rotinas, chamados de *competências nucleares*, são cumulativos, dificilmente transferíveis, e são considerados como *ativos intangíveis*.

Sob este pressuposto, os diferentes grupos que participam de uma rede de inovações devem ter passado por um processo de *aprendizado*, para que a transferência de conhecimento científico em aplicações tecnológicas seja eficiente. Assim, retorna-se à questão sobre a necessidade de aproximação de pessoal de P&D industrial, pesquisadores do setor público e atores da esfera governamental. Esta aproximação é necessária nas fases de agendamento e contratação da

¹²⁵ O Plano Pluri-Anual (PPA) do governo federal está, a partir do mês de Outubro de 2000, tomando realidade

pesquisa, busca por mecanismos de financiamento e de acordos sobre direitos de propriedade intelectual, durante o processo de construção coletiva das várias fases da pesquisa.

O desempenho de projetos de pesquisa em alianças estratégicas entre instituições públicas, privadas e semipúblicas, que se materializam na rede de inovações, proporciona exercícios de gerenciamento institucional e das inter-faces setoriais. A gestão bem sucedida de mecanismos de vinculação, de elaboração de instrumentos de contratação de serviços e controle de direitos de propriedade intelectual e das vantagens comerciais deles resultantes acaba por ser incorporada como *competência institucional*.

A funcionalidade da rede de inovações depende, desta forma, da disponibilidade de recursos humanos que operem estes mecanismos. Em termos de políticas públicas de C&T e das instituições de fomento à pesquisa, este exercício é essencial para fazer emergir mecanismos de avaliação intersetorial, que terão, certamente, grande utilidade para os formuladores de política.

Neste contexto, a debilidade das condições de negociação do grupo de cientistas frente às empresas que possam desenvolver biotecnologias decorre da ausência de *competências nucleares*, agravada pela precariedade das regras de apropriabilidade dos resultados de pesquisa nas esferas institucional e nacional. É preciso empreender um programa de pesquisa cooperativa que possa servir de oportunidade de aprendizado para a pesquisa cooperativa.

Devido à tendência internacional em tornar públicos os conhecimentos científicos, a ausência de parâmetros contratuais de propriedade intelectual pode permitir que apenas os grupos com capacidade econômica (e seus países) se beneficiem economicamente da produção científica produzida em nosso país. Esta desfavorável correlação de forças poderá abrir as portas para a evasão de cientistas para outros centros de investigação e, do ponto de vista institucional, fazer com que se esvaziem as competências gerenciais já alcançadas durante o PGX. Qual é o poder de fogo do time internacional? Apenas no âmbito dos EUA, são cinco as maiores instituições de pesquisa e comercialização de biotecnologias. Uma delas é o consórcio público do *Human Genome Project* e as outras quatro resultaram de *spin offs* dos projetos públicos. A tabela 4.1. mostra algumas características relevantes do *biotech business*, e a partir dele é possível constatar em qual patamar estão as pesquisas em genômica.

A associação de estratégias fala por si própria, quando se trata de comparar a capacidade de aproveitamento dos recursos utilizados no produto final biotecnológico. A dimensão do retorno pessoal e profissional que um sistema tão organizado pode trazer para um pesquisador não pode ser desprezada e explica o potencial de atração de pesquisadores que a rede americana apresenta.

A definição das questões de propriedade intelectual nas esferas acadêmica, nacional e internacional pode impedir que muito dos esforços de capacitação venham a ser perdidos, que os conhecimentos científicos gerados venham a ser utilizados por grupos de maior poder organizativo e econômico, sem qualquer contrapartida. Apesar de que as patentes ou outras formas de apropriação privada dos resultados de pesquisa financiada pelo setor público possam criar conflitos sobre transferência de tecnologias do setor público para o privado, múltiplas e competitivas formas de manutenção de interesses públicos devem ser discutidas,

Tabela 4.1. Instituições de pesquisa e comercialização de produtos de genômica nos EUA

Instituições	Maiores Parceiros	Estratégias	Financiamento (ano 2000) em US\$ milhões	Jornada-Chave	Vantagens Competitivas
Celera Genomics	Pfizer, Pharmacia, Novartis, Amgen & Takeda Chemical Industries	Venda de assinaturas de genomas depositados em bancos de dados	US\$ 900	Construção de um negócio sobre banco de dados em genômica	Extensivo sequenciamento de DNA; grandes volumes de capital.
Human Genome Sciences	SmithKline Beecham, Takeda-Chemical Industries, Schering Plough, Sanofi-Syntelabo e Merck	Desenvolvimento e comercialização de drogas baseadas em genômica; novas drogas para parceiros	US\$ 525	Trazer drogas baseadas em genômica para o mercado.	Patentes depositadas de mais de 7500 genes humanos; 3 drogas genômicas em testes clínicos.
Incyte Genomics	18 das 20 indústrias farmacêuticas líderes do mercado mundial	Permite acesso não-exclusivo para bancos de dados em genômica e vende licenças de acesso para clones representados nos bancos de DNA	US\$ 622	Transformar informações genômicas em negócios sustentáveis.	Extensa base de dados, que incluem seqüências gênicas, padrões de expressão proteica e variabilidade genética intra-populacional.
The Human Genome Project	NHGRI, DoE e Wellcome Trust	Sequenciamento, mapas e anotação de genomas	US\$ 112	Entendimento dos funcionamentos dos genes; discussão de questões éticas, sociais e legais relativos à genômica; capacitação de recursos humanos.	Obtenção de dados avaliáveis em 24 horas, sem custo e sem restrição, via GenBank. Financia estudos sobre questões éticas, legais e sociais.

BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Millennium Pharmaceutica	Bayer, Pharmacia, Pfizer e Eli-Lilly	Desenvolvimento de testes terapêuticos e médicos personalizados	US\$ 700	Internalização de biotecnologias; desenvolvimento de novas drogas e testes; obtenção de propriedade intelectual.	Mantém alianças com Empresas de desenvolvimento de drogas
-------------------------------------	---	---	----------	--	--

Fonte para elaboração: *Scientific American*, Julho de 2000, p. 44

formuladas e implementadas. Também é crucial manter o enraizamento do pesquisador nos locais em que este vem trabalhando, inibindo sua mudança para centros internacionais de pesquisa. Isoladamente, este é um aspecto positivo para as esferas pessoal e institucional; porém, é necessário mais do que isto para que o país tenha retorno do investimento público em capacitação científica. A aproximação entre a indústria e os centros de pesquisa, de forma a internalizar os resultados do sequenciamento da *X. fastidiosa*, poderá trazer retornos financeiros para indivíduos, instituições e governo.

Inúmeros estudos mostram que a pesquisa pública é a maior beneficiária da exploração da propriedade intelectual¹²⁶. O fortalecimento das questões de apropriabilidade demonstra, mais uma vez, ter ela função essencial no estabelecimento de redes, por meio de estratégias de negociação das vantagens obtidas através de produção científica na fronteira tecnológica. O consórcio completo pode, por exemplo, assumir estratégias de desempenho de venda de assinaturas dos genomas sequenciados pelo conjunto de laboratórios, já que, em grupo, a velocidade de mapeamento alcançada pode ser maior. Já o desenvolvimento de novos produtos tecnológicos pode ser realizado através de pequenos grupos dentro de cada laboratório, especializados em proteômica. Assim, a concessão de licenças de utilização de bancos de dados tem sempre um grande contingente de produção, ao mesmo tempo em que se avança nas técnicas mais fortemente ligadas à fase de comercialização de novos produtos. A vantagem competitiva resultante da articulação destas capacidades é maior do que a resultante da somatória das capacidades individuais, e a rede pública pode passar a se comportar como uma empresa, na qual todas as filiais são capazes de desempenhar a parte do trabalho que lhes garante a base da competitividade, mas que negociam ponto a ponto os diferenciais individuais para benefício de todos.

¹²⁶ Nesta linha de busca de evidências a respeito dos retornos financeiros da pesquisa pública podem-se verificar estudos de fôlego, como o de Carole Ganz-Brown - "Patent policies to fine tune commercialization of government-sponsored university research" in: *Science and Public Policy* vol.26, nº6, pp.403-414, 1999 e o de Francis Narin, Kimberly Hamilton e Dominic Olivastro, "The increasing linkage between US technology and public science" in: *Research Policy*, vol.26, pp.317-330, 1997.

A evolução do contexto histórico mostra o claro movimento de modificação do papel dos mecanismos de apropriabilidade do conhecimento tecnológico. A mudança de orientação está representada pela internacionalização do debate sobre patentes industriais durante a década de 80 e pelo aprofundamento desta orientação com o advento do GATT¹²⁷ e dos acordos Trip's¹²⁸, que acabam por instaurar a extensão das patentes para produtos e processos industriais. Segundo estas rodadas de acordos, que culminaram na criação da Organização Mundial do Comércio (OMC), os genes, como estruturas biológicas, não são patenteáveis. Mas os processos e produtos biotecnológicos deles derivados são inovações apropriáveis. Como o país que possui o maior contingente de biodiversidade no mundo, o Brasil deve despejar inúmeros esforços na compreensão destas questões, de forma a fechar acordos internacionais a este respeito que só venham a favorecer a manutenção das vantagens naturais que possui.

A elaboração dos contratos é outro fator decisivo para o sucesso destes projetos, porque devem contemplar a implementação da pesquisa e os direitos de participação de propriedade intelectual de todas as partes envolvidas, portanto, núcleos inter-institucionais, com a participação da universidade e da agência de fomento, apoiados por *expertise* específica, podem encaminhar as discussões destes instrumentos legais. No caso americano, 5% dos recursos brutos destinados às pesquisas são dirigidos aos ELSI¹²⁹ - Assuntos Éticos, Legais e Sociais, e o avanço destas disposições deve originar jurisprudência internacional na área. É urgente que este tipo de discussão seja encabeçada pelo governo, porque, afinal, o Brasil é o maior reservatório de biodiversidade do planeta e já faz parte do seletor grupo de produção de conhecimentos em genômica.

Finalmente, a união destes fatores projeta a capacidade de instaurar rede que depende da habilidade dos setores público e privado em estabelecer *joint ventures*. Este tipo de acordo só se efetiva quando existe competência institucional para executar projeto científico e suas interfaces com a gestão tecnológica, o que envolve capacidade em se relacionar, estabelecer contratos, avaliar projetos *ex ante* e *ex post*, tirando proveito de todas estas experiências. Os recursos humanos para o desempenho destas atividades são relativamente raros no Brasil. A rede requer um ambiente interdisciplinar, no qual pesquisadores da área científica devem também ser capazes de executar a gestão empresarial de seus projetos. Os pesquisadores do PGX já são capazes de empreender pesquisa científica

¹²⁷ *General Agreement on Tariffs and Trade.*

¹²⁸ *Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights.*

¹²⁹ *Ethical, Legal and Social Issues.* Dados do HGMIS – *Human Genome Management Information System*, 1998.

colaborativa, e são os naturais candidatos à execução de pesquisa de cunho tecnológico articulada com a empresa.

Muitos profissionais da área de biotecnologia da USP já mantêm vínculos com o setor produtivo, executando trabalhos nos NAPs, Núcleos de Apoio à Pesquisa, criados pela universidade para articular programas de pós-graduação e empresas. Programas do governo federal, como o RHAE, têm contribuído para um atendimento, ainda que de forma apenas razoável, à demanda por recursos humanos na área de biotecnologia. Os Fundos Setoriais do governo federal vêm sendo dirigidos à pesquisa científica com fins tecnológicos e vários Centros de Pesquisa, Difusão e Inovação (CEPID) forma recentemente formados, a partir dos Programas Especiais da Fapesp. Nestes últimos, há uma clara intenção em aliar pesquisa científica multidisciplinar e transferência de tecnologias: a criação destes centros prevê que a produção científica do instituto-sede apresente renomada *expertise* científica, apresente uma história de prestação de serviços à comunidade, encaminhe programas de educação continuada, desenvolva pesquisa de ponta, estabeleça relações com usuários, e enfim, seja capaz de gerar inovação. Onze CEPIDs estão recebendo recursos de financiamento da Fapesp, a maioria ligada à produção científica na área de ciências biológicas e da saúde. Ocupam os *loci* de instituições públicas universitárias ou de institutos públicos, como o Butantã, o Hospital A.C. Camargo-Fundação Antonio Prudente e o Centro Genoma Humano do Instituto de Biociências da USP. Este tipo de iniciativa poderá, realmente, ser indutora do desenvolvimento de modernas biotecnologias, uma vez que sua instalação prevê parcerias com empresas e organizações responsáveis pela implementação de políticas públicas. estimulam a criação de pequenas empresas inovativas cujos produtos incorporem as inovações resultantes da pesquisa. A história de relacionamentos com a comunidade, realizando tratamento contra o câncer, atendendo famílias portadoras de deficiências genéticas, ou desenvolvendo novos fármacos, soros e vacinas é a principal vantagem inicial destes centros, já que os indicadores de uma rede de inovações já se encontram presentes, e só necessitam ser fortalecidos.

Para o caso específico do PGX, seria interessante utilizar seus resultados, criando uma investida semelhante, específica para, por exemplo, levar a cabo a resolução do CVC, de modo que esta se tornasse uma iniciativa tão notória quanto é hoje a fase de produção científica de sequências gênicas da bactéria *X. fastidiosa*. A continuidade dos trabalhos de pesquisa de sequenciamento, em direção à resolução do problema da CVC depende do fomento à criação de redes de genômica em vegetais; em

contrapartida, ignorar a importância da formação de uma rede capaz de equacionar todos os fatores apresentados pode resultar no aprisionamento de universidades brasileiras e de seus pesquisadores na função de seqüenciadores de DNA.

A rede de interações entre universidade, empresa e governo instaurada por este conjunto de providências e materializada pelos mecanismos descritos no Capítulo 3, pode evitar que o processo de obtenção de aplicação tecnológica seja realizado fora do país, dentro das redes dos países desenvolvidos. De outra forma, seria muito estranho, ver a resolução do CVC ou de qualquer outro problema de produtividade brasileira ser resolvido por uma via tortuosa e disfuncional que utiliza conhecimentos científicos gerados no âmbito nacional e que retornam como tecnologias importadas.

No âmbito das empresas, participar da rede permite alcançar vantagens competitivas a partir de novas técnicas que resolvam gargalos produtivos; o pagamento de licenças de utilização destas tecnologias reverte para a agência de fomento, que assim tem retorno financeiro dos recursos aplicados na pesquisa e aporte para novos ciclos de manutenção e crescimento da massa de pesquisadores.

Fecha-se, assim, um círculo virtuoso tão incomum neste país, tão desacostumado com o sucesso de suas políticas. Dentro deste contexto, o PGX apresenta, hoje, devido ao seu sucesso enquanto programa de investigação e seus nexos com a possibilidade de geração de novas tecnologias, o mais favorável cenário da história da ciência brasileira para instaurar relações entre a universidade, a empresa e o governo.

Espera-se, finalmente, que o conteúdo desta dissertação seja entendido pelo seu propósito em iluminar alguns dos aspectos que, no nível profissional, acadêmico, industrial e governamental, emergem como dois dos mais promissores aspectos de desenvolvimento de C&T deste país: a genômica e a biotecnologia.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Referências Bibliográficas

1. Amaral, A. (1998). A Universidade no Terceiro Milênio. CIPES - Centro de Investigação de Políticas do Ensino - Superior Fundação das Universidades Portuguesas. mimeo.
2. Bertero, J. (1991). *"Drugs and the dependency in Brasil: an empirical study"* Tese de Doutorado, Cornell University Press.
3. Braun, D. (1998). *The Role of Funding Agencies in the Cognitive Development of Science, Research Policy*, vol.27, pp. 807-821.
4. Braverman, H. (1974). Labor and Monopoly Capital. (Monthly Review Press, New York/London).
5. Brisolla, S.N. (1991). *Observações sobre a Proposta "Interação Universidade-Empresa"*. Adunicamp, caderno 2, nova série, março de 1991.
6. Brisolla, S.N. (1998). *Interação Universidade-Empresa: como seria se fosse*. In Interação Universidade-Empresa, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília.
7. Broad, W.J. (1997). *"Study Finds Public Science is Pillar of Industry"* New York Times, May, 13.
8. Callon, M. (1992). *The Dynamics of Techno-Economics Networks*. In Coombs, R. et al. (eds.) Technological Change and Company Strategies, chapter 4, pp.72-102. Academic Press Ltd.:UK.
9. Callon, M. (1987). *Society in the Making: the Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis*, In Bijker, W. et al.: Social Construction of Technological Systems, Cambridge Univ.Press, Cambridge.
10. Callon, M. (1992). *The Dynamics of Techno-Economics Networks*. In Coombs, R. et al. (eds.) Technological Change and Company Strategies, chapter 4, pp.72-102. Academic Press Ltd.:UK.
11. Chauí, M. (1999-a). *A Universidade em Liquidação*. Folha de São Paulo, Caderno Mais!, 11 de Julho de 1999, p. 4-5.
12. Chauí, M. (1999- b). *A Universidade Operacional*. Folha de São Paulo, Caderno Mais!, 9 de Maio de 1999, p. 6 a 9.
13. Dagnino, R; Thomas, H. (1998). *Insumos para um planejamento de C&T alternativo*. Texto para discussão nº25, Departamento de Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
14. Cockburn, I. & Henderson, R. (1997). *"Public-Private Interaction and Productivity of Pharmaceutical Research"* National Bureau of Economic Research, USA.
15. De Meyers, A; Saab, J.W. (1994). *The Development of Scientific Tabet Networks and Multinational Resarch Projects: who plays the key role*. in Proceddings of the 1994 R&D Management Conference: Managing Human Resources in R&D. 4-6-July,1994, Manchester Business School, Manchester, England.
16. Dosi, G. & Malerba, F. (1996). *Organizational Learning and Institutional Embedeness - An Introduction to the Diverse Paths of Modern Corporations*. In: Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise; Dosi & Malerba (eds.) Macmillan, London, UK.
17. Etzkowitz, H. & Brisolla, S. (1997). *Research Policy Failure and success: the fate of industrial policy in Latin America and South East Asia*, Research Policy n. 1041, received 5, nov. 1996.

18. Etzkowitz, E. & Leydersdorff, L. (1997). *Introduction to Special Issue on Science Policy Dimensions of the Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, Science and Public Policy, v.24, n. 1 pp.2-5.
19. Etzkowitz, E (1998). *The Norms of Entrepreneurial Science: cognitive effects of the new university-industry linkages* Science and Public Policy, vol.27, pp.823-833.
20. Fapesp - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Documento "Indicadores de C&T em São Paulo" (1998). Coord. Francisco Romeu Landi .144p.
21. Furtado, J. (1997). *La transformation des conditions d'insertion des économies à industrialisation tardive dans l'économie mondiale. Un examen des facteurs généraux suivi de leur particularisation dans cinq secteurs industriels*. Tese de Doutorado, Universidade de Paris XIII.
22. Garnier, M.; Chang, C.J.; Zreik, L.; Rossetti, V.; Bové, J.M. (1993). "Citrus variegated chlorosis: serological detection of Xylella fastidiosa, the bacterium associated with the disease". In: Conference of the International Organization of Citrus Virologists, IOCV, 12. Proceedings, p.301-305, 1993.
23. Glasner, P. (1996). *From Community to "Collaboratory" ? The Human Genome Mapping Project and the Changing Culture of Science*. Science and Public Policy, vol. 23, nº 2, april, pp. 109-116.
24. Gibbons, M. et al. (1994). The New Production of Knowledge: the Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies. Sage: London, UK.
25. Gravena, S.; Lopes, J.R.S.; Paiva, P.E.B.; Yamamoto, P.T.; Roberto, S.R. (1998). *The Xylella fastidiosa vectors. Citrus Variegated Chlorosis*. Bebedouro-SP. p.36-53 .
26. Guedes, T.M. (1999). Networks of innovation and science and technology policy. Tese de Doutorado, PREST - Policy Research in Engineering Science and Technology - Manchester-Inglaterra.
27. Hartung, J.S.; Beretta, M.J.G.; Bransky, R.H.; Spisso, J.; Lee, R.F. (1994). *Citrus variegated chlorosis bacterium: axenic culture, pathogenicity, and serological relationships with other strains of Xylella fastidiosa*. Phytopathology, St Paul, v.64, p.591-597.
28. Kleinman, D. L. (1998). *Pervasive Influence: Intellectual Property, Industrial History and University Science*. Science and Public Policy, vol.25, nº 2, april 1998, pp. 95-102.
29. Kreiner, K; Schultz, M. (1991). *Cultures in Collaboration: the Genetic Codes of Conduct in Biotechnology*. Paper apresentado ao SCOS Conference on Symbolics of Technological Innovation, maio de 1991.
30. Laursen, K. (1996). *Horizontal diversification in the Danish national system of innovation: the case of pharmaceuticals*. Research Policy 25, pp. 1121-1137.
31. Latour, B. (1997). *On Actor-Network theory: a Few Clarifications* . Web site of Centre for Social Theory and Technology (CSTT) . Keele University: UK. (<http://www.keele.ac.uk>).
32. Liyanage, S. (1993). *Changing Perspectives of Science and Technology Development in Developing Countries*. Science and Public Policy, vol. 20, n. 4, aug. - pp. 235-244.
33. Lundwall, B. A. (1992). "Introduction". in : National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning, 1-19, Pinter Publishers, Londres.
34. Mansfield, E. (1991). *Academic Research and Industrial Innovation*. Research Policy 20, pp. 1-12.
35. Marengo, L. (1989). *Structure, Competence and Learning in an Adaptive Model of the Firm in Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise*; Dosi & Malerba (eds.) Macmillan, London, UK.
36. Marx, K. (1953 [1857]). Para a Crítica da Economia Política. Dietz, Berlin.

37. Mowery, D., Rosenberg, N. (1989) *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press..
38. Narin, F; Hamilton, K.S.; Olivastro, D. (1997). *The Increasing Linkage between US Technology and Public Science*. Research Policy, 26, 317-330 .
39. National Research Council (1997). NRC-NSB/NSF " *Industrial Research and Innovation Indicators*". Workshop Report, Feb./1997, Washington DC, National Academy Press, 1997.
40. National Science Foundation - NSF (1995) Science Resources Studies Division *US Industrial R&D Rises: NSF Survey Statistics Expanded to Emphasize Role of Nonmanufacturing Industries*" SRS Databrief, NSF 97-332.
41. Nelson, R. (1993). (ed.) National Innovation Systems: a Comparative Study. Oxford University Press, New York.
42. Nelson, R (1992). *The role of firms in technical advance: a perspective from evolutionary theory* in Dosi, G. et alli (eds.) Technology and Enterprise in a Historical Perspective, Clarendon Press, Oxford, 1992.
43. Nelson, R. (1994). Economic Growth via the Coevolution of Technology and Institutions. In Leydesdorf and van den Besselaar (1994). pp. 21-32.
44. Niosi, J.; Saviotti, P.; Bellon, B.; Crow, M. (1993). *National Systems of Innovation: in search of workable concept*. Technology in Society, vol. 15, 207-227.
45. Notícias Fapesp. (1998). "*Perfeito Equilíbrio entre Ciência e Tecnologia*". Publicação Mensal da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Nº 33 : pp. 6-9 - Julho de 1998.
46. OCDE (1992) Technology and the Economy: the Key Relationships. Paris.
47. OCDE(1996) *La innovación tecnológica : definiciones y elementos de base*. Redes, nºVI.
48. Pavitt, K. (1998). *The social shaping of the national science base*. Research Policy 27, pp. 793-805.
49. Pisano, (1991). *The Governance of Innovation: Vertical Integration and Collaborative Arrangements in the Biotechnology Industry*. Research Policy, v.20, nº 3, 237-249.
50. Plonsky, A. (1999). *Cooperação Empresa-Universidade no Brasil: um Novo Balanço Prospectivo*, In Interação Universidade-Empresa, IBICT, Brasília.
51. Ramos Filho, L.O. (1999). *O papel da pesquisa científica e tecnológica no desenvolvimento da citricultura brasileira (1920 - 1960)*. Campinas, 1999. Dissertação de Mestrado, Departamento de Política Científica e Tecnológica - Unicamp.
52. Rockfeller, D. (1998). *Genomics and the World Economy*. Science, vol 281; Agosto de 1998.
53. Ronit, K. (1997). *Academia-Industry-Government Relations in biotechnology: Private, Professional and Public Dimensions of the New Associations*. Science and Public Policy, vol. 24, n. 6, dec. 1997, pp. 421-433.
54. Rosemberg, N. (1998). *Knowledge and Innovation for Economic Development: Should Universities be Economic Institutions?* Paper preparado para apresentação do Second International Conference on Technology Policy and Innovation, Lisbon, Portugal, August, 3, 1998.
55. Rossetti,V.; Gonzales,M.A.; Donadio,L.C. (1998) History of CVC in Brazil. Citrus Variegated Chlorosis. Bebedouro-SP, 162, p.1-22,
56. Rossetti,V.; Garnier, M., Bové, J.M.; Beretta, M.J.G.; Teixeira,A.R.R.; Quaggio, J.A. De Negri, D. (1990). *Presence de bactéries dans le xylème d'orangers atteints de chlorose variegée, une nouvelle maladie des agrumes au Brésil*. Paris: C.R.S. Acad.Sci., p.345-349. (Séries,3).

57. Senker, J. (1996). *National Sysytems of Innovation, Organizational Learning and Industrial Biotechnology*. Techinovation, 16(5), pp. 219-229.
58. Schumpeter, J. A. (1912). Teoria do Desenvolvimento Econômico, col. Os Economistas, Abril Cultural, São Paulo, 1983.
59. Schumpeter, J. (1961). The Theory of Economic Developmtment Oxford Univ. Press).
60. Schumpeter, J. A. (1943). Capitalism, Socialism and Democracy, G. Allen & Unwin, London, 1994.
61. Sutz, J. (1996). "Relatoria Comentada del Congreso "Universities and the Global Knowledge Economy: a Triple Helix of University-Industry-Government Relations", Universidade de Amsterdam, 1996.
62. Webster, A. J. *Privatisation of Public Sector Research: the Case of Plant Breeding Institute*. Science and Public Policy, vol. 16, nº 4, aug., 1989.
63. _____. *International Evaluation of Academic Industry Relations: Contexts and Analysis*. Science and Public Policy, vol. 21, nº 2, april, 1994, pp. 72-78.

Anexos

Anexos Metodológicos

Pesquisa de campo

i. Projeto Genoma *Xylella*

A pesquisa de campo foi realizada a partir de dois instrumentos: entrevistas com os atores das esferas da universidade, da empresa e da agência de fomento à pesquisa e envio de um questionário aos laboratórios participantes do projeto.

Foram entrevistados o Diretor Científico, o Diretor Administrativo, a jornalista responsável pela Gerência de Comunicação, a responsável pela Chefia do Setor de Importação e do Setor de Bolsas de Estudo da Fapesp, o Coordenador de DNA (Instituto Ludwig), os Coordenadores dos dois Laboratórios Centrais, e, em cada um destes últimos, também três pesquisadores e os Coordenadores de Bio-informática. Foram realizadas entrevistas parcialmente abertas, nas quais, na primeira parte, o entrevistado foi levado a falar sobre o PGX, e uma segunda parte, na qual um pequeno grupo de informações acerca da tomada de decisão em iniciar atividades em genômica no Brasil e do processo de escolha da *X. fastidiosa*, puderam ser coletadas.

Na esfera empresarial foram entrevistados o Presidente e o Gerente de Pesquisas da Fundecitrus, o que incluiu uma visita aos laboratórios desta Instituição e entrevista com a Dra. Monique Garnier, do *Institute Nationale de Recherche Agricolturelle*, da França e com o Presidente da Abracitrus – associação paulista dos produtores rurais de cítricos.

Um questionário acerca do número e nível acadêmico de pesquisadores envolvidos nos trabalhos de sequenciamento de DNA, e da perspectiva de obtenção de resultados comercializáveis a partir de trabalho científico, foi enviado a cada coordenador de 32 laboratórios. O retorno foi de apenas 41% dos relatórios, a maioria incompletos, e, por isto, somente foram utilizadas as respostas com conteúdo estatístico mais significativo.

Estas entrevistas apresentaram um aporte de informações que foram incorporadas ao conteúdo desta dissertação, de modo a consolidar os Capítulos 1 e 2.

ii. Mapas da Rede de Pesquisas em Genômica nos EUA

A pesquisa de campo que originou os mapas de organização das atividades em genômica nos EUA teve uma abrangência maior do que a aqui apresentada. O sistema de pesquisas da Comunidade

Européia foi igualmente analisado e seus resultados somam-se às evidências fornecidas pelo caso americano, mas não houve espaço para apresentá-los.

A investigação foi realizada via rede mundial de computadores, a Internet. Foram visitados mais de 500 *sites*, e pelo menos cinco "janelas" de cada *site* foram exploradas. Este trabalho não foi metodologicamente fundamentado antes da pesquisa de campo. A visita aos *sites* iniciou-se apenas como estratégia de busca de informações. Observando-se que em todos eles sempre havia uma janela de *links*, foi possível estabelecer que ali estavam presentes relações entre universidade, empresa e governo. A "teia" interprogramática e interinstitucional só pode ser visualizada após intensa exploração do conteúdo das páginas e de seus *links*. Procurou-se compreender como os órgãos internacionais, como a OCDE, vêm tratando das redes de produção de C&T. A mensuração do número, do caráter institucional e das formas de vinculação entre instituições de pesquisa e educação, empresas e governo, via domínios da Internet, vem sendo progressivamente utilizada como uma extensão e atualização dos indicadores de C&T¹.

Considerou-se que esta rede de informação poderia ser especialmente útil para o estudo aqui apresentado, já que seus *sites* estão categorizados por "domínios", que são grupos genéricos de instituições, cuja taxonomia baseada no caráter da instituição. Pesquisaram-se *sites* dos três "*top level domains*", ou seja, das principais categorias institucionais - os domínios ".edu", ".com" e ".gov", que correspondem, respectivamente, às esferas da universidade, da empresa e do governo. Os *sites* foram localizados através dos *search engines* AltaVista e o Yahoo - sistemas de busca utilizados mundialmente. Os *hyperlinks*, ou rede de conexões entre instituições, programas de pesquisa, redes de usuários e órgãos governamentais permitiram identificar as relações entre estes componentes da rede de forma a construir os mapas das redes apresentadas.

Uma vez que não houve uma investigação nos *loci* sobre as atividades de produção de conhecimentos em C&T - limitação imposta pela investigação via Internet - os aspectos relativos ao chamado "conhecimento tácito" não foram avaliados. O estudo dos aspectos informais e não-codificáveis da produção científica e tecnológica permite entender como o conhecimento é transferido dentro das instituições, o que complementaria este estudo sobre a estrutura da organização da pesquisa. Por outro lado, utilizar a abordagem que pesquisa por *sites* da Internet

¹ Site www.oecd.org/dsti/sti/it/cm/prod/tisp98-7/.htm e

Goulec, J. "FDI, Economic Growth and the New Economy". OCDE, 2000. Apresentado em Seção Plenária do 4th International Conference on Technology Policy and Innovation, Curitiba, Agosto de 2000.

oferece a vantagem de avaliar as forças de interação entre os componentes da rede através dos vínculos entre instituições, programas de pesquisa e qualificação, empresas, usuários e governo, já que elas se encontram consubstanciadas nos *hyperlinks*.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Apêndice 1

Lista de Siglas e Abreviações

ABSP	<i>Agricultural Biotechnology Support Project</i>
AE -	<i>Acess Excellence</i>
AGSG	<i>Alliance of Genetic Support Group</i>
AL	<i>Revista Allert</i>
AMA	<i>American Medical Association</i>
ANA	<i>American Nurses Association</i>
ANPEI -	<i>Associação Nacional de Pesquisa das Empresas Inovadoras</i>
BABC -	<i>Bay Area Bio-Center</i>
BBRP -	<i>Biology and Biotech Research Program</i>
BBRP -	<i>Biology and Biotech Research Project</i>
BCM -	<i>Baylor College of Medicine</i>
BCM -	<i>Baylor's College of Medicine Office of Technology Transfer</i>
BER -	<i>BioEngineering Research</i>
BER	<i>Biotechnological Education Resources</i>
BIO -	<i>Biotechnology Industry Organisation</i>
BIO -	<i>Biotechnology Industry Organisation</i>
BIO -	<i>Biotechnology Industry Organisation</i>
BIO -	<i>Biotechnological Industry Organization</i>
BIO	<i>Biotechnology Industry Organisation</i>
BIO* -	<i>Directorate for Biological Sciences</i>
BIO-project -	<i>Programa de educação da Universidade de Iowa com a BIO</i>
BIRD -	<i>Banco Interamericano de Desenvolvimento.</i>
BLAST -	<i>Basic Local Alignment Search Tool</i>
BOL -	<i>Bio on Line</i>
C&T -	<i>Ciência e Tecnologia</i>
C19 -	<i>Cromossomo 19 humano</i>
CABI -	<i>Center for Agricultural Biotechnology International</i>
CAPES -	<i>Coordenadoria do Pessoal de Ensino Superior</i>
Casolm	<i>Judicial Cases on Biotechnology</i>
CC -	<i>Cancer Centers</i>
Cce	<i>Cancer Center</i>
Cco	<i>Cancer Control</i>
CCO	<i>Community Clinical Oncology</i>
CCR	<i>Clinical Cooperative Research</i>
CCSM	<i>Centro de Citricultura "Sylvio Moreira"</i>
CENA	<i>Centro de Energia Nuclear Aplicada à Agricultura</i>
CEPRAP	<i>Center of Engineering Plants Against Pathogens</i>
CG	<i>Cancer Genetics</i>
CG	<i>Cancer Genetics</i>
CGP	<i>Cancer Genome Anatomy Project</i>
CGP	<i>Cancer Genome Project</i>
CGT	<i>Clinical Gene Therapy</i>
CHLC	<i>Cooperative Human Linkage Center</i>

CHU	<i>Coldspring Harbor University</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNPq-BIOEX	Programa de Excelência em Ciências Biológicas - Governo Federal
CP	<i>Cancer Prevention</i>
CR	<i>Cancer Research</i>
CRADA	<i>Cooperative Research and Development Agreement</i>
CRUI	<i>Collaborative Research at Undergraduated Institutions</i>
CSHL	<i>Cold Spring Harbor Laboratory, Stanford University</i>
CT	<i>Cluster for Training</i>
CVC	Clorose variegada do citros
Databases	Bases de dados em genômica
DBI	<i>Division of Biological Infrastructure</i>
DEB	<i>Division do Environmental Biology</i>
DNA	ácido desoxiribonucleico
DNGVO	<i>Directory of National Genetic Voluntary Organisations</i>
DoE BIC	<i>Departamento of Energy Biotechnological Interlaboratory Council</i>
DPCT	Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp
DSP	<i>Disease Susceptibility Project Genomics:</i>
DVL	<i>Database Virtual Library</i>
E	Programas Extra-muros do NCI
E*	Programas Extra-muros do NHGRI
EGP	<i>Environment Genome Project</i>
EGP	<i>Environment Genome Project</i>
ELSI	<i>Ethical, Legal and Social Issues</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EO	<i>Extraordinary Opportunities</i>
ES	<i>Education System</i>
ESALQ	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"
FAPESP	Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo
FCA	Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu
FCAVJ	Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FTTA	<i>Federal Technology Transfer Act/Office of Technology Transfer</i>
Fundecitrus	Fundação para a Defesa da Citricultura
GATT	Acordo Geral de Tarifas e Comércio (<i>General Agreement on Tariffs and Trade</i>)
GBC	<i>Graduate Biotechnology Courses:</i>
GC	<i>Genome Centers:</i>
GDR	<i>Genetic Disease Research</i>
Geopi	Grupo de Estudos de Organização da Pesquisa e Inovação
GMB	<i>Genetics and Molecular Biology</i>
GSD	<i>Genome Sequence database</i>
GT	<i>Genome Technology</i>
HD	<i>Human Diseases</i>
HGMIS	<i>Human Genome Manegement Information System</i>
HGMIS	<i>Human Genome Mamagement Information System</i>
HGP	<i>Human Genome Project - Projeto Genoma Humano</i>

HGP -	<i>Human Genome Project</i>
HGSP	<i>Human genome Spin-offs</i>
HP	<i>Health PRO Advanced Medical Resources</i>
I	<i>Programas Intra-muros do NCI</i>
I*	<i>Programas Intra-muros do NHGRI</i>
IAC	<i>Instituto Agronômico de Campinas</i>
IBN	<i>Integrative Biology Neuroscience</i>
IBSP	<i>Instituto Biológico de São Paulo</i>
IDR	<i>Inherited Disease Research</i>
IEA	<i>Instituto de Economia Agrícola - Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo</i>
IG	<i>Instituto de Geociências da Unicamp</i>
IGERT	<i>Integrative Graduated Education and Research Training</i>
IGR	<i>Institute for Genomic Research</i>
IIA	<i>Institute of International Agriculture</i>
INRA	<i>Institute Nationale de Recherche Agricole</i>
ISI	<i>Institute of Scientific Information</i>
JGI	<i>Joint Genome Institute</i>
KSR	<i>Kelly Scientific Resources</i>
LANL	<i>Los Alamos National Laboratory</i>
LBL	<i>Lawrence Berkeley Laboratory</i>
LCG	<i>Laboratory of Computational Genomics</i>
LICTI	<i>Laboratório de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação</i>
LLNL	<i>Lawrence Livermore National Laboratory</i>
LLNL	<i>Lawrence Livermore National Laboratory</i>
MAGPIE	<i>Automated Genome Project Investigation Environment</i>
MCB -	<i>Molecular and Cellular Biosciences</i>
MCT	<i>Ministério de Ciência e Tecnologia</i>
MG	<i>Medical Genetics</i>
MG	<i>Microbial Genomics</i>
MGP	<i>Microbial Genome Project</i>
MGP	<i>Microbial Genome Project</i>
NASA	<i>National AeroSpace Agency</i>
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organisation(OTAN)</i>
NCBI	<i>National Center for Biological Information</i>
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i>
NCHPEG	<i>National Cohortization for Health Professional Education in Genetics</i>
NCI	<i>National Cancer Institute</i>
NHGRI	<i>National Genome Research Institute</i>
NHGRI	<i>National Human Genome Research Institute</i>
NIH	<i>National Institutes of Health</i>
NPGS	<i>National Programs for Genomics Support::</i>
NPGS	<i>National Programs of Genetic Support</i>
NRCC	<i>National Research Council of Canada</i>
NSF	<i>National Science Foundation</i>
NTTC	<i>National Technology Transfer Center</i>
OCDE	<i>Organização para Cooperação e Desenvolvimento</i>

OLA	<i>Office of Liaison Activities</i>
OLA	<i>Office of Liason Activities</i>
ONSA	Organizaton for Nucleotide Sequencing and Analysis
OPC	<i>Office of Policy Coordination</i>
OPC	<i>Office of Policy Coordination</i>
OPEA	<i>Office of Policy and Education Activities</i>
OPEA	<i>Office of Education Activities</i>
OPLA	<i>Office of Policy and Legislative Activities</i>
ORNL	<i>Oak Ridge National Laboratory</i>
ORNL	<i>Oak Ridge National Laboratory</i>
OSTP	<i>Office of Science and Technology Policy</i>
OTT	<i>Office of Technology Transfer</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PADCT	Plano Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Governo Federal
PCR	<i>Polimerase Chain Reaction - Reação em Cadeia por Polimerase</i>
PGR	<i>Plant Genome Research</i>
PGX	Projeto Genoma <i>Xylella</i>
PRF	<i>Post-doctoral Research Fellowships</i>
PRFBI	<i>Post-doctoral Research Fellowships in Biological Informatics</i>
PRFBRE	<i>Post-doctoral Research Fellowships in Biosciences Related to Excellence</i>
PRFMB	<i>Post-doctoral Research Fellowships in Microbial Biology</i>
R&D PA	<i>R&D Partnerships Agreement</i>
REU	<i>Research Experiences for Undergraduated</i>
RHAE	Programa de Capacitação de Recursos Humanos para o Desenvolvimento
RI	<i>Research Instruments</i>
RP	<i>Research Programs - National Cancer Institute</i>
RSC	<i>Research Support Contracts</i>
RU	<i>Rockefeller University</i>
SHGC	<i>Stanford Human Genome Center</i>
SIM	<i>Society for Industrial MicroBiology</i>
SNI	Sistemas Nacionais de Inovação
SPORE	<i>Specialized Programs of Research Excellence</i>
SSTC	<i>Stanford Unbiversity DNA Sequence and Technology Center</i>
STAT	<i>Economics and Statistics Administration do US Dept. of Commerce</i>
Syigma	<i>System for Integrated Genome Map Assembly</i>
TARA	<i>Toxicology and Risk</i>
TE	Training and Education
TIGR	<i>The Institute for Genomic Research</i>
UC	<i>University of California</i>
UCD	<i>University of California at Berkeley Drosophila Genome Center</i>
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UM	<i>University of Michigan</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UOGT	<i>University of Oklahoma 's Advanced Center for Genome Technologies</i>
USAID	<i>US Agency for International Developmet - Agência dos EUA para o</i>

USDA	<i>United States Department of Agriculture - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos</i>
USDC	<i>US Department of Commerce</i>
USP	<i>Universidade de São Paulo</i>
USPHS	<i>Serviço Público de Saúde dos EUA</i>
UTS	<i>University of Southwestern Medical Center Genome Center</i>
UU	<i>University of Utah</i>
UW	<i>University of Wisconsin - Hood Laboratory</i>
UW	<i>University of Wisconsin E. coli Genome Center</i>
UWG	<i>University of Washington Genome Center</i>
VRE	<i>Vantagem Relativa de Exportação</i>
WI	<i>Whitehead Institute</i>
WSM	<i>Washington University School of Medicine Genome Sequencing Center</i>
WT	<i>Wellcome Trust</i>
WTO	<i>World Trade Organization</i>

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE