

Melhoramento genético vegetal no Brasil: formação de recursos humanos, evolução da base técnico-científica e cenários futuros

Rodrigo de Araújo Teixeira¹

Resumo

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

Palavras-chave: Capacitação. Desenvolvimento tecnológico. Melhoramento genético. Políticas. Biotecnologia. Tecnologia da informação. Tecnologias de plantio.

Abstract

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

Keywords: *Qualification. Technological development. Genetic breeding of plants. Policies. Biotechnology. Information technology.*

¹ Mestre em Política Científica e Tecnológica (Unicamp). Atualmente é analista de políticas e indústria da Confederação Nacional da Indústria (CNI). Brasília, (DF). rteixeira@cni.org.br.

1. Introdução

Este artigo apresenta uma análise da evolução recente da base técnico-científica brasileira em melhoramento genético vegetal, e em áreas do conhecimento correlatas a este segmento de inovação, e apresenta perspectivas de formação de recursos humanos num futuro próximo (cinco a dez anos).

Faz uma exposição sobre o conjunto de programas de pós-graduação dedicados à formação de melhoristas em nível de doutorado existente no país, o número de doutores especialistas nesse campo do conhecimento titulados entre 1996 e 2007, bem como a distribuição regional desse estoque de doutores no território nacional, e discute o perfil futuro do melhorista, sua relação com a formação de recursos humanos e o posicionamento do Brasil frente às mudanças que vêm ocorrendo em todo mundo.

A motivação para seleção desse grupo de doutores² procede pela grande importância estratégica do melhoramento genético vegetal como fator de competitividade agrícola em todo o mundo, além de ser um assunto absolutamente central para o futuro da agricultura brasileira. Estima-se que cerca de 50% dos incrementos obtidos na produtividade das diferentes culturas devem-se ao melhoramento genético, enquanto os outros 50% são atribuídos à melhoria das práticas de manejo como fertilização, definição do número adequado de plantas por unidade de área, controle de insetos, doenças e plantas daninhas, além de outras práticas culturais (Fehr, 1987).

Por ser um *major player* em questão agrícola, a posição brasileira no cenário futuro do melhoramento é muito importante. O país é líder em pesquisa para agricultura tropical e referencia mundial em melhoramento florestal e um dos poucos países do mundo que tem condição de praticamente dobrar a quantidade de alimentos, usando relativamente menos energia do que outros países produtores de commodities para alimentação e ainda possui áreas de expansão para plantio onde seus competidores começam a apresentar limitações.

Apesar do grande sucesso dos programas de melhoramento genético vegetal no país, com mais de um século de capacitação nessa área do conhecimento e resultados que contribuíram significativamente para os principais ganhos qualitativos e quantitativos³ alcançados pela agricultura

2 Os doutores "são considerados o grupo com a maior probabilidade de contribuir para o avanço e a difusão de conhecimento e tecnologias e [que], como tal, (...) são freqüentemente vistos como atores que desempenham papel chave na criação do crescimento econômico baseado no conhecimento e na inovação" (UNESCO, OECD e EUROSTAT 2006, p. 2 apud VIOTTI & BAESSA, 2008, p. 5).

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

brasileira ao longo das últimas décadas⁴, os avanços tecnológicos, provenientes dos avanços da biotecnologia, nanotecnologia e TICs, as mudanças legais, com a implementação de legislações de proteção intelectual (patentes e cultivares), de biossegurança e de acesso ao patrimônio genético, as condicionantes climáticas e ambientais e a participação de novos atores privados no mercado de sementes são alguns eventos que vêm modificando o equilíbrio deste segmento de inovação (CASTRO *et al.*; 2005).

Os avanços tecnológicos, as mudanças institucionais e de mercado que vêm ocorrendo em todo mundo influenciam as perspectivas de desenvolvimento e de capacitação no campo do melhoramento genético de plantas e altera o perfil do melhorista de plantas por ser o principal ator inserido na dinâmica da pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares.

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

2. Mapa da capacitação da base técnico-científica

Esta parte do trabalho apresenta a consolidação do levantamento realizado sobre os doutores titulados no país em áreas do conhecimento correlatas ao melhoramento genético de plantas e biotecnologia. Busca mergulhar na análise da distribuição geográfica da base técnico-científica que opera diretamente nesse campo do conhecimento e dos doutores titulados em áreas correlatas.

2.1. Metodologia da pesquisa

Para o mapeamento das competências nacionais em melhoramento genético de plantas foram utilizadas, como fontes de informação duas bases de dados: a base de currículos das áreas de ciência e tecnologia do CNPq, da Plataforma *Lattes* (acessada via Portal Inovação⁵, apresenta

4 Entre 1990 a 2005 a pesquisa agropecuária foi responsável pelo desenvolvimento de 529 novas cultivares (incluindo as culturas de cana, soja, trigo, laranja, arroz e café de maior interesse comercial) adaptadas especificamente a cada clima e solo nas principais regiões produtoras do país. A soja, por exemplo, originalmente uma cultura de clima temperado, foi adaptada às condições brasileiras e hoje o Brasil é o segundo produtor mundial. O desenvolvimento pioneiro das variedades de soja para o ecossistema do cerrado foi uma ruptura tecnológica-chave.

5 Lançado em 2005 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, o Portal Inovação é um serviço de governo eletrônico que visa promover a interação e o desenvolvimento de projetos de cooperação técnico-científicos. A base de especialistas em CT&I conta com os dados da Plataforma *Lattes* atualizada constantemente. (www.portalinovacao.mct.gov.br)

apenas os currículos atualizados nos últimos 18 meses), que permite uma análise mais aproximada da situação atual dos egressos de programas de pós-graduação *stricto sensu* em nível de doutorado; e o banco de dados sobre estatísticas de pós-graduação da Capes⁶ (DataCapes), para identificar a origem desses doutores.

A Capes disponibiliza um importante conjunto de informações estatísticas sobre programas de pós-graduação do país referentes à quantidade de programas/cursos, discentes (matriculados, novos, titulados), docentes com e sem dupla contagem, entre outras informações. Os critérios para agrupamento e seleção são: grande área e área do conhecimento, regiões, unidades da federação, instituições de ensino superior, dependência administrativa e programa e conceito. Na DataCapes, ao contrário da Base *Lattes*, não são apresentadas informações sobre doutores egressos de programas de doutorado localizadas em outros países.

A Base de Currículos *Lattes* registra, entre outras, informações sobre a inserção profissional de pesquisadores e sua integração aos grupos de pesquisa em instituições de pesquisa e ensino. Considerando que esta base é preenchida pelo próprio especialista, há a possibilidade de alguns pesquisadores estarem registrados em mais de uma área do conhecimento (i.e: agronomia e genética), ou atuando em múltiplas instituições e grupos de pesquisa, e por isso, os resultados da busca por especialistas envolvidos no melhoramento genético de plantas podem conter imprecisões, mas, de qualquer forma, entende-se que a base *Lattes* apresenta um número aproximado da realidade. Vale ressaltar ainda que, eventualmente, pesquisadores relacionados ao tema no país podem não estar devidamente registrados nesta base ou até mesmo utilizam palavras-chave diferentes daquelas definidas neste trabalho, e, por esse motivo, o número de pesquisadores pode estar subestimado. Atualmente, esta base de dados conta com cerca de 1.100 milhão de currículos, sendo que 31% desses currículos são de doutores, mestres e estudantes de pós-graduação e 59% de graduados e estudantes de graduação⁷.

O primeiro passo realizado na pesquisa foi levantar a quantidade de doutores titulados nos programas de pós-graduação em ciências agrárias e biológicas no período 1996-2007, utilizando a base DataCapes. A seleção dessas duas grandes áreas do conhecimento ocorreu devido à proximidade delas no trabalho de melhoramento vegetal, principalmente a partir da década de 1980, quanto tornou possível a utilização tecnologias modernas para obtenção das modificações genéticas desejadas, o que acelera o processo de obtenção de novas variedades, com possibilidades de criar novos meios para a melhor explorar a biodiversidade e auxiliar na customização de organismos vivos para atender as necessidades humanas.

6 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)

7 Website do CNPq (acessado em 28 de maio de 2008).

Posterior a essa coleta de dados, foram visitados (*via web*) todos os sítios de escolas e centros de formação de recursos humanos dessas duas grandes áreas do conhecimento com o objetivo de refinar a pesquisa sobre os titulados a partir da identificação dos programas de pós-graduação que possuem linhas de pesquisa dedicadas a esse campo do conhecimento.

É previsível que o número de doutores titulados em áreas correlatas ao melhoramento genético vegetal no Brasil esteja superestimado, uma vez que a DataCapes apresenta um conjunto de informações e estatísticas gerais dos programas de pós-graduação e nem todos os egressos atuam efetivamente no tema, visto a existência de outras linhas de pesquisa num mesmo programa, além daquelas dedicadas ao melhoramento em si.

Muitos dos programas dessas duas grandes áreas possuem linhas de pesquisa direcionadas à saúde humana e animal e ao meio ambiente, ou apresentam pouca influência no trabalho de melhoramento, como medicina veterinária e recursos pesqueiros. Os programas que não apresentam qualquer linha de pesquisa relacionada ao campo do conhecimento selecionado para este artigo não fazem parte desta análise. Portanto, são considerados programas correlatos ao melhoramento genético vegetal todos os programas que tenham pelo menos uma linha de pesquisa de influência a essa atividade.

A partir dessa análise foram identificados e selecionados os programas correlatos, levando em conta as perspectivas de capacitação e desenvolvimento tecnológico para os próximos cinco a dez anos: o sistema de melhoramento deverá se estruturar em equipes multidisciplinares, onde todos os especialistas, com perfis diversificados, deverão trabalhar de forma integrada e com visão multidisciplinar e conhecimento sistêmico, com ênfase na integração do conhecimento convencional (biologia, genética quantitativa, fisiologia, estatísticas, taxonomia, etc.) e conceitos e ferramentas avançadas (engenharia genética, genômica funcional, marcadores moleculares, bioinformática, etc.) (TEIXEIRA, 2008).

No momento seguinte, para o levantamento da base técnico-científica instalada no país (recursos humanos para atuar no melhoramento genético vegetal), foi definida uma unidade de consulta (expressão booleana) e utilizada na pesquisa de dados na Plataforma *Lattes*, acessada via Portal Inovação. A expressão utilizada na busca faz referência às palavras-chave: “Melhoramento” e “Plantas”.

Após o levantamento dos dados de ambas as bases e refinamento dos programas de pós-graduação, foram feitas análises para verificar o estoque de doutores especialistas nesse campo do conhecimento e a proporção desses recursos humanos em relação ao total de doutores titulados no país durante o período 1996-2007, assim como sua distribuição espacial no território nacional.

2.2. Programas de pós-graduação e titulação de doutores em áreas do conhecimento correlatas ao melhoramento genético de plantas no Brasil

Entre 1996 e 2007, o Brasil titulou 78.164 doutores em instituições de ensino superior (IES) nas mais diversas áreas do conhecimento científico e tecnológico – média de 6,5 mil doutores/ano. Praticamente 6% desses são egressos de programas de pós-graduação *stricto sensu* que possuem linhas de pesquisa dedicadas, não exclusivamente, ao melhoramento genético de plantas (Tabela 1).

Tabela 1: Número de doutores titulados no Brasil e percentual de titulações em área correlatas ao melhoramento genético vegetal por ano

(a) Ano de Titulação	(b) Número de Titulados	(c) Titulados em áreas correlatas	(d) % dos Titulados em áreas correlatas
1996	2.985	157	5%
1997	3.620	188	5%
1998	3.949	200	5%
1999	4.853	244	5%
2000	5.344	287	5%
2001	6.040	340	6%
2002	6.894	400	6%
2003	8.094	509	6%
2004	8.109	420	5%
2005	8.991	504	6%
2006	9.366	547	6%
2007	9.919	507	5%
Total	78.164	4.303	6%

Fonte: Capes - dez/2008

Nas duas grandes áreas analisadas nesse levantamento, foram encontrados 69 programas⁸ de pós-graduação, em nível de doutorado, correlatos ao campo do conhecimento estudado, ou seja, àqueles que apresentam áreas de concentração e/ou linhas de pesquisa com potencial impacto nos programas de melhoramento vegetal. Foi identificado também o número total de

⁸ Nos anos mais recentes (2006-2008), novos programas com impacto no melhoramento foram criados e aprovados pela Capes, conforme análise das áreas de concentração e/ou linhas de pesquisa desses cursos, mas ainda não titularam novos doutores, visto o pouco tempo de criação. A análise envolvida neste trabalho considera apenas os cursos de pós-graduação que titularam doutores no período 1996-2007.

titulados em programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento de plantas por área conhecimento relacionadas a cada programa: 1) Agronomia, 2) Biologia geral, 3) Biofísica, 4) Bioquímica, 5) Biotecnologia, 6) Botânica, 7) Genética e 8) Recursos Florestais e Engenharia Florestal (Tabela 2). A relação dos programas de pós-graduação por área do conhecimento, assim como os conceitos de avaliação desses pela Capes podem ser encontrados no Anexo. Existem atualmente três programas de excelência no Brasil com conceitos igual a sete, localizados nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais (DataCapes, 2008).

Tabela 2: Total de doutores titulados no Brasil em áreas selecionadas e percentual de titulações nos programas de pós-graduação correlatos

(a) Área do conhecimento	(b) Total de titulados por área	(c) Número de titulados em áreas correlatas	(d) % de titulados em áreas correlatas
Agronomia	4.118	1.850	45%
Biologia geral	694	662	95%
Biofísica	402	92	23%
Bioquímica	1.651	394	24%
Biotecnologia	188	99	53%
Botânica	891	505	57%
Genética	1.051	373	35%
Recursos florestais e engenharia florestal	412	328	80%
Total	9.407	4.303	46%

Fonte: Capes - dez/2008

Apesar de Agronomia ser a área responsável pela formação da maioria dos doutores relacionados ao trabalho de melhoramento vegetal, o percentual de egressos dos programas de pós-graduação em Biologia Geral e Recursos Florestais que possuem pelo menos uma área de concentração e/ou linhas de pesquisa dedicada ao tema é bastante superior, quando comparado o total de titulados em cada área do conhecimento.

A alta incidência de doutores relacionados ao melhoramento vegetal titulados em Biologia Geral ocorre, predominantemente, por dois motivos básicos: 1) a vocação agrícola do país e; 2) a aplicação crescente do conhecimento da biologia celular e molecular para geração de novas variedades genéticas em programas de melhoramento de plantas – o uso de técnicas da engenharia genética permite obter novos cultivares que expressam características de interesse, sem a necessidade de longos períodos de cruzamentos extensivos.

Já a moderada participação de titulados em Agronomia no campo do conhecimento analisado ocorre porque alguns programas de pós-graduação desta área são dedicados a estudos que vão além do melhoramento de plantas e contam com linhas de pesquisa bastante diversificadas e abrangentes que geram impactos mais significativos na etapa pós-melhoramento (ex: estudo sobre solos, práticas de manejo, controle de insetos, doenças e plantas daninhas, produção vegetal, entre outras atividades).

A Tabela 3 indica uma concentração maior de programas dedicados ao melhoramento vegetal nas áreas pertencentes às ciências biológicas, com destaque para biologia geral (39%) e botânica (45%). Esta última com capacidade de treinar recursos humanos altamente estratégicos para o país, executando o trabalho de coleta, armazenamento e conservação da variabilidade genética em bancos de germoplasma, tendo em vista o conhecimento sobre taxonomia vegetal, recursos genéticos *in situ* e bioprospecção.

Tabela 3: Percentual de programas correlatos por área do conhecimento

(a) Área do conhecimento	(b) Total de programas por área	(c) Número de programas correlatos	(d) % de programas correlatos
Agronomia	131	27	20%
Biologia Geral	28	11	39%
Biofísica	3	2	67%
Bioquímica	16	3	19%
Biotecnologia	23	6	26%
Botânica	22	10	45%
Genética	23	7	30%
Recursos florestais e engenharia florestal	20	3	15%
Total	266	69	26%

Fonte: Capes - dez/2008

Praticamente 85% dos programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento vegetal estão localizados nas regiões Sul e Sudeste e são responsáveis pela titulação de 88% dos melhoristas e/ou doutores desse campo do conhecimento, com destaque para os estados de São Paulo (1.365 titulados no período da análise) e Minas Gerais (1.081 titulados), por apresentarem 18 e 17 programas e pós-graduação correlatos, respectivamente (Figura 1). Estes dois estados juntos são responsáveis pela titulação de 57% desses doutores.

A Figura 1 apresenta o número de doutores titulados no período 1996-2007 e a quantidade de programas de pós-graduação em áreas correlatas ao melhoramento genético vegetal por unidade da federação.



Fonte: Capes - dez/2008

Figura 1: Número de programas correlatos e de titulados por UF

2.3. Distribuição geográfica dos doutores em áreas do conhecimento correlatas ao melhoramento genético de plantas no Brasil

Esta parte do artigo busca apresentar uma análise aproximada da situação atual da base técnico-científica em melhoramento vegetal a partir do levantamento de dados da base *Lattes*, acessada via Portal Inovação, de modo a apresentar o percentual efetivo de doutores que atuam diretamente nesse campo do conhecimento e sua distribuição espacial no território nacional.

Para o mapeamento das competências nacionais em melhoramento genético foi utilizada a expressão booleana descrita no Figura 2:

(melhoramento* and (planta* or vegeta* or cultiva* or semente*))

Figura 2: Expressão booleana utilizada na pesquisa sobre doutores em melhoramento genético de plantas

A definição desta expressão demandou um exercício de análise probabilística dos resultados preliminares das buscas realizadas com diferentes palavras-chaves relacionadas ao tema, envolvendo, inclusive, expressões específicas das ciências agrárias e biológicas como, por exemplo, marcador molecular, clonagem, fisiologia, taxonomia, genética, transgênicos, biotecnologia, entre outras, combinadas aos termos “melhoramento” e “plantas” (e seus sinônimos). Foram tabulados os resultados encontrados em cada combinação e feita avaliação qualitativa, tomando como referência as áreas de titulação dos doutores, instituições e programas de titulação indicados na base DataCapes. A partir desse esforço foi possível definir a expressão booleana de maior abrangência e correlação com o tema estudado, tendo em vista a necessidade de encontrar o número máximo de currículos à realidade. O asterisco (*), após cada palavra, é utilizado para capturar os termos escritos em singular e plural, como, por exemplo, planta e plantas.

Na pesquisa, foram encontrados 1.825 registros⁹ de doutores relacionados ao tema, representando 2,3% do total de titulados no Brasil em todas as áreas do conhecimento científico e tecnológico durante o período analisado. Foram identificadas nessa busca áreas do conhecimento¹⁰ de menor influência técnico-científica para o desenvolvimento de novas cultivares, como, por exemplo, administração, economia e direito.

As áreas do conhecimento consideradas no capítulo anterior (agronomia, biologia geral, biofísica, bioquímica, botânica, genética e recursos florestais) são responsáveis por 77,4% dos especialistas encontrados (1.412) (Tabela 4). Deste total, 74,2% dos doutores informa, em seus currículos, a participação em grupos de pesquisa localizados em instituições de ensino e pesquisa do país (1.353).

Não foram encontrados na base *Lattes* registros de doutores titulados na área de biotecnologia. Uma explicação razoável para essa incompatibilidade é que, até o momento dessa pesquisa, os especialistas informavam em seus currículos outra área de titulação máxima. Até o ano de 2006, os programas hoje enquadrados pela Capes nessa área do conhecimento estavam classificados em genética, bioquímica ou agronomia. Por esse motivo, é possível que os currículos dos especialistas titulados nesses programas estejam registrados em outras áreas da árvore de conhecimento do CNPq, ou não estão devidamente registrados no *CV Lattes*.

9 O fato de a expressão booleana aparecer pelo menos uma vez no currículo, já é contado como um registro.

10 O levantamento de competências apresentado nesta parte do trabalho considerou, para efeito de organização por áreas do conhecimento, a titulação máxima do especialista.

Tabela 4: Freqüência de especialistas em melhoramento genético de plantas por área do conhecimento

Área do conhecimento	Quantidade	%
Agronomia	1.059	58,0%
Biologia Geral	28	1,5%
Biofísica	5	0,3%
Bioquímica	37	2,0%
Botânica	111	6,1%
Genética	117	6,4%
Recursos florestais e engenharia florestal	55	3,0%
Outras áreas	239	13,1%
Não informada	174	9,5%
Total	1.825	100%

Fonte: Plataforma Lattes, acessada pelo Portal Inovação – dez/2008

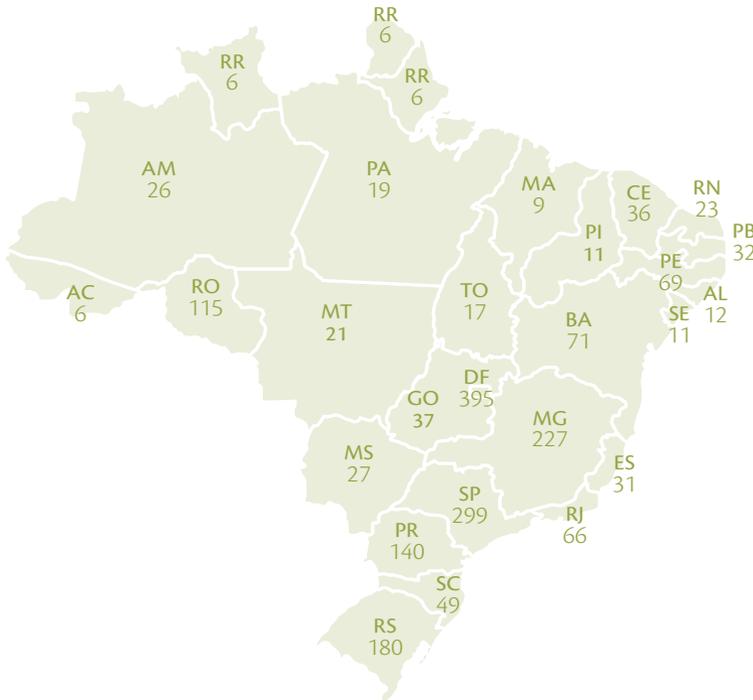
Tabela 5: Percentual de doutores titulados por área do conhecimento com participação no campo do melhoramento genético de plantas

(a) Áreas do conhecimento	(b) Número de titulados em programas correlatos	(c) Número de doutores cadastrados na base Lattes	(d) Proporção dos doutores titulados e cadastrados na base Lattes
Agronomia	1.850	1.059	57%
Biologia Geral	662	28	4%
Biofísica	92	5	5%
Bioquímica	394	37	9%
Biotecnologia	99	0	0%
Botânica	505	111	22%
Genética	373	117	31%
Recursos florestais e engenharia florestal	328	55	17%
Outras áreas	-	239	-
Não informada	-	174	-
Total	4.303	1.825	42%

Fonte: Plataforma Lattes, acessada pelo Portal Inovação – Dez/2008

As competências que atuam diretamente no trabalho de melhoramento vegetal são encontradas em praticamente todas as unidades da federação, com exceção do estado do Amapá, onde não foram encontrados registros doutores (Figura 3).

A partir do levantamento dos titulados em programas correlatos e do estoque de doutores especialistas em melhoramento vegetal encontrado na base *Lattes*, é possível fazer uma estimativa aproximada do percentual de profissionais titulados em programas de pós-graduação e trabalham diretamente no trabalho de melhoramento genético vegetal. Estima-se que cinquenta e sete por cento (57%) dos doutores titulados em programas correlatos enquadrados em Agronomia são profissionais que atuam nesse segmento. Genética (31%) e Botânica (22%) também registram índices significativos (Tabela 5).



Fonte: Plataforma *Lattes*, acessada pelo Portal Inovação – dez/2008

Figura 3: Mapa das competências nacionais em melhoramento genético de plantas por Unidade da Federação

Em relação à localização desses doutores, a região centro-sul do país é responsável pela fixação de 80% das competências. Os Estados de São Paulo (16%) e Minas Gerais (12,4%), mais o Distrito Federal (21,6%), concentram 50,5% da base técnico-científica nacional (Tabela 6).

Tabela 6: Percentual de doutores que efetivamente trabalham no campo do melhoramento genético de plantas por região territorial

Região	Número de doutores	% Região
Norte	79	4%
Nordeste	274	15%
Centro Oeste	480	26%
Sudeste	623	34%
Sul	369	20%
Total	1.825	

Fonte: Plataforma Lattes, acessada pelo Portal Inovação – Dez/2008

3. Cenário futuro para o melhoramento genético vegetal e seus possíveis impactos na capacitação de recursos humanos

A evolução recente da engenharia genética, que passou pelo seqüenciamento de genes de vários organismos vivos, representa uma mudança substantiva das abordagens de melhoramento genético vegetal, o que vem alterando a direção das trajetórias tecnológicas¹¹ da agricultura há muito tempo consolidadas. Vale ressaltar que, mesmo com a emergência da biotecnologia, os parâmetros do melhoramento genético de plantas não se alteram, mas a forma de manipulação e as técnicas de melhoramento mudam substantivamente, complementando o trabalho do melhorista com as chamadas “técnicas convencionais”.

Na atualidade, existem duas frentes não excludentes de pesquisa para área de sementes: o melhoramento convencional¹², que se utiliza de técnicas tradicionais, sustentado em cruzamento e seleção e genética quantitativa, e o melhoramento que utiliza tecnologias modernas para obtenção das modificações genéticas desejadas, derivadas da biologia molecular e das aplicações da informática ao melhoramento. A integração entre o novo e o clássico tem trazido grandes avanços no melhoramento genético de plantas.

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

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

Machado (2005: 02) considera que “o melhoramento é um *re-design* de organismos vivos, a recombinação genética é um procedimento de busca e a biotecnologia é filha dileta da automação de processos”. Nessa mesma linha de pensamento, John Purvis¹³ afirma que a biotecnologia, em especial a engenharia genética¹⁴, é considerada uma das tecnologias-chave do futuro próximo. Com a combinação das ferramentas de manipulação genética (marcadores moleculares, engenharia genética, clonagem, entre outras), é possível realizar mais rapidamente e com sucesso a rota das descobertas e invenções, além da possibilidade de adotar estratégias de diversificação de produtos derivados de organismos vivos. Estima-se que, com a utilização dessas modernas tecnologias, o prazo de obtenção de novas variedades passe de 7 a 8 anos para 3 a 4 (Salles-Filho, 1998; Silveira, 2001).

Um dos produtos mais evidentes de utilização dessas novas ferramentas na agricultura são as plantas geneticamente modificadas ou transgênicas. A possibilidade de desenvolver novas cultivares com novos atributos e independente da compatibilidade sexual entre espécies representa o maior impacto nesse setor, permitindo aumentar a resistência contra pragas e doenças e melhorar a qualidade dos alimentos.

Os primeiros experimentos a campo de plantas transgênicas foram feitos em 1986, nos Estados Unidos e na França, e o primeiro produto alimentício produzido pela moderna biotecnologia a receber aprovação para consumo foi o tomate longa vida (*Flavr-Savr*®), desenvolvido pela empresa americana *Calgene* e comercializada a partir de 1994 (Silveira *et al*, 2004). Em 2004, 63 países realizavam pesquisas com variedades geneticamente modificadas em 57 espécies de plantas, entre grãos, frutas e vegetais (Runge & Ryan, 2004). A plantação de transgênicos em grande escala para fins comerciais chegaram a 282,4 milhões de acres (114,3 milhões de hectares) em 2007 (James, 2008).

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

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

14 “A Engenharia Genética constitui um conjunto de técnicas de análises moleculares que permitem estudos de caracterização, expressão e modificação do material genético (DNA e RNA) dos seres vivos” (Cordeiro, 2003: 09).

Muitas empresas tradicionais do setor de sementes vêm construindo suas capacitações locais para o desenvolvimento de novas cultivares, adotando as técnicas modernas de melhoramento para geração de novos produtos, dentre as quais se encontram a transgenia e as ferramentas de biologia molecular (genômica¹⁵, marcadores moleculares, evolução *in vitro*, clonagem, bioinformática, entre outras) que permitem um trabalho de melhoramento mais objetivo e em menor tempo.

Nos últimos 15 anos, grandes empresas multinacionais do setor químico iniciaram processo de diversificação em direção à indústria de sementes: as possibilidades de combinar técnicas de engenharia genética no desenvolvimento de plantas mais resistentes aos defensivos químicos, às pragas e aos insetos, abriram novas perspectivas de expansão do capital das empresas do ramo agroquímico. Essas empresas perceberam que conhecer, proteger e aplicar tais tecnologias é um diferencial competitivo evidente.

Contudo, a participação de novos atores no mercado de sementes mundial demanda por recursos humanos capacitados a trabalhar com técnicas modernas, provenientes da engenharia genética e genômica, integrando o conhecimento do melhoramento clássico a esse trabalho. Nesse sentido, é importante acompanhar e adotar as recomendações da GIPB (*Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building*)¹⁶, iniciativa da FAO em parceria com instituições de pesquisa e desenvolvimento agrícola dos países-membros.

Entre as ações da GIPB, estão previstas a realização de consultas eletrônicas com especialistas para identificar gargalos e oportunidades relacionadas ao melhoramento de plantas, levando em consideração as necessidades nacionais e regionais existentes em cada país-membro. A primeira consulta¹⁷ foi realizada no ano de 2007 e contou com a participação de 66 especialistas de diferentes instituições localizadas em diversos países para sugerir o plano operacional 2009-2013 da GIPB. Na ocasião, foram estabelecidos cinco objetivos estratégicos desta parceria:

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

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

16 A missão da GIPB é fortalecer os programas de melhoramento genético de plantas dos países a partir de estudos, análises e recomendações institucionais e políticas.

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

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

No futuro próximo, espera-se do melhorista uma visão multidisciplinar, com um perfil diversificado e de conhecimentos integrados com a genômica, engenharia genética e fisiologia de plantas, e também que saiba entender e interagir com o meio ambiente e a sociedade. Para tal, os cursos de pós-graduação devem dotar o aluno de visão sistêmica e de conhecimentos que vão além dos conhecimentos teóricos ligados a sua disciplina específica de pesquisa. Todavia, conhecer as técnicas de melhoramento tradicional para tornar realidade a inserção de genes exógenos, com maior segurança, em outro organismo por meio da biotecnologia, é condição fundamental.

Na atualidade, poucas são as universidades do mundo¹⁸, salvo algumas exceções, que proporcionam uma formação de interface entre melhoramento convencional e biotecnologia, visto que esse é um fenômeno relativamente recente – somente nos últimos cinco anos que alguns centros de formação de recursos humanos montaram programas interdisciplinares de *genomic science* ou *molecular breeding*, fortalecendo a interface entre o novo e o clássico.

Sob a ótica dos países, acompanhar o ritmo e a direção das mudanças que estão em curso permite assegurar o futuro da competitividade agrícola, onde a capacitação e o desenvolvimento tecnológico em melhoramento genético e em biotecnologia são fatores fundamentais para pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de plantas.

18 University of Illinois, Plant Breeding Center (Estados Unidos); Tuskegee University, Plant Molecular Genetics (Estados Unidos); Cornell University, Plant Breeding and Genetics (Estados Unidos); Ghent University, Institute of Plant Biotechnology for Developing Countries (Bélgica); Montana State University (USA); Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science (China); International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (Síria); University of Reading, School of Agriculture, Policy and Development (Reino Unido); Kasetsart University, Center for Agricultural Biotechnology (Tailândia).

4. Posicionamento do Brasil em relação a este cenário: evolução da base técnico-científica e tendências de formação

Até a década de 1980, os programas de melhoramento genético de plantas no Brasil foram fortemente sustentados em seleção baseada em cruzamento e desenvolvidos principalmente por instituições públicas (no Brasil sempre houve programas privados, como os ligados às cooperativas e empresas, normalmente com importância econômica menor que das organizações públicas, mas mesmo assim importantes, como os casos da OCEPAR, FECOTRIGO e Agroceres). Nos últimos 15 anos, com o potencial para geração de híbridos, tem aumentado a importância de programas ligados à iniciativa privada, que hoje domina boa parte do mercado de cultivares, principalmente, das commodities agrícolas e da geração de novos materiais.

Os resultados obtidos a partir da pesquisa e desenvolvimento (P&D) destinados ao setor podem ser expressos pelas taxas de crescimento do PIB agropecuário brasileiro, publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): no período de 1990 a 2002, o PIB agropecuário do país cresceu a 3,18% a.a., enquanto o PIB total do país cresceu 2,71%, e de 1999 a 2002, o PIB agropecuário cresceu quase o dobro do PIB nacional, 4,29% e 2,32%, respectivamente (GASQUES e BASTOS, 2003 apud CASTRO *et al.* 2005). Vale ressaltar que a introdução e a adaptação de cada nova espécie ou variedade representam uma mudança, não somente no balanço comercial do país, mas também no balanço dos elementos que compõem os ecossistemas e a própria sociedade (DEAN, 1989).

O país já conta com escolas que capacitam bons melhoristas com formação em biologia molecular e genética e em métodos ligados ao melhoramento clássico, como os cursos de pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq). Esses dois centros de formação de recursos humanos, mais a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) são responsáveis pela titulação de 50,3% desses melhoristas no período 1996-2007 (Tabela 7). A tabela abaixo apresenta os programas de pós-graduação em nível de doutorado dedicados para formação específica de melhoristas.

Tabela 7: Número de melhoristas formados por programa entre 1996 a 2007

Nº	Programa	Instituição	UF	Conceito Capes	Titulados 1996-2007	%
1	Agronomia	UPF	RS	4	3	0,2%
2	Agronomia	UEL	PR	5	41	2,4%
3	Agronomia	UFMS	RS	4	47	2,7%
4	Agronomia	UFPEL	RS	4	103	5,9%
5	Agronomia (agricultura)	UNESP/BOT	SP	5	109	6,3%
6	Agronomia (fisiologia vegetal)	UFLA	MG	4	27	1,6%
7	Agronomia (fitotecnia)	UFC	CE	4	39	2,3%
8	Agronomia (fitotecnia)	UFLA	MG	4	168	9,7%
9	Agronomia (horticultura)	UNESP/BOT	SP	4	88	5,1%
10	Ciência Florestal - UFV	UFV	MG	4	116	6,7%
11	Engenharia Florestal - UFPR	UFPR	PR	4	183	10,6%
12	Engenharia Florestal - UFMS	UFMS	RS	4	29	1,7%
13	Fitotecnia	UFRRJ	RJ	5	48	2,8%
14	Fitotecnia	UFRCGS	RS	5	100	5,8%
15	Fitotecnia (produção vegetal)	UFV	MG	5	164	9,5%
16	Genética e Melhoramento	UEM	PR	5	5	0,3%
17	Genética e Melhoramento	UFV	MG	6	158	9,1%
18	Genética e Melhoramento de Plantas	UNESP/JAB	SP	5	48	2,8%
19	Genética e Melhoramento de Plantas	USP/ESALQ	SP	7	198	11,4%
20	Genética e Melhoramento de Plantas	UFLA	MG	5	54	3,1%
21	Recursos Genéticos Vegetais	UFSC	SC	5	4	0,2%
Total					1.732	100,0%

Fonte: Capes – dez 2008

Existe atualmente no país um número maior de melhoristas formados com o perfil de melhorista clássico ou capacitados em técnicas de melhoramento convencional, o que proporciona uma visão compartimentada entre o melhoramento convencional e a biologia molecular e mesmo a nova biologia celular.

Contudo, devido à ampliação da entrada de empresas multinacionais no mercado brasileiro, primeiro para abastecimento interno e depois para atender o mercado internacional, motivado inclusive pelo aumento de preços das commodities agrícolas, a quantidade de

melhoristas titulados por ano no Brasil não está atendendo a necessidade das instituições (públicas e privadas) que atuam no setor: poucas são as universidades que proporcionam uma formação de interface entre melhoramento convencional e biotecnologia no país, refletindo em escassez de recursos humanos com perfil mais talhado a enfrentar desafios do setor privado.

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

No caso brasileiro, seria interessante adotar uma política de relacionamento das universidades com o setor empresarial, com um formato institucional que possa ampliar os investimentos em capacitação, mesmo porque, além do ambiente legal favorável, as empresas multinacionais do setor de sementes investem em pesquisa onde já existam recursos humanos capacitados. O ambiente institucional brasileiro ainda é desfavorável ao pleno desenvolvimento das técnicas mais recentes.

Vale ressaltar que no processo da inovação e da competitividade, são as instituições do ensino superior que qualificam os recursos humanos essenciais para dar coerência a políticas nacionais e comunitárias de inovação e competitividade. É importante adequar o currículo dos programas de pós-graduação à demanda existente.

Outro ponto importante para análise da base técnico-científica brasileira em melhoramento genético vegetal refere-se ao número de titulações de doutores especialistas ao longo dos últimos anos (1996 a 2007). Os dados indicam um crescimento marginal no número de titulados em áreas correlatas¹⁹ no período (Tabela 8 – coluna B). Vale lembrar que nem todos os egressos dessas áreas atuam efetivamente no tema, visto a existência de outras linhas de pesquisa nos programas de pós-graduação, além daquelas dedicadas ao melhoramento em si.

19 Conforme metodologia, áreas correlatas são àquelas que possuem programas de pós-graduação, em nível de doutorado, contendo áreas de concentração e/ou linhas de pesquisa com potencial impacto nos programas de melhoramento vegetal. Contemplam as seguintes áreas do conhecimento: 1) agronomia, 2) biologia geral, 3) biofísica, 4) bioquímica, 5) biotecnologia, 6) botânica, 7) genética e 8) recursos florestais e engenharia florestal.

Tabela 8: Percentual de melhoristas titulados em relação ao total de doutores titulados no Brasil entre 1996 a 2007

Ano de Titulação	Número médio de doutores titulados no Brasil (a)	Número médio de doutores titulados em áreas correlatas (b)	(b/c)	Número médio de melhoristas titulados no Brasil (c)	(c/a)	(c/b)
1996-1998	3.620	188	5,2%	114	3,1%	60,6%
1999-2001	5.344	287	5,4%	137	2,6%	47,7%
2002-2004	8.094	420	5,2%	163	2,0%	38,8%
2005-2007	9.366	507	5,4%	171	1,8%	33,7%

Fonte: Capes – dez 2008

Ao analisar o percentual médio de melhoristas titulados nos triênios (1996-1998; 1999-2001; 2002-2004; 2005-2007), observa-se uma redução gradativa no percentual médio de doutores titulados em programas específicos para formação de melhoristas em relação à média de doutores titulados no Brasil no mesmo período (de 3,1% para 1,8%).

Ao observar somente o ano de 2007, esse percentual cai para 1,2%, com 117 melhoristas titulados em instituições de ensino superior no Brasil neste ano.

Se por um lado houve crescimento, mesmo que marginal, no número de titulados em programas correlatos sobre o total de titulações do país no período analisado, por outro lado houve uma redução real no número de melhoristas formados ao longo dos últimos anos, motivada, inclusive, pela criação de novos programas em outras áreas do conhecimento.

Com uma provável retração nos investimentos para formação de recursos humanos e pesquisa e desenvolvimento de novas cultivares, as distâncias científicas e tecnológicas tendem a aumentar consideravelmente em relação a outros países que estão na fronteira do conhecimento. Esse fato vai à contramão dos esforços de atração de investimentos diretos estrangeiros (IDE) destinados à P&D, internalizados no país com a entrada de empresas multinacionais do setor agroquímico e de sementes.

Se for mantida essa política, o país corre sério risco de perder seu papel protagonista no desenvolvimento de cultivares e de inovações na agricultura já nos próximos cinco ou dez anos, passando a ser um mero receptor de tecnologias e conhecimentos gerados externamente. Conforme já mencionado no texto, empresas transnacionais realizam P&D nos países onde existam recursos humanos capacitados, além de marcos regulatórios definidos.

Machado (2005) aponta algumas áreas de pesquisa que podem surtir efeitos positivos na formação profissional e acadêmica dos futuros melhorista brasileiros, são elas: seleção recorrente e marcadores moleculares; evolução *in vitro*; técnicas massivas de análise da expressão gênica; biologia de sistemas e biologia sintética²⁰ – tudo isso aliado à bioinformática como ferramenta de automação de processos já consagrados, buscando redescobrir e utilizar, com maior velocidade, o que já existe nos bancos internacionais de códigos genéticos. Além dessas áreas indicadas acima, a nanotecnologia está rapidamente convergindo com a biotecnologia e a tecnologia da informação e pretende alterar radicalmente os sistemas de alimentação e agricultura (ECT Group, 2004).

O desafio é acompanhar o ritmo das mudanças técnico-científicas e a velocidade de atualização das tecnologias que potencializam o trabalho de melhoramento pela comunidade científica brasileira e isso envolve certamente aplicações crescentes de recursos financeiros (públicos e privados) e formação de mais doutores e especialistas para resolução de problemas (em termos de volume e qualidade).

5. Considerações finais

Este artigo apresenta o mapa da capacitação e da base técnico científica em melhoramento genético de plantas no Brasil, a partir de uma metodologia que utiliza bancos de dados públicos e de grande utilidade para o aprimoramento das políticas públicas de formação de recursos humanos em áreas estratégicas para o país.

É importante ressaltar que os dados referentes aos egressos podem estar superestimados, tendo em vista que os “programas correlatos” são considerados neste estudo como todos os programas de pós-graduação existentes no país com pelo menos uma área de concentração e/ou linha de pesquisa relacionada ao melhoramento vegetal. Em muitos dos programas analisados, existem também outras linhas de pesquisa não dedicadas exclusivamente a esse campo do conhecimento, com implicações nas áreas de saúde humana, animal e meio ambiente.

Os dados de especialistas a partir da Base Lattes, que contou com a utilização de palavras-chave específicas e depende do cadastro voluntário de doutores, podem conter imprecisões, pelo fato das inclusões dependerem do próprio especialista e a busca dessas palavras se derem em qualquer campo de ocorrência no currículo do mesmo.

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

Qualquer política de fortalecimento da capacitação ou de indução estratégica poderá lançar mão de levantamentos que, como este, possibilitam o mapeamento das competências individuais e institucionais a partir dessas bases de dados. As informações levantadas contribuem para identificar e localizar instituições e programas capazes de formar profissionais em áreas relevantes para o melhoramento vegetal, assim como reconhecer o estoque de doutores que atua em especialidades relacionadas.

Nesse contexto, os resultados desse levantamento apontam para a existência de 69 programas de pós-graduação, em nível de doutorado, que apresentam áreas de concentração e/ou linhas de pesquisa relacionadas ao melhoramento vegetal e biotecnologia. Praticamente 85% dos programas de pós-graduação correlatos estão localizados nas regiões Sul e Sudeste e são responsáveis pela titulação de 88% dos melhoristas e/ou doutores desse campo do conhecimento. As principais áreas de formação de recursos humanos para o segmento são Agronomia, Genética e Botânica.

A Região Norte do país conta com apenas dois programas correlatos: Botânica, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e Biotecnologia, na Universidade Federal do Amazonas (Ufam), ambos com Conceito 3 pela Capes. Esta mesma região conta com 4% do total de doutores que efetivamente trabalham com melhoramento genético vegetal (não foram encontrados registros de pesquisadores no estado do Amapá). O Brasil tem todas as condições de liderar o assunto de valoração da biodiversidade, mas para isso tem que ampliar a competência nacional a respeito de recursos genéticos *in situ* e bioprospecção na região, não somente em botânica ou taxonomia, mas profissionais com visão de valor para saber valorar os recursos genéticos de modo a contabilizar e planejar a repartição de benefícios.

No Nordeste, três são os estados com programas de pós-graduação correlatos ao campo do conhecimento: CE (1), PE (3) e BA (1) – representa 7,4% do total de programas correlatos ao campo do conhecimento. A presença de melhoristas e/ou doutores que trabalham com melhoramento de plantas na região estão presentes em todos os estados da federação, com destaque para Bahia (71) e Pernambuco (69).

O Centro-Oeste possui três programas de formação de recursos humanos correlatos ao melhoramento localizados no Distrito Federal: Fitopatologia (UnB); Ciências Biológicas - Biologia Molecular (UnB) e Ciências Genômicas e Biotecnologia (UCB). Mesmo com a centralização de cursos na capital federal, a região central do Brasil conta com 26% da base técnico-científica nacional em melhoramento (DF – 395 especialistas; GO – 37; MT – 21; MS – 27) e responsável por 40% da produção brasileira de grãos, uma das maiores fronteiras agrícolas do mundo.

A Região Sudeste, com a maior presença de programas de pós-graduação correlatos (60,3%) e de contingente de recursos humanos capacitados (3,4%), apresenta-se como o maior centro de capacitação e de fixação de pessoal qualificado nas instituições de pesquisa e de

envolvimento localizadas, principalmente, nos estados de São Paulo (299 especialistas) e Minas Gerais (227).

O Sul do país ocupa a segunda colocação em número de programas correlatos (25%) e terceiro em contingente de pessoal (20%), superado pelo Sudeste e Centro-Oeste.

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

A ausência de políticas governamentais de longo prazo, a pulverização de recursos financeiros, a descontinuidade na liberação destes, ocorrida em certas fases dos programas de melhoramento genético de plantas existentes no país, e da visão compartimentada entre o melhoramento convencional e o moderno em alguns centros de formação, pode levar o país à desatualização dessa área em que a competência nacional apresenta certa competitividade.

Nesse cenário, é urgente ampliar os investimentos em capacitação, com visão integrada entre o melhoramento clássico e moderno, de modo a atender a necessidade das instituições que atuam no setor e de programas de melhoramento genético vegetal, incentivando o uso sistemático dessas modernas técnicas para desenvolver novas variedades de plantas.

Referências

- CASTRO, A.M.G et al. O futuro do melhoramento genético no Brasil: impactos da biotecnologias e das leis de proteção de conhecimento. Brasília, DF. EMBRAPA, 2005.
- CORDEIRO, M.C.R, Engenharia Genética: conceitos básicos, ferramentas e aplicações. Documento 86. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. Brasília. 2003
- DEAN, W., A Botânica e a Política Imperial: Introdução e Adaptação de Plantas no Brasil Colonial e Imperial. Artigo. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (IEA-USP). Conferência feita no Instituto de Estudos Avançados da USP no dia 21 de junho de 1989. São Paulo. 1989.
- DOSI, G. et al. (orgs) Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers, London. 1988.
- DOSI, G., Technological paradigms and technological trajectories, Research Policy, v.2, n.3, p.147-162, 1982.
- ETC Group, Extreme Genetic Engineering: An Introduction to Synthetic Biology. 2007
- FEHR, W.R. Principles of cultivars development. New York: Macmillan, 1987.
- GASQUES, J. G. et al, Desempenho e Crescimento do Agronegócio Brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Diretoria de Políticas e Estudos Sociais (DISET), 2004.
- JAMES, C. Global Status of Commercialized Biotech / GM Crops: 2007. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA Briefs No. 37-2007). 2008.
- MACHADO, J. Tecnologia da Informação e Melhoramento Genético: uma investigação sobre interações G x E* nos espaços de inflexão coevolutiva CGEE. 2005 (texto para discussão)
- PARLAMENTO EUROPEU. O futuro da biotecnologia. Relatório (2000/2100(INI)), número A5-0080/2001, da Comissão da Indústria, do Comércio Externo, da Investigação e da Energia, RELATOR John Purvis – Comissão Européia. 2001
- RUNGE & RYAN, The Global Diffusion of Plant Biotechnology: International Adoption and Research in 2004, University of Toronto, 2004
- SILVIERA, J. M. F. J.; Borges, IC. Um Panorama da Biotecnologia Moderna, 2004. in Silveira, JM, Dal Poz, ME, Assad, AL. Biotecnologia e Recursos Genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil, Campinas, Brasil, 2004

TEIXEIRA, R. A., Capacitação em melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. Dissertação. Campinas, SP, 2008.

VIOTTI, E. B, BAESSA, A. R., Características do emprego dos doutores brasileiros: características do emprego formal no ano de 2004 das pessoas que obtiveram título de doutorado no Brasil no período 1996-2003. Brasília. CGEE, 2008.

Bases de dados utilizadas

DataCapes

(<http://ged.capes.gov.br/AgDw/silverstream/pages/frPesquisaColeta.html>)

Plataforma *Lattes*, acessada pelo Portal Inovação

(www.portalinovacao.mct.gov.br)

Anexos

Anexo 1: Número de titulados por áreas do conhecimento correlatas ao melhoramento genético vegetal por ano

Ano	Agronomia	Biologia Geral	Biofísica	Bioquímica	Biotecnologia
1996	85	8	0	19	0
1997	108	6	0	13	0
1998	104	15	0	22	0
1999	107	25	0	32	0
2000	131	29	2	25	0
2001	159	41	11	30	5
2002	168	81	4	40	5
2003	230	73	21	35	14
2004	180	78	11	36	11
2005	202	95	19	54	10
2006	243	101	12	49	20
2007	133	110	12	39	34
Total	1.850	662	92	394	99

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Anexo 2: Número de programas e de titulados por região territorial

Região	Número de programas por região	% programas por região
Norte	2	2,9%
Nordeste	5	7,2%
Centro Oeste	3	4,3%
Sudeste	41	59,4%
Sul	18	26,1%
Total	69	

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Ano	Botânica	Genética	Recursos florestais e engenharia florestal	Total
1996	15	14	16	157
1997	28	19	14	188
1998	28	18	13	200
1999	27	31	22	244
2000	40	31	29	287
2001	40	29	25	340
2002	45	25	32	400
2003	58	41	37	509
2004	43	36	25	420
2005	47	38	39	504
2006	56	33	33	547
2007	78	58	43	507
Total	505	373	328	4.303

Região	Titulados por região	% Titulados por região
Norte	70	1,6%
Nordeste	263	6,1%
Centro Oeste	152	3,5%
Sudeste	2.853	66,3%
Sul	965	22,4%
Total	4.303	

Anexo 3 – Número de programas de pós-graduação e titulados por unidade da Federação

Região	UF	Quantidade de programas							Total de programas	
		Agronomia	Biologia Geral	Biofísica	Bioquímica	Biotecnologia	Botânica	Genética		Recursos florestais e engenharia florestal
Norte	AC								0	
	AM					1	1		2	
	RO								0	
	RR								0	
	PA								0	
	TO								0	
	AP								0	
Nordeste	MA								0	
	PI								0	
	BA						1		1	
	CE	1							1	
	RN								0	
	PB								0	
	PE	1	1				1		3	
Centro Oeste	AL								0	
	SE								0	
	MT								0	
	MS								0	
	GO								0	
Sudeste	DF	1	1			1			3	
	SP	8	3	1	1	2	2	1	18	
	RJ	1	1	1			2	1	6	
	ES								0	
	MG	8	2		1		2	3	17	
Sul	RS	4	2			1	1	1	10	
	SC	1							1	
	PR	2	1		1	1		1	7	
Total Geral		27	11	2	3	6	10	7	3	68

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Número de titulados

	Agronomia	Biologia Geral	Biofísica	Bioquímica	Biotecnologia	Botânica	Genética	Recursos florestais e engenharia florestal	Total de titulados
AC									0
AM					35	35			70
RO									0
RR									0
PA									0
TO									0
AP									0
MA									0
PI									0
BA						24			24
CE	39								39
RN									0
PB									0
PE	28	120				52			200
AL									0
SE									0
MT									0
MS									0
GO									0
DF	30	120			2				152
SP	679	143	37	157	55	240	54		1.365
RJ	48	156	55			63	85		407
ES									0
MG	723	5		151		18	68	116	1.081
RS	253	65			2	73	127	29	549
SC	4								4
PR	46	53		86	5		39	183	412
	1.850	662	92	394	99	505	373	328	4.303

Anexo 4: Competências nacionais em melhoramento genético de plantas por unidade da Federação

Número de doutores – base de currículos

Região	UF	Número de doutores – base de currículos				
		Agronomia	Biologia Geral	Biofísica	Bioquímica	Biotecnologia
Norte	AC	6				
	AM	9				
	RO					
	RR					
	PA					
	TO					
	AP					
	MA					
Nordeste	PI					
	BA	50			2	
	CE	17			6	
	RN					
	PB	19	1		1	
	PE	37	6		1	
	AL	5				
	SE					
Centro Oeste	MT					
	MS					
	GO	21			1	
	DF	265	10	3	5	
Sudeste	SP	205	3	1	3	
	RJ	31	2	1	2	
	ES	23				
	MG	148	2		10	
	RS	108	1		2	
Sul	SC	32			1	
	PR	83	1		1	
Total Geral		1.059	26	5	35	0

Fonte: Plataforma Lattes, acessada pelo Portal Inovação – Dez/2008

Lattes (via Portal Inovação)

	Botânica	Genética	Recursos florestais e engenharia florestal	Outras áreas ou não informado	Total UF
AC					6
AM	5	3	1	8	26
RO				5	5
RR				6	6
PA				19	19
TO				17	17
AP					0
MA				9	9
PI				11	11
BA	6	3		10	71
CE	3	1		9	36
RN				23	23
PB		1	2	8	32
PE	11	2	2	10	69
AL	2			5	12
SE				11	11
MT				21	21
MS				27	27
GO	1	2		12	37
DF	16	30	13	53	395
SP	31	24	2	30	299
RJ	5	4	2	19	66
ES	2	1	1	4	31
MG	5	7	13	42	227
RS	11	21	3	34	180
SC	5	1		10	49
PR	2	12	11	30	140
	105	112	50	433	1.825

Anexo 5: Número de doutores titulados por ano em Agronomia, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Qtd	Total				133
	Programa	Instituição	UF	Conceito	Ano 2007
1	Agronomia	UPF	RS	4	3
2	Agronomia	UEL	PR	5	
3	Agronomia	UFSM	RS	4	9
4	Agronomia	UFPEL	RS	4	17
5	Agronomia (agricultura)	UNESP/BOT	SP	5	
6	Agronomia (estatística e experimentação agrônômica)	USP/ESALQ	SP	4	7
7	Agronomia (fisiologia vegetal)	UFLA	MG	4	7
8	Agronomia (fitopatologia)	UFLA	MG	4	
9	Agronomia (fitopatologia)	USP/ESALQ	SP	5	
10	Agronomia (fitopatologia)	UFV	MG	6	8
11	Agronomia (fitotecnia)	UFC	CE	4	
12	Agronomia (fitotecnia)	UFLA	MG	4	
13	Agronomia (genética e melhoramento de plantas)	UNESP/JAB	SP	5	
14	Agronomia (genética e melhoramento de plantas)	USP/ESALQ	SP	7	11
15	Agronomia (horticultura)	UNESP/BOT	SP	4	13
16	Bioquímica Agrícola	UFV	MG	5	6
17	Fisiologia Bioquímica de Plantas	USP/ESALQ	SP	4	5
18	Fitopatologia	UFRPE	PE	4	4
19	Fitopatologia	UNB	DF	4	2
20	Fitotecnia	UFRRJ	RJ	5	4
21	Fitotecnia	UFRGS	RS	5	9
22	Fitotecnia	USP/ESALQ	SP	5	
23	Fitotecnia (produção vegetal)	UFV	MG	5	
24	Genética e Melhoramento	UEM	PR	5	3
25	Genética e Melhoramento	UFV	MG	6	21
26	Genética e Melhoramento de Plantas	UFLA	MG	5	
27	Recursos Genéticos Vegetais	UFSC	SC	5	4

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

243	202	180	230	168	159	131	107	104	108	85	1.850	%
Ano 2006	Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total	
											3	0,16%
15	10	5	11								41	2,22%
11	6	5	9	5	1	1					47	2,54%
19	17	12	14	13	2	7	1	1			103	5,57%
12	12	5	15	10	10	11	6	12	6	10	109	5,89%
	3	2	4	2	4	1	4	3	4	5	39	2,11%
9	4	5	2								27	1,46%
7	6	5	9	3	4	2					36	1,95%
9	7	3	6	4	7	9	4	6	6	6	67	3,62%
9	5	11	8	10	16	7	4	3	5	7	93	5,03%
1	6	7	8	5	4	6	2				39	2,11%
23	13	17	16	17	13	22	10	5	17	15	168	9,08%
6	4	6	17	8	5	2					48	2,59%
17	19	14	14	12	17	18	23	18	21	14	198	10,70%
11	10	4	11	7	8	8	3	6	6	1	88	4,76%
6	4	4	2	1							23	1,24%
											5	0,27%
7	3	5	8	1							28	1,51%
3	2	4	1	1	5	3	4	2	2	1	30	1,62%
9	9	9	6	4	5	2					48	2,59%
4	10	10	12	16	12	2	7	12	5	1	100	5,41%
18	14	15	18	8	10	9	8	9	10	6	125	6,76%
18	17	15	19	16	18	7	12	16	17	9	164	8,86%
2											5	0,27%
21	14	10	15	14	14	9	15	8	7	10	158	8,54%
6	7	7	5	11	4	5	4	3	2		54	2,92%
											4	0,22%

Anexo 6: Número de doutores titulados por ano em biologia geral, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Biologia Geral

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito
1	Biologia Celular e Estrutural	UFV	MG	3
2	Biologia Geral e Aplicada	UNESP/BOT	SP	4
3	Biologia Celular e Molecular	PUC/RS	RS	4
4	Ciências Biológicas	UFOP	MG	5
5	Ciências Biológicas (biologia celular e molecular)	UNESP/RC	SP	5
6	Ciências Biológicas (biologia celular)	UEM	PR	5
7	Biologia Celular e Molecular	UFRGS	RS	6
8	Biologia Celular e Estrutural	UNICAMP	SP	6
9	Ciências Biológicas	UFPE	PE	5
10	Ciências Biológicas (biologia molecular)	UNB	DF	6
11	Biologia (biociências nucleares)	UERJ	RJ	6

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Anexo 7: Número de doutores titulados por ano em biofísica, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Biofísica					12	12
Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito	Ano 2007	Ano 2006
1	Biociências e Biotecnologia	UENF	RJ	3	7	5
2	Biofísica Molecular	UNESP/SJRP	SP	5	5	7

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

110 101 95 78 73 81 41 29 25 15 6 8 662

Ano 2007	Ano 2006	Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
1												1
1												1
1	1											2
3		1										4
9	7	3	2	5	4	3	2					35
10	6	8	9	10	7	3						53
13	13	16	8	7	5	1						63
22	24	15	6	9	11	6	6	5	2	1		107
14	17	14	14	15	19	11	8	6	2			120
13	11	14	12	14	17	8	6	11	4	2	8	120
23	22	24	27	13	18	9	7	3	7	3		156

19 11 21 4 11 2 0 0 0 0 92

Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
13	11	10	2	7						55
6	0	11	2	4	2					37

Anexo 8 : Número de doutores titulados por ano em bioquímica, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Bioquímica

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito
1	Biologia Funcional e Molecular	UNICAMP	SP	6
2	Bioquímica e Imunologia	UFMG	MG	7
3	Ciências (bioquímica)	UFPR	PR	6

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Anexo 9: Número de doutores titulados por ano em biotecnologia, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Biotecnologia

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito
1	Biotecnologia	UFAM	AM	3
2	Biotecnologia	UCS	RS	4
3	Biotecnologia	UNESP/ARAR	SP	4
4	Biotecnologia	UMC	SP	4
5	Processos Biotecnológicos	UFPR	PR	4
6	Ciências Genômicas e Biotecnologia	UCB	DF	5

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

39 49 54 36 35 40 30 25 32 22 13 19 394

Ano 2007	Ano 2006	Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
16	22	24	21	22	12	10	9	16	5			157
15	19	19	8	7	20	11	11	7	11	10	13	151
8	8	11	7	6	8	9	5	9	6	3	6	86

34 20 10 11 14 5 5 0 0 0 0 0 99

Ano 2007	Ano 2006	Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
18	13	2	2									35
2												2
6	7	8	9	14	5	5						54
1												1
5												5
2												2

Anexo 10: Número de doutores titulados por ano em botânica, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Botânica

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito
1	Biologia Vegetal	UFMG	MG	5
2	Biologia Vegetal	UNICAMP	SP	6
3	Biotecnologia Vegetal	UFRJ	RJ	4
4	Botânica	UFV	MG	4
5	Botânica	UFRPE	PE	4
6	Botânica	UEFS	BA	5
7	Botânica	UFRGS	RS	5
8	Ciências Biológicas (botânica)	INPA	AM	3
9	Ciências Biológicas (botânica)	UNESP/BOT	SP	3
10	Ciências Biológicas (botânica)	UFRJ	RJ	4

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

Anexo 11: Número de doutores titulados por ano em genética, agrupados por programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Genética

58

33

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito	Ano 2007	Ano 2006
1	Bioinformática	UFMG	MG	5	7	1
2	Ciências Biológicas (genética)	UFRJ	RJ	6	4	6
3	Genética	UFPR	PR	3	5	4
4	Genética	UNESP/SJRP	SP	4	6	3
5	Genética	UFMG	MG	5	10	1
6	Genética e Biologia Molecular	UFRGS	RS	7	13	12
7	Genética e Bioquímica	UFU	MG	3	13	6

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

78 56 47 43 58 45 40 40 27 28 28 15 505

Ano 2007	Ano 2006	Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
5	4	2										11
14	16	13	21	17	20	15	18	9	14	15	8	180
4	2	4	1	8		5	6	2	1			33
7												7
5	5	4	5	4	6	8	4	2	4	4	1	52
16	8											24
7	5	16	9	11	6	5	5	3	5	1		73
4	4	3		5	3	2	3	2	1	4	4	35
7	6	5	7	5	3	5	4	9	3	4	2	60
9	6			8	7							30

38 36 41 25 29 31 31 18 19 14 373

Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
										8
6	5	6	7	9	9	9	8	9	7	85
3	4	7	1	6	5	4				39
8	7	7	2	4	6	3	4	1	3	54
										11
17	8	11	11	10	11	15	6	9	4	127
4	12	10	4							49

Anexo 12: Número de doutores titulados por ano em Engenharia Florestal e Recursos Florestais, agrupados por Programas de pós-graduação correlatos ao melhoramento genético vegetal por ano

Engenharia Florestal e Recursos Florestais 43 33

Qtd	Programa	Instituição	UF	Conceito	Ano 2007	Ano 2006
1	Ciência Florestal - UFV	UFV	MG	4	9	8
2	Engenharia Florestal - UFPR	UFPR	PR	4	24	22
3	Engenharia Florestal - UFSM	UFSM	RS	4	10	3

Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Dez/2008

39 25 37 32 25 29 22 13 14 16 328

Ano 2005	Ano 2004	Ano 2003	Ano 2002	Ano 2001	Ano 2000	Ano 1999	Ano 1998	Ano 1997	Ano 1996	Total
15	10	13	5	12	12	11	6	8	7	116
18	12	21	23	13	17	11	7	6	9	183
6	3	3	4	0	0	0	0	0	0	29

