

CAPÍTULO 4

Cenário atual e perspectivas futuras de PD&I no Brasil

Duarte Vilela, José Alberto Bastos Portugal

Introdução

No Brasil, o “descontrole inflacionário, a vulnerabilidade externa e o desequilíbrio fiscal-financeiro”, deram lugar à estabilidade econômica, resultante de um conjunto de fatores, como “a elevação do País à categoria de investidor, o cumprimento das metas de inflação, a obtenção de superávits comerciais, a acumulação de divisas, a redução dos indicadores de endividamento público e a melhoria da distribuição de renda”. Essas condições são essenciais para atingir um crescimento sustentável, numa perspectiva de longo prazo.

Isso é fruto de uma política de desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) iniciada no Brasil na década de 1950, que vem sendo edificada ao longo desses anos, contribuindo para que o País amplie a visão de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), rumo à consolidação de um Sistema Nacional de Inovação.

No processo de construção de um ambiente favorável para C,T&I, destacam-se a criação e o fortalecimento dos sistemas federal e estaduais de P,D&I; as ações e os investimentos voltados para a capacitação e qualificação de pesquisadores; o aumento do financiamento de projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação; a promoção do desenvolvimento social; a articulação entre os agentes que integram os diferentes sistemas produtivos, a publicação da Lei de Inovação, dentre outros.

Para continuar avançando em direção da fronteira do conhecimento é necessário migrar do conceito de eficiência individual para eficiência coletiva, construindo-se, assim, uma estrutura de organização sistêmica e políticas de inovação efetivas.

Ciência, tecnologia e inovação no Brasil

Os avanços da economia brasileira e latino-americana, em função da relação produtividade/conhecimento, ainda sofrem da “síndrome do crescimento lento crônico”. Para romper esse estado de letargia, estabelecendo um ciclo de crescimento da produtividade, de atividades de alto valor agregado e aumento da qualidade de vida, será preciso intensificar as ações para fortalecimento e valorização do sistema de P,D&I (IDB, 2010a).

No Brasil, a revisão das políticas públicas para investimento e incremento em C,T&I, teve início com a reorganização dos sistemas de pesquisa, que incluiu a implantação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e dos Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, caracterizando-se como alternativas relevantes para a valorização da atividade inovativa, pré-requisito para garantir a competitividade do país em uma estrutura globalizada.

Outro marco importante foi a regulamentação da Lei de Inovação – Lei nº 10.973/2004 e Decreto nº 5.563/2005, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (BRASIL 2004, 2005).

A constituição desse ambiente propício para pesquisa e inovação poderá contribuir para melhorar a posição do Brasil frente ao índice global de inovação. Em 2011, num universo de 125 países, o Brasil ficou classificado em 47º lugar (3º lugar entre os países da América Latina e Caribe - ALC); em 2012, foi 58º (141 países), sendo 2º lugar na ALC (DUTTA, 2011; 2012).

De acordo com estudos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2010; IDB, 2010,b) os obstáculos aos investimentos em inovação

na América Latina estão relacionados a quatro fatores principais: a) a restrição para acesso a financiamentos e crédito, relacionada, sobretudo, com o alto custo de capital; b) os longos períodos para recuperação dos investimentos ou alcance de rendimentos positivos; c) a estrutura e o tamanho reduzido do mercado, que dificultam o acesso aos mercados regionais, limitando a atuação de muitas empresas ao mercado interno/local, geralmente pequeno e sem padrões de referência; d) a baixa qualificação profissional necessária para as atividades de inovação, revelando uma carência por programas de capacitação e serviços tecnológicos, bem como falhas na comunicação e coordenação entre os diferentes elos dos sistemas nacionais de inovação, incluindo as universidades e as empresas comerciais.

No Brasil, os riscos econômicos (40%), os elevados custos (31,1%), os problemas relacionados ao financiamento (31,5%), as dificuldades na obtenção de informações (21%) e os fatores internos à empresa (6%) foram citados como os principais obstáculos à realização de inovação pelas empresas, de acordo com a análise da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2010).

Encontrar mecanismos para incrementar a inovação nas empresas é o desafio a ser vencido e, pelo menos três alternativas podem ser propostas. Uma, seria a ampliação do percentual do PIB revertido em investimentos para P,D&I, a exemplo do que é praticado nos países da OECD e países emergentes (Tabela 1).

A segunda alternativa é a criação de mecanismos que estimulem os investimentos em inovação pela própria empresa, principalmente se forem considerados os custos fixos elevados e os riscos dessas atividades (BID, 2010; IDB, 2010b) (FIGURA 1).

Nesse sentido, o Plano Brasil Maior é uma estratégia definida pelo governo brasileiro. “As ações de apoio à indústria buscam fortalecer a competitividade, acelerar os ganhos de produtividade, promover o adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor, ampliar mercados, criar empregos de melhor qualidade e garantir um crescimento inclusivo e sustentável” (MDIC, 2011).

Tabela 2. Pedidos e concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1998-2011.

Países		1998	2000	2005	2011
África do Sul	Pedidos	211	209	197	339
	Concessões	132	125	108	144
Argentina	Pedidos	119	137	94	156
	Concessões	46	63	29	47
Brasil	Pedidos	165	220	295	586
	Concessões	88	113	98	254
China	Pedidos	181	469	2.127	10.545
	Concessões	88	161	565	3.786
Cingapura	Pedidos	336	632	919	1.564
	Concessões	136	242	377	696
Coréia do Sul	Pedidos	5.452	5.705	17.217	27.289
	Concessões	3.362	3.472	4.591	13.239
Estados Unidos	Pedidos	135.483	164.795	207.867	247.750
	Concessões	90.697	97.011	82.586	121.261
Rússia	Pedidos	273	382	366	719
	Concessões	194	185	154	307

Fonte(s): United State Patent and Trademark Office (USPTO), dados extraídos em 24/09/2012: pedidos de patentes: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.htm; patentes concedidas: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm.

Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Atualizada em:** 25/09/2012

Nota(s): período ano calendário (01/01 a 31/12).

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/342765/Pedidos_e_concessoes_de_patente_s_de_invencao_junto_ao_escritorio_norte_americano_de_patentes_USPTO_segundo_paises_d_e_origem_selecionados.html. **Acessado em** 29/10/2012

A implantação das diretrizes estratégicas propostas no Plano Brasil Maior poderão contribuir para ampliar os investimentos em atividades inovadoras, como parte da política interna das empresas. Isto será fundamental para estimular a mudança no cenário apontado pelos dados do PINTEC/IBGE (2010). Entre 2006-2008, 3,4% das empresas de fabricação de produtos alimentícios investiram em atividades internas de inovação, enquanto que na Alemanha, França e Dinamarca, o percentual variou de 55 a 95%. Outro benefício será a implementação de inovações pelas empresas. De 2006 a 2008, 38,1% das empresas fizeram inovação em produto ou processo (IBGE, 2010).

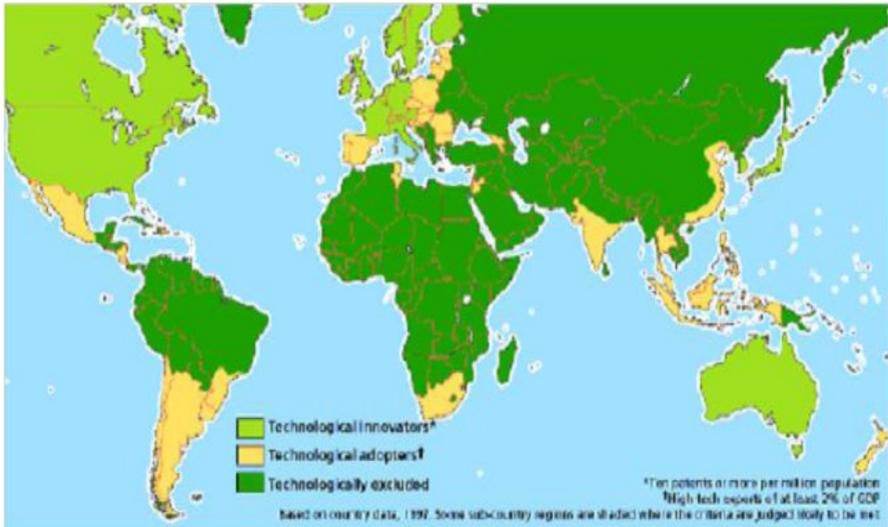


Figura 1. Atual divisão do mundo pelo fator Inovação.

Fonte: The Economist 2000, Jeffrey Sachs. Elaborado por Abreu (2012)

Para tanto, é preciso redefinir as políticas e ações para melhorar o arranjo institucional, estimulando o trabalho colaborativo; ampliar os recursos e financiamento para pesquisa (relação com o PIB); e garantir que o conhecimento acumulado em P&D seja transferido para as práticas de inovação e para a melhoria do desenvolvimento social (RICYT, 2009).

A terceira estratégia é a formação de Redes de Cooperação Tecnológica, com pesquisadores atuando em conjunto, em prol de resultados mais confiáveis, de maneira rápida e econômica.

Para estabelecer a organização de redes e da pesquisa colaborativa é preciso romper algumas barreiras que permeiam as relações institucionais. De acordo com Penido (2010), os principais fatores que limitar a composição de redes são: a) os pesquisadores se sentem autossuficientes e independentes, não necessitando de parcerias na condução de pesquisas, evidenciando-se uma forte relação entre orientador-aluno; b) a falta de recursos das entidades subjuga a qualificação das pessoas e a qualidade dos projetos e, por isso, as parcerias são motivadas apenas pela possibilidade de se obterem recursos financeiros; c) o excesso de

atividades institucionais atribuídas aos pesquisadores pode ser um fator limitante para que os mesmos saiam das suas origens para realizar pesquisas e projetos integrados.

Além do foco na valorização e aplicação do conhecimento acumulado, também merecem destaque as ações que visam à proteção do conhecimento, por meio de registro de patentes.

De acordo com dados do IDB (2010a,b), a Coréia do Sul registrou 150 patentes por 1 milhão de habitantes (Registro de Patentes e Marcas dos Estados Unidos), enquanto na América Latina, foram depositadas menos de 1 patente por 1 milhão de habitantes. No Brasil, 10% das empresas investem no registro de patentes, enquanto que na Alemanha, esse percentual chega a 30% (Tabela 2).

A divulgação do conhecimento, como produção científica, da mesma forma, tem que receber mais atenção e incentivos. A publicação científica na América Latina cresceu sobremaneira nos últimos 15 anos e, ainda, assim, são apenas 50 publicações para cada um milhão de habitantes na América Latina, contra 300 publicações observadas nos países desenvolvidos e emergentes (IDB, 2010b) (Tabela 3).

O Brasil ocupa a 15ª posição entre os países com o maior número de *papers* publicados, mesma posição considerando-se apenas as publicações da área de Ciências Agrárias (ano referência - 2009), mas ainda com impacto relativo negativo (SCIENCEWATCH®, 2008; 2009).

Isso mostra que um perfil científico avançado não garante, por si só, uma conexão efetiva entre conhecimento científico e avanço econômico e social. Portanto, as instituições de pesquisa precisam encontrar meios para se vincularem mais fortemente e de maneira natural ao setor produtivo, como já se observa nos países desenvolvidos (WILLCOX, 2004; IDB, 2010b).

Um dos caminhos seria romper a linearidade tradicional aplicado na geração do conhecimento (pesquisa básica – pesquisa aplicada – tecno-

logia – produto), sustentado por um modelo de organização disciplinar e de pesquisa homogênea, onde o pesquisador tem um compromisso estrito com o conhecimento, sem se preocupar com as implicações práticas do seu trabalho, para dar lugar a um *modus operandi* não-linear, no qual o conhecimento é estabelecido a partir das aplicações, dentro de um contexto transdisciplinar, heterogêneo e de diversidade organizacional, com um senso de “responsabilização” e “reflexibilidade”, no qual o pesquisador esteja atento às implicações não-científicas do seu trabalho, sempre associado ao conceito de inovação (SCHWARTZMAN, 2002; WILLCOX, 2004).

Tabela 2. Pedidos e concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1998-2011.

	Países	1998	2000	2005	2011
África do Sul	Pedidos	211	209	197	339
	Concessões	132	125	108	144
Argentina	Pedidos	119	137	94	156
	Concessões	46	63	29	47
Brasil	Pedidos	165	220	295	586
	Concessões	88	113	98	254
China	Pedidos	181	469	2.127	10.545
	Concessões	88	161	565	3.786
Cingapura	Pedidos	336	632	919	1.564
	Concessões	136	242	377	696
Coréia do Sul	Pedidos	5.452	5.705	17.217	27.289
	Concessões	3.362	3.472	4.591	13.239
Estados Unidos	Pedidos	135.483	164.795	207.867	247.750
	Concessões	90.697	97.011	82.586	121.261
Rússia	Pedidos	273	382	366	719
	Concessões	194	185	154	307

Fonte(s): United State Patent and Trademark Office (USPTO), dados extraídos em 24/09/2012: pedidos de patentes: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.htm; patentes concedidas: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm.

Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Atualizada em:** 25/09/2012

Nota(s): período ano calendário (01/01 a 31/12).

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/full/342765/Pedidos_e_concessoes_de_patentes_de_invencao_junto_ao_escritorio_norte_americano_de_patentes_USPTO_segundo_paises_de_origem_selecionados.html. **Acessado em** 29/10/2012

Tabela 3. Países com maior variação do número de artigos publicados em periódicos científicos indexados pela Thomson/ISI, 1981/2009

País	1981	2009	Variação % 2009/1981
Coréia do Sul	241	38.651	15.937,8
China	1.204	118.108	9.709,6
Turquia	337	22.037	6.439,2
Taiwan	531	24.442	4.503,0
Brasil	1.949	32.100	1.547,0
Japão	27.950	78.930	182,4
Alemanha	35.152	89.545	154,7
Reino Unido	39.991	92.628	131,6
Estados Unidos	183.104	341.038	86,3

Fonte(s): National Science Indicators (NSI) da Thomson Reuters Scientific INC

Elaboração: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Atualizada em: 27/10/2011.

Nota(s): A soma dos artigos publicados dos países selecionados pode superar o total mundial porque os artigos com co-autores residentes em países distintos são contabilizados para cada um desses países.

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/9225/Paises_com_maior_variacao_do_numero_de_artigos_publicados_em_periodicos_cientificos_indexados_pela_ThomsonISI.html.

Acessado em 29/10/2012

Assim, tecnologia – inovação – difusão estando indissociadas, poderão garantir o planejamento do desenvolvimento tecnológico numa perspectiva de longo prazo (WILLCOX, 2004; SOUZA, 2010).

Pesquisa, desenvolvimento e inovação e o agronegócio brasileiro: realidade e tendências

O crescimento do agronegócio pela inovação exige a construção de um planejamento estratégico de longo prazo que contemple a projeção de cenários, metas e ações para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), devidamente priorizados, observando tendências e potencialidades, garantindo uma eficiência na captação e aplicação de recursos, com impacto positivo dos resultados (EMBRAPA, 2002).

Essa visão de futuro poderá assegurar ao Brasil uma posição de destaque e de vanguarda no cenário internacional, como liderança mundial em tecnologia para clima tropical, ampliando o poder de competitividade

do agronegócio brasileiro, com sustentabilidade ambiental, segurança alimentar e inclusão social.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) aplicaram a metodologia de cenários para a identificação de oportunidades e ameaças, orientando ações presentes e projetando futuros possíveis. Para tal, foram descritos fatores e agentes de impacto na trajetória do agronegócio, agrupados da seguinte forma (EMBRAPA, 2002):

- Elementos do macroambiente: contexto geopolítico e socioeconômico interno e externo;
- Elementos de agronegócio: produtores, processadores, transformadores, distribuidores, fornecedores de bens e serviços; operadores da logística da cadeia (governo, entidades financeiras, comerciais e de serviços).
- Elementos de P,D&I para o agronegócio: pesquisadores, sistemas de inteligência competitiva, redes de financiamento, infraestrutura tecnológica, suporte institucional e entidades educacionais formadoras de competências.

Estabeleceram-se Tendências e Invariantes¹, sendo que as primeiras apresentam-se como “processos mundiais e nacionais, destacando os aspectos relativos ao sistema de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação”.

O apoio legal às ações propostas está definido pela Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001 que “institui o mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agronegócio [...] e para o Programa de Inovação para Competitividade” (BRASIL, 2001).

A avaliação estratégica dos cenários apresentados permite levantar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças ao desenvolvimento do agronegócio num ambiente de P,D&I (Tabela 4).

¹Invariantes são “processos com alta probabilidade de permanecerem constantes no horizonte considerado (2002 – 2012) ou, fatores ou processos com forte inércia e consolidação que não sofrerão alteração no período estabelecido, qualquer que seja o futuro”

Tabela 4. Avaliação estratégica dos cenários para o agronegócio definidos no Plano de Ação da Embrapa 2002-2012.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Qualificação dos pesquisadores Qualidade da pesquisa nacional Credibilidade das instituições Infraestrutura disponível	Desarticulação e falta de coordenação entre as organizações públicas de P,D&I para o agronegócio Fragilidade dos processos de transferência de tecnologia frente aos novos modelos de gestão tecnológica exigidos pelo setor do agronegócio
Oportunidades	Ameaças
Intensificação da demanda pelo desenvolvimento sustentável Crescente demanda pelo desenvolvimento de produtos competitivos e de maior valor agregado Demanda por tecnologia de baixo custo e maior impacto social	Fluxo de recursos insuficiente e descontínuo Entraves burocráticos e baixa flexibilidade e autonomia para as instituições de pesquisa Aumento da competição oportunística com a entrada de novos atores

Fonte: adaptado de Embrapa (2002).

O agronegócio do leite, pela importância econômica e social que desempenha, deverá se inserir nesse contexto que está em franca transformação. No ambiente interno, a bioenergia pode influenciar os preços dos alimentos e ofertar novos subprodutos a serem testados na alimentação animal, contrapondo o alto preço das commodities. Do ponto de vista geográfico, surgem novas fronteiras a oeste do país e áreas produtoras em tradicionais regiões leiteiras se reduzem. No ambiente externo, a expansão econômica de mega-mercados, a questão ambiental e o crescimento populacional nos força repensar o setor. Contribuem ainda para essa nova realidade o aumento da demanda em países emergentes e o Brasil pode ser um player nesse novo cenário.

A Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação em pecuária de leite precisa se adequar aos novos tempos. As instituições de pesquisa terão que se renovar e inovar na identificação dos problemas tecnológicos que comprometem a competitividade do setor leiteiro. É cada vez maior a cobrança

por resultados nas instituições de pesquisa. Isso exige ações pró-ativas dessas instituições na busca de parcerias que viabilizem os recursos para a execução de seus planos de trabalho.

O fortalecimento dessas parcerias e a formação de equipes regionais estruturadas deverão assumir papéis relevantes nas ações de P&D. A Embrapa Gado de Leite, juntamente com instituições parceiras comprometidas com o setor, terá papel fundamental na geração e na transferência de conhecimentos e tecnologias necessárias à modernização dos sistemas de produção.

Considerando esse novo arranjo, a principal tendência para o sistema de P,D&I passa a ser a intensificação dos investimentos em inovações advindas dos avanços tecnológicos em áreas estratégicas, como automação, biotecnologia (nanotecnologia, genômica), tecnologias da informação e da comunicação, dentre outras, deverão garantir mais produtividade, eficiência e sustentabilidade para a agroindústria, incluindo a agroindústria de leite e derivados (LOPES E CONTINI, 2012).

a) Automação

Uma das ferramentas mais importantes para a Zootecnia de Precisão é a automação. As aplicações da automação na pecuária são diversas, possibilitando que atividades de rotina sejam executadas com maior precisão e controle de determinado processo.

O uso da instrumentação está sendo ampliado, tendo um papel estratégico em qualquer programa moderno e competitivo que se queira organizar para o agronegócio. O panorama mundial aponta claramente para um futuro em que a agropecuária dependerá inevitavelmente da automação (CRUVINEL; CONTINI, 2000, citado por CARVALHO et al., 2002).

Com a automação espera-se aumentar a precisão na geração de dados, processamento e uso das informações, contribuindo com os processos de tomada e decisão.

O desenvolvimento de sensores para monitoramento de parâmetros físicos, químicos, biológicos e sistemas de controle inteligentes, associados aos conhecimentos de especialistas, possibilitarão uma pecuária tecnificada, menos empírica, aumentando a previsibilidade, reduzindo perdas, melhorando a qualidade dos produtos e dos processos, com sustentabilidade ambiental (CARVALHO et al, 2002) redução dos custos de produção, notadamente sobre a mão de obra.

b) Nanotecnologia

A nanotecnologia, que ganhou destaque nas últimas décadas, possui como uma de suas maiores características a intensa interdisciplinaridade, unindo conhecimentos básicos das áreas de biologia, de física e de química. A aplicação da nanotecnologia poderá contribuir sobremaneira para maximizar a produção leiteira tropical, com qualidade e segurança para o consumidor.

Com o uso do ferramental da nanotecnologia é possível desenvolver formulações intramamárias de antibióticos nanoestruturados e nanopartículas de própolis para o controle da mastite, que poderão incrementar significativamente os índices de cura e prevenção dessa enfermidade, racionalizando o uso de antibióticos.

Nessa mesma linha, estão a nanoestruturação de extratos vegetais para o controle de endo e ectoparasitas em ruminantes e os sensores nanoestruturados de seletividade global (língua eletrônica) para identificar a adição de soro de queijo ao leite.

O leite poderá ser utilizado também como base para o desenvolvimento de formulações farmacêuticas e cosméticas nanoestruturadas de uso humano. Além disso, a nanotecnologia será de grande importância para a produção de animais transgênicos com potencial para produção de moléculas de interesse farmacológico humano no leite (exemplo, proteínas como insulina, hormônio do crescimento, fatores de coagulação sanguínea dentre outros) (BRANDÃO, 2012).

c) Bioinformática

A bioinformática surgiu em meados da década de 80 nos Estados Unidos, com os trabalhos de investigação do genoma humano, buscando avaliar os riscos da energia nuclear à saúde e compreender melhor os processos biológicos subjacentes à saúde e à doença, sendo a base para diversos projetos genoma que são desenvolvidos até hoje. (WATSON; BARRY, 2004; ARBEX, 2009).

Entre outros importantes trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de bioinformática podem ser citados os de melhoramento genético animal, cujos princípios partem da herança e da variação das características dos indivíduos aos seus descendentes. Dessa forma, o que se busca é a identificação de indivíduos com características de interesse que devem ser transmitidas aos seus descendentes.

A aplicação da bioinformática nesse campo se faz na identificação de sequências genéticas que estejam associadas a tais características, como, por exemplo, a identificação de informação genômica associada às características positivas de aptidão para produção de leite ou para resistência ao carrapato. Uma vez identificadas as características desejadas, o passo seguinte seria a seleção dos animais que as possuem e a utilização do material genético desses animais para a reprodução (ARBEX et al., 2006).

Nesse caso, em específico, a seleção genômica nos programas de melhoramento genético de raças bovinas leiteiras é implementada com uso da bioinformática e, dessa forma, a partir dos dados oriundos dos estudos da genômica e da biologia molecular, torna possível a interpretação dos dados genômicos para identificação da informação genômica associada a características de interesse, por exemplo, características de interesse econômico, tal como aptidão positiva para produção de leite (ARBEX et al., 2011).

d) Seleção Genômica

A seleção de fenótipos desejáveis tem sido praticada em bovinos desde sua domesticação ocorrida entre 7.500 e 10.000 anos atrás (SONSTEGARD e

VAN TASSELL, 2004). Até o início do século passado, entretanto, tal seleção era feita apenas com base na avaliação visual. A partir da década de 1930, começaram a ser estabelecidos os métodos científicos, estatísticos e computacionais para avaliação genética de animais domésticos.

Programas que visem à identificação de reprodutores com desempenho positivo em produção de leite e em outras características de importância econômica normalmente são fundamentados no teste de progênie. Esse teste é a prova zootécnica mais segura para identificar os valores genéticos preditos de touros e promover o melhoramento genético em rebanhos leiteiros. A inclusão de marcadores moleculares ao processo de seleção pode duplicar os ganhos genéticos e diminuir em até 92% os custos de testes de progênie tradicionais (SCHAEFFER, 2006).

A seleção genômica, definida como a seleção simultânea para dezenas (ou centenas) de milhares de marcadores cobrindo de modo denso todo o genoma, de tal forma que todos os genes estejam muito próximos a pelo menos alguns desses marcadores (MEUWISSEN et al., 2001).

No Brasil, estima-se que o gasto para se obter a prova de um touro é de cerca de US\$ 125 mil. Com a implantação da seleção genômica nas raças zebuínas e no Girolando esse custo poderá ser reduzido para, aproximadamente, US\$ 200.00 por touro, refletindo não só na redução dos gastos com teste de progênie, mas também na maior disponibilidade de indivíduos de alto valor genético a uma idade mais precoce, impactando diretamente no ganho genético dos rebanhos e no aumento da produção de leite no Brasil (SILVA, 2012).

Com a seleção genômica, a acurácia de valores genômicos, é impressionante. Vanraden et al. (2009) mostraram que a média da confiabilidade dos valores genômicos de diversas características de bovinos da raça Holandesa foi de 50%, comparada ao valor de 27% obtido por meio das médias dos pais. Esta tecnologia permitirá também identificar e retirar do processo de seleção os indivíduos portadores de alelos indesejáveis relacionados a algumas doenças hereditárias.

Vários estudos mostraram que seleção genômica poderá ser a tecnologia mais impactante para o aumento das taxas de ganho genético na indústria bovina no mundo nos últimos 20 anos. Consideráveis desafios ainda precisam ser vencidos para sua total implementação, incluindo a adaptação das avaliações genéticas nacionais de modo a acomodar a informação genômica, o controle da endogamia e a melhoria dos recursos metodológicos e computacionais.

e) Sistemas de produção em bases sustentáveis

Dois características são marcantes na atividade leiteira nacional. A primeira é que a produção ocorre em todo o país (há indicativo de produção de leite em 554 microrregiões, das 558 consideradas pelo IBGE). A segunda característica é que não há um padrão de sistema de produção. Num quadro tão complexo, há que se mudar conceitos sobre sistemas futuros de produção competitiva e sustentável.

A exploração intensiva de pastagens é um importante fator para promover a melhoria da eficiência produtiva e econômica e os índices de produtividade dos sistemas de produção.

A produção intensiva de forragem durante a época chuvosa aumenta a capacidade de suporte do pasto e facilita a previsão de forragem para a época seca. A adoção do pastejo rotacionado, com criterioso controle da estrutura do pasto, possibilita elevada eficiência de uso da forragem produzida e redução do período de descanso dos piquetes, com consequente diminuição da área de pastagem necessária para manutenção do rebanho. Isto possibilita ao pecuarista aumentar a área destinada à produção de forragens para época seca e faz com que a produção de leite por área aumente.

Notadamente para a pecuária de leite, principalmente em pequenas e médias propriedades, o uso racional dos recursos forrageiros é fundamental para a viabilidade econômica da atividade. Os principais benefícios advindos desta tecnologia são: redução da área necessária para alimentação do rebanho na época chuvosa; aumento da área disponível

para a produção de forragem para época seca (silagem, feno e cana-de-açúcar); aumento da produção de leite por área; redução do número de piquetes; redução dos gastos com divisões e bebedouros; melhoria da rentabilidade da atividade leiteira. De modo geral, os sistemas intensivos de produção de leite à pasto apresentam melhor desempenho econômico (margem bruta) do que aqueles em confinamento (GOMIDE, 2012).

À otimização do uso de pastagens está associado o manejo adequado do solo, bem como a introdução de técnicas que contribuam para a conservação ambiental. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) se destaca como ação inovadora no processo de produção sustentável, possibilitando a utilização consorciada da terra, em regime de sucessão ou rotação, buscando a sinergia necessária entre os componentes do agroecossistema, que garantam a proteção ambiental, valorização social do produtor e a viabilidade econômica do sistema (BALBINO et al, 2011).

f) Bioenergética e sustentabilidade

Os estudos de bioenergética e de sustentabilidade dos sistemas de produção de leite, por sua vez, têm por objetivos determinar as exigências de energia líquida de ruminantes em condições tropicais e do valor de energia metabolizável de alimentos volumosos, concentrados e de co-produtos da agroindústria tropical, como os de produção de biocombustível. Ao se avaliar a energia se avalia também os gases de efeito estufa (GEE), o que possibilita estudos sobre mitigação da produção de metano entérico na pecuária.

O aumento da eficiência da pecuária será essencial para garantir incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais. Ou seja, não há demanda apenas para produção de leite e carne, mas sim, produção destes alimentos com alto valor agregado, baixo custo, e de forma ambientalmente correta, com baixa emissão de gases de efeito estufa e resíduos, e sem a necessidade de ocupar áreas destinadas à vegetação nativa ou produção de grãos.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas, notadamente no Brasil, em respirometria para avaliação da partição e balanço de energia e nutrientes no animal, permitindo maior compreensão do metabolismo e identificação de animais com maior eficiência metabólica, ou seja, capazes de converter maior proporção dos nutrientes consumidos em produtos úteis, como leite e carne.

A determinação das exigências nutricionais para a elaboração das normas e padrões nacionais de alimentação de gado de leite também será um ponto positivo para a cadeia do leite. Até o momento são utilizados sistemas internacionais na formulação de dietas para bovinos leiteiros, em condições de clima temperado, nem sempre adequadas às características edafoclimáticas da América Latina.

Será possível ainda a avaliação nutricional de alimentos, como forrageiras tropicais e coprodutos da agroindústria, com determinação dos teores de energia líquida e eficiência de utilização da energia consumida. Esses dados são fundamentais para a elaboração de tabelas nacionais de composição de alimentos, auxiliando o correto balanceamento de dietas para bovinos (PEREIRA et al., 2012).

g) Alimentos funcionais, nutrição e saúde

A relação entre dieta e saúde humana tem sido amplamente divulgada pela comunidade científica, tornando os consumidores cada vez mais conscientes e exigentes quanto à escolha dos alimentos. O conceito atual de uma dieta saudável está associado não somente à ausência de contaminantes (biológicos ou químicos), mas também à presença de nutrientes que promovam benefícios à saúde humana.

Assim, têm sido desenvolvidas pesquisas com foco na produção de leite com características especiais, capaz de contribuir para a prevenção de doenças crônicas importantes como aterosclerose e diabetes do tipo-II. É possível manipular a dieta de vacas leiteiras, em confinamento ou a pasto, com o intuito de promover uma redução expressiva da concentração de ácidos graxos saturados hipercolesterolêmicos e aumento con-

comitante de ácidos graxos comprovadamente benéficos ao bem estar e à saúde humana, como o ácido oleico (presente no azeite de oliva) e o ácido linoleico conjugado (CLA).

Esta gordura do leite naturalmente modificada a partir da manipulação da dieta dos animais apresenta potencial para prevenção de doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer, como demonstrado em estudo inédito conduzido pela equipe da Embrapa Gado de Leite (RAPOSO et al., 2012, citado por GAMA, 2012).

O investimento em pesquisa nessa área de conhecimento deverá contribuir de forma significativa para valorização e reconhecimento dos produtos lácteos como alimentos indispensáveis em uma dieta saudável, com impacto positivo no bem estar e saúde humana e, conseqüentemente, para a indústria de lácteos (GAMA, 2012).

Considerações finais

O sistema nacional de inovação é um marco regulatório para a Ciência, Tecnologia e Inovação, constituindo-se em importante vantagem comparativa, no contexto da Economia do Conhecimento e, os países desenvolvidos e as economias emergentes, entre os quais o Brasil, estão à frente nesse processo.

É preciso reconhecer as empresas, como agentes de inovação, que precisam estar amparados por um modelo de gestão e organização de políticas públicas que visam à proteção do conhecimento, ao mesmo tempo, que incentivam a transferência de tecnologia, concentrando esforços sempre em áreas de competência, que podem se tornar um diferencial no mercado internacional.

O crescimento das agroindústrias pela inovação exigirá uma revisão das estratégias competitivas, realizando uma avaliação cuidadosa e detalhada dos riscos, benefícios e custos envolvidos num processo dessa natureza, com perspectivas de espaço e tempo de crescimento de curto a longo prazo, agregando valores efetivos às potencialidades regionais e

locais, deixando de lado o imediatismo ou o receio à mudança – quebra de paradigmas.

Para tanto, é preciso consolidar as políticas públicas de valorização do sistema de P,D&I, como fator de competitividade para o sistema produtivo.

Referências

ABREU, J. P. G. Ciência, Tecnologia e Inovação: tripé para o desenvolvimento sustentável. In.: VI Workshop de Laticínios e I Encontro de Inovação. Viçosa: UFV. 11 out. 2012.

ARBEX, W.; COSTA, V. M. M. S.; SILVA, M. V. B. “Bioinformática como ferramenta nas pesquisas atuais”. In: Anais do III Encontro de Genética e Melhoramento, Viçosa, UFV, Ago. 2006.

ARBEX, W. Modelos computacionais para identificação de informação genômica associada à resistência ao carrapato bovino, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mar. 2009.

ARBEX, W.; GUEDES, E.; ANDRADE, L. G.; PINTO, I. S. B.; FONSECA, I.; MARTINS, M. F.; SILVA, M. V. B. “‘Faz DNA?’: bioinformática, computação e genômica... tudo junto”, O Girolando, v. 79, p. 62 - 64, 01 jul. 2011.

BALBINO, L.C.; MERTÍNEZ, G.B.; GALERANI, P.R. **Ações de transferência de tecnologia de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta 2007-2012**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 52 p.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. Editora Carmen Pagés. Washington, DC: BID, 2010. 448 p.

BRANDÃO, H. M. **Aplicações da nanotecnologia na pecuária de leite**.

Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

BRASIL. Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001. **Institui mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agro-negócio, para o Programa de Fomento à Pesquisa em Saúde, para o Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Setor Aeronáutico e para o Programa de Inovação para Competitividade, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10332.htm>. Acesso em: 4 out. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências.** 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm>. Acesso em: 31 mar. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005. **Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Decreto/D5563.htm>. Acesso em: 31 mar. 2010.

CARVALHO, L. A.; LEITE, J. L. B.; COSTA, C. N. **Bovinocultura leiteira tropical de precisão.** Projeto Estruturante. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002 (não publicado).

DUTTA, R. B. S. (ed.). *The Global Innovation Index 2011: Accelerating Growth and Development.* INSEAD, 2011. 381 p. Disponível em: http://www.globalinnovationindex.org/gii/main/previous/2010-11/Full-Report_10-11.pdf. Acesso em: 8 ago. 2011.

DUTTA, R. B. S. (ed.). *The Global Innovation Index 2012 Stronger Innovation Linkages for Global Growth.* INSEAD, 2012. 464 p. Disponível

em: <http://www.globalinnovationindex.org/gii/GII%202012%20Report.pdf>. Acesso em: 2 out. 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cenários do ambiente de atuação das organizações públicas de pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro – 2002-2012**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: Embrapa, 2002. 58 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Obstáculo à inovação**. São Paulo: FIESP/Departamento de Competitividade e Tecnologia, jan. 2010. 40 p. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/competitividade/downloads/obst%C3%A1culos%20%C3%A0%20inova%C3%A7%C3%A3o_100127.pdf>. Acesso em: 7 out. 2010.

GAMA, M. A. S. **Alimentos funcionais, nutrição e saúde**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

GOMIDE, C. A. M. **Exploração intensiva de gramíneas tropicais para produção de leite**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de inovação tecnológica 2008**. Brasília: IBGE/PINTEC, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 nov. 2010.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK (IDB). **The imperative of innovation: creating prosperity in Latin America and the Caribbean**. Washington, DC: IDB, 2010a. 69 p. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35167785>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK (IDB). **Science, technology and innovation in Latin America and the Caribbean: a statistical compendium of indicators**. Washington, DC: IDB, 2010b. 118 p.

LOPES, M. A.; CONTINI, E. Agricultura, sustentabilidade, tecnologia. **Agroanalysis**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v. 32, n. 02. Fev. 2012. p. 28 – 34.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). Plano Brasil Maior. Brasília: MDIC. 2011. Disponível em: www.brasilmaior.mdic.gov.br/. Acesso em: 4 jun. 2012.

MEUWISSEN, T. H. E.; GODDARD, M. E. Prediction of identity by descent probabilities from marker-haplotypes. **Genetics Selection Evolution**, v. 33, n. 6, p. 605-634, 2001.

PENIDO, A. M. S. **Rede colaborativa de pesquisa do setor de leite e derivados em Minas Gerais**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PEREIRA, L. G.; CAMPOS, M. M.; MACHADO, F. S. **Bioenergética, exigências nutricionais e sustentabilidade dos sistemas de produção**. Projeto Estruturante. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

RED IBEROAMERICANA DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (RICYT). El estado de la Ciencia. In: _____. **El estado de la Ciencia**: principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 2009. Buenos Aires: Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES), 2009. p. 11-26. Disponível em: <<http://www.ricyt.org>>. Acesso em: 17 out. 2009.

SCHWARTZMAN, S. A pesquisa científica e o interesse público. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, p. 361-390, 2002

SCHAEFFER, L. R. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 123, n. 4, p. 218-223, 2006.

SCIENCEWATCH®. **Country profiles 2008**. Top countries in all fields:

1998 a 2008. Thomson Reuters: Sciencewatch.com®. Dec. 2008. Disponível em: <<http://sciencewatch.com>>. Acesso em: 25 mar. 2009.

SILVA, M. V. G. B. **Seleção Genômica aplicada na pecuária de leite**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

SONSTEGARD, T. S.; VAN TASSELL, C. P. Bovine genomics update: making a cow jump over the moon. **Genetical Research**, v. 84, n. 1, p. 3-9, 2004.

SOUZA, A. F. Marco regulatório do processo de transferência de tecnologia. WebArtigos, 2010. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/53157/1/MARCO-REGULATORIO-DO-PROCESSO-DE-TRANSFERENCIA-DE-TECNOLOGIA/pagina1.html>>. Acesso em: 9 fev. 2010.

VANRADEN, P. M.; VAN TASSELL, C. P.; WIGGANS, G. R.; SONSTEGARD, T. S.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F.; SCHENKEL, F. Invited review: reliability of genomic predictions for North America. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 16-24, 2009.

WATSON, J. D.; BARRY, A. **DNA: the secret of life**. New York, Alfred A. Knopf, 2004.

WILLCOX, L. C. B. Avaliação do desenvolvimento tecnológico e transferência de tecnologia: o caso Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, n. 2, p. 389-398, 2004.