



# PAPERS DO NAEA

ISSN 15169111

**PAPERS DO NAEA Nº 126**

**A MODERNA BIOTECNOLOGIA NA AMAZÔNIA:  
NOVA PERSPECTIVA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL?**

**Francisco Benedito da Costa Barbosa**

**Belém, Janeiro de 2000**

# **A MODERNA BIOTECNOLOGIA NA AMAZÔNIA: NOVA PERSPECTIVA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL?**

---

*Francisco Benedito da Costa Barbosa*

## **Resumo:**

As revoluções científicas ocorridas nos séculos XIX e XX, respectivamente através da química e da física, trouxeram grandes benefícios à humanidade, e significativos problemas. Segundo o químico ganhador do Prêmio Nobel, Robert F. Curl, da Rice University, falando em nome de muitos dos seus colegas, o século XX foi notoriamente dessas duas ciências, mas que o próximo século será da biologia Carey et all. (1997:79).

**Palavras-chave:** Biotecnologia. Amazônia. Desenvolvimento regional.

## 1 Introdução

As revoluções científicas ocorridas nos séculos XIX e XX, respectivamente através da química e da física, trouxeram grandes benefícios à humanidade, e significativos problemas. Segundo o químico ganhador do Prêmio Nobel, Robert F. Curl, da Rice University, falando em nome de muitos dos seus colegas, o século XX foi notoriamente dessas duas ciências, mas que o próximo século será da biologia Carey et all. (1997:79).

Essa perspectiva começou a tomar corpo nos anos 50, quando os biólogos descobriram formas de localizar e identificar cromossomos e genes. Na metade dos anos 50, os citologistas – biólogos que estudam o funcionamento das células – começaram a fazer experiências de como separar cromossomos do resto da composição da célula e como organizá-los para que pudessem ser analisados num microscópio, esse procedimento foi denominado de cariotipagem Bishop; Waldholz (1990:203).

Em 1968, o Dr. Torbjorn Caspersson e a Dr. Lore Zech, ambos citoquímicos do Instituto Karolinska, na Suécia, inventaram um processo de identificação de cromossomos, abrindo as portas para o mapeamento dos genes (Op.cit., 210). Em janeiro de 1973, na Universidade de Yale, em New Haven, Connecticut, ocorreu o primeiro encontro internacional sobre mapeamento genético, sendo então relatado o mapeamento de 50 novos genes. Entretanto, por volta de 1986, mais de 1,5 mil genes já tinham sido mapeados para cromossomos específicos (Op. cit., 213, 214).

Nesse mesmo ano, o Departamento de Energia dos Estados Unidos, propôs um ambicioso projeto financiado pelo governo para determinar a seqüência de todos os três bilhões de pares G, A, T, e C, que compõem o genoma humano. Logo após, o Instituto Nacional de Saúde (NIH), dos EUA, expressou interesse em mapear o genoma humano e estabelecer um Escritório de Pesquisa do Genoma Humano para inspecionar o esforço. No final de 1988, as agências governamentais concordaram em financiar o multimilionário Projeto Genoma Humano, McKusick (1989:912, 913). Os projetos de genoma também foram estabelecidos para plantas, microorganismos e espécies animais Schuler et all. (1996:540).

Atualmente, bilhões de dólares são gastos em pesquisas em todo o mundo para localizar, etiquetar e identificar os genes e suas funções nos seres de todo o reino biológico. Enorme quantidade de dados genéticos sobre plantas, animais e a própria espécie humana está sendo coletada e registrada em bancos de dados genéticos para serem usados como primeiro recurso primário bruto do século XXI Rifkin (1999:12).

Mas, além da busca pelo conhecimento, o que tem propiciado toda essa corrida pela biotecnologia? A resposta advém, quando há 500 anos iniciou-se uma odisséia para delimitar e privatizar comercialmente todos os grandes ecossistemas que compõem a biosfera terrestre, começando pela terra, seguido pela demarcação comercial de partes do oceano, da atmosfera e, mais

recentemente, do espectro eletromagnético. Finalmente estamos diante de um esforço internacional para converter os cianotipos genéticos de milhões de anos de evolução em propriedade intelectual privada. Esse fato ocorreu, pela primeira vez, em 1980, quando os juízes da Suprema Corte Americana, por uma margem de cinco a quatro, decidiram em favor da solicitação de patente, feita pelo microbiologista Ananda Chakrabarty, junto ao U.S. Patents and Trademark Office (PTO), para um microorganismo geneticamente construído, projetado para devorar derramamentos de óleo nos oceanos Rifkin (1999: 41,43,44).

Essa situação tem levado a um confronto entre os esforços empresariais para cercar e comercializar o domínio genético e forte resistência por parte de um crescente número de países e de ONGs, que começam a exigir uma parcela justa dos frutos da revolução biotecnológica. A polarização se estabelece em função de que os recursos tecnológicos necessários para manipular o novo “filão”, encontram-se nos laboratórios e empresas do Hemisfério Norte, enquanto a maior parte dos recursos genéticos essenciais para alimentar a nova revolução existem nos ecossistemas tropicais do Hemisfério Sul. Tudo indica, que a batalha entre empresas multinacionais do Norte e os países do Sul, pelo controle sobre os domínios genéticos do planeta, parece ser uma das principais disputas econômicas e políticas do próximo século.

Entendendo-se a corrida da moderna biotecnológica por essa ótica, dimensiona-se a importância dos ecossistemas amazônicos com diversidade e quantidade de riqueza genética, como potencial de genes que podem entrar no patenteamento da bioindústria.

Toda essa potencialidade de negócios, estabelecidos a partir dos genomas amazônicos, trará que tipo de desenvolvimento regional? Esta é a questão que mais uma vez se coloca, entre tantas outras oportunidades que surgiram como propulsoras do desenvolvimento amazônico.

A guisa de ilustração, enumeram-se:

- a) o ciclo da borracha – 1840/1910;
- b) a batalha da borracha – 1940/45;
- c) a industrialização para substituição das importações – 1966/70;
- d) a Zona Franca de Manaus (ZFM) – 1967;
- e) a pecuária incentivada e a colonização – década de 70;
- f) o extrativismo mineral e madeireiro – décadas de 80/90.

É nesse contexto, que vem surgindo nos anos recentes as discussões a respeito de um novo potencial para o desenvolvimento da Amazônia, desta feita estabelecido na magnitude da sua biodiversidade e o respectivo aproveitamento da mesma através da moderna biotecnologia. Para tanto, além das instituições regionais de pesquisa, que já trabalham nessa área, foi estabelecido em dezembro de 1997, o Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia (PROBEM/Amazônia). Trata-se de uma iniciativa conjunta da comunidade científica, do

setor privado, do governo federal e dos governos estaduais da região amazônica. É considerado como um dos projetos estratégicos do governo federal e, por isso, foi incluído no programa de governo Brasil em Ação.

Uma das realizações mais importantes desse programa é a criação do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), que está sendo construído no Distrito Industrial de Manaus, através do Ministério do Meio Ambiente, e que foi planejado para ser a mais avançada e inovadora Instituição de Pesquisa e Desenvolvimento, dessa natureza, fora dos chamados países do primeiro mundo, segundo o PROBEM/Amazônia, tendo como objetivo importante, o aproveitamento da estrutura industrial da ZFM, para o estabelecimento de bioindústrias.

Para abordar este tema, o trabalho foi organizado em quatro itens. No primeiro se tenta, sucintamente analisar os desdobramentos setoriais da moderna biotecnologia, dando-se ênfase para as aplicações nas áreas de agricultura, alimentos e químico-farmacêutico. No segundo tópico, avalia-se tais inovações para os setores industriais. Na terceira parte, discute-se o risco da poluição genética, como uma perigosa externalidade negativa desse avanço científico. No último segmento, analisa-se a Amazônia nesse contexto, num ambiente de intensa globalização desse setor.

## **2. A moderna biotecnologia e seus desdobramentos setoriais**

Aceleradas mudanças tecnológicas vêm ocorrendo nos países desenvolvidos, as quais apresentam impactos marcantes nos processos produtivos, no *mix* de produtos, nas estruturas industriais, nas estratégias e organização das corporações e nas políticas de investimento, emprego, preços, etc.

Duas áreas têm-se destacado nessa corrida: a informática e, nas ciências da vida, particularmente a biologia molecular. Constatam-se, nesses dois campos, várias inovações tecnológicas que afetam ou afetarão diferentes atividades na agricultura, na indústria e nos serviços.

No que se refere à biotecnologia, em que a introdução de novas técnicas afeta essencialmente as áreas de genética microbiana, engenharia enzimática, processos de fermentação e cultura de tecidos, considera-se que a sua importância advém do fato de permitir os seguintes tipos de desenvolvimento: melhor utilização qualitativa e quantitativa dos recursos naturais – utilização da biomassa para a produção de proteínas, energia e produtos químicos industriais, aumento na extração de petróleo e lixiviação de metais pela ação de microorganismos, consideráveis aplicações na agricultura e no campo farmacêutico – dentre outros. Consequentemente, percebe-se a ampla gama de setores e atividades que, definitivamente, sofrerão importantes impactos advindos dessa área tecnológica..

O desenvolvimento da moderna biotecnologia deve ser visto não tanto como a criação de uma nova indústria, mas como a revitalização da estrutura industrial. Segundo a CEC (1982:14), mais de

40% da produção manufatureira dos países capitalistas avançados era de natureza biológica na sua natureza ou origem no princípio de século.

O desenvolvimento de biotecnologias modernas constitui um avanço “generalizado” na capacidade dos capitais industriais de manipular a natureza. Os fundamentos dessas recentes e poderosas técnicas científicas foram estabelecidos pelos avanços espetaculares em biologia molecular feitos nos anos 50 e princípios dos 60, que começaram a se traduzir em métodos de engenharia genética, notavelmente mais simples e rápidos nos primeiros anos da década de 70 Cherfas (1982). Tais conhecimentos aumentaram a eficiência da conversão da biomassa em produtos agrícolas, combustíveis e produtos químicos.

## 2.1. Agropecuária e indústria alimentícia

A agricultura moderna – estilo americano – consiste em transformar combustíveis fósseis em alimentos, com o apoio da fotossíntese. Nesse método, para cada caloria de alimentos colhida, são queimadas 2,5 calorias de combustível fóssil. Tais sistemas não são mais vistos como um mal necessário em um mundo industrializado, mas cada vez mais, como uma ameaça ao meio ambiente que, permanecendo elemento vital na produção agrícola, agora também passa a ter peso cada vez maior na sustentabilidade não apenas dos esquemas produtivos, mas da manutenção e qualidade da vida no planeta. Essas tendências ressaltam grandemente o significado comercial de tecnologias que reduzem ou eliminam os altos custos econômicos e ambientais da dependência em matérias-primas de petróleo não renovável. Desse modo, as biotecnologias aumentam a eficiência da conversão da biomassa em produtos agrícolas, combustíveis e produtos químicos. Assim, a bioengenharia está sendo vista, na agricultura, como um substituto parcial da fazenda petroquímica.

Diversos estudos, Sasson (1984); Arroyo y Waissbluth (1988); Quintero (1989), sinalizam que no futuro o maior mercado de produtos biotecnológicos estará relacionado com a produção de alimentos, incluindo tanto a produção primária como a agroindústria. A moderna biotecnologia agrícola tem avançado rapidamente no mundo, e hoje mais de duas mil variedades transgênicas estão sendo testadas no campo, especialmente nos EUA, sendo que 85% delas foram desenvolvidas por empresas privadas. Nesse país, o cultivo da soja transgênica começou a partir de 1994, quando os cientistas desenvolveram variedades resistentes a herbicidas, que reduzem em cerca de 20% o custo de produção, causando menos impacto ambiental, de natureza química, por utilizarem menores quantidades desse produto CENARGEN (1999:8).

Das quatro técnicas principais utilizadas pela biotecnologia – técnica para o cultivo de células e tecidos; processos biotecnológicos de fermentação; técnicas que aplicam a microbiologia; engenharia genética – três são de ampla aplicação na agroindústria – recombinação genética, fermentação e engenharia enzimática, cultivo de células e tecidos.

A genética mendeliana criou as bases para um avanço importante na apropriação industrial da agricultura via sementes de milho híbrido e variedades de alta produtividade. Atualmente, existe o prospecto de uma transformação ainda mais profunda no melhoramento de plantas, à medida que cientistas agrícolas procuram aplicar técnicas de engenharia genética recombinante ou “separação de genes”<sup>1</sup>. O maior poder dessa nova tecnologia sobre as técnicas mais antigas de mutagênese e de seleção de linhagens está no fato de que os métodos recombinantes permitem que a incorporação de segmentos do ADN de um organismo sejam incorporados e expressos no ADN do outro, criando as novas cultivares de plantas geneticamente modificadas – os chamados transgênicos. Os exemplos atuais, de maior divulgação, são as variedades transgênicas de soja (*Glycine max* Merrill) e milho (*Zea mays*, L.), resistentes a herbicidas, ou a insetos, com genes de *Bt* (*Bacillus thuringiensis*). Nesse campo, o mercado potencial é estimado em mais de US\$ 7 bilhões, por ano, até o ano 2000, em projeções mundiais, Prante (1998). Novas gerações de transgênicos estão para chegar ao mercado. Calculam as empresas do ramo, que dentro de cinco anos aproximadamente, haverá plantas com características importantes para o setor industrial, como uma nova cultivar de soja da qual se extrairá mais óleo (Gazeta Mercantil (1999: 5)).

Um novo mapa mundial da produção e exportação de *commodities* poderá surgir nos próximos anos e atingir em cheio os países em desenvolvimento, tradicionais exportadores desses produtos, em função das novas sementes transgênicas que são colocadas no mercado com redução de custos da produção e aumento da produtividade de diversas culturas. Atualmente a área plantada com cultivares transgênicos atinge aproximadamente 30 milhões de hectares, conforme a quadro 1.

---

<sup>1</sup> ADN resultante da recombinação *in vitro* de genes provenientes de organismos diferentes.

QUADRO 1: PLANTAÇÕES TRANSGÊNICAS  
CULTIVO COMERCIAL EM HECTARES, NO MUNDO

País	1997	%	1998	%	Dif. 97/98	Coeficien.
EUA	8,1 milhões	74	20,5 milhões	74	12,4 milhões	2,5
Argentina	1,4 milhão	13	4,3 milhões	15	2,9 milhões	3
Canadá	1,3 milhão	12	2,8 milhões	10	1,5 milhão	2,1
Austrália	100 mil	1	100 mil	1	< 100 mil	1
México	até 100 mil	< 1	até 100 mil	1	< 100 mil	-
Espanha	-	-	até 100 mil	< 1	< 100 mil	-
França	-	-	até 100 mil	< 1	< 100 mil	-
África do Sul	-	-	até 100 mil	< 1	< 100 mil	-
<b>Total</b>	<b>11 milhões</b>	<b>100</b>	<b>27,8 milhões</b>	<b>100</b>	<b>16,8 milhões</b>	<b>2,3</b>

< - menos que.

POR CULTURA (EM HECTARES)

Safra	1997	%	1998	%	Dif. 97/98	Coefic.
Soja	5,1 milhões	46	14,5 milhõ.	52	9,4	2,9
Milho	3,2 milhões	30	8,3 milhões	30	5,1	2,6
Algodão	1,4 milhões	13	2,5 milhões	9	1,1	1,8
Canola	1,2 milhões	11	2,4 milhões	9	1,2	2,0
Batata	< 100 mil	< 1	< 100 mil	< 1	< 100 mil	-
<b>Total</b>	<b>11 milhões</b>	<b>100</b>	<b>27,8 milhõ.</b>	<b>100</b>	<b>16,8 milhõ.</b>	<b>2,5</b>

Fonte: O Estado de São Paulo (1999:A16).

As plantas geneticamente modificadas deram lucro de cerca de US\$ 1 bilhão aos plantadores de soja, milho, algodão (*Gossypium arboreum* L), batata inglesa (*Solanum tuberosa* L) e canola (*Canulum sp.*) dos Estados Unidos e Canadá durante 1998, segundo estimativas do International Service for the Acquisition of Agri-biotech (ISAAA). O cálculo baseia-se na economia obtida pelos agricultores, em defensivos agrícolas – no caso do algodão, perto de 70% - na maior flexibilidade no controle das colheitas e num eventual aumento da produtividade.

Na América Latina, a partir de meados dos anos 90, houve um expressivo aumento do número de instituições que vêm pesquisando organismos geneticamente modificados (OGM's). A Argentina tem concentrado as suas pesquisas em : batata inglesa (*Solanum tuberosa* L.), girassol (*Helianthus annus* L.) e trigo (*Triticum vulgare* L.); o Chile em batata inglesa (*Solanum tuberosa* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.); o México, em milho (*Zea mays* L.). No Brasil, a EMBRAPA vem desenvolvendo, desde a década de 80, pesquisas para produção de plantas transgênicas de soja (*Glycine max* Merril.), feijão (*Phaeolus vulgaris* L.), algodão (*Gossypium arboreum* L.) e batata inglesa (*Solanum tuberosa* L.), com objetivos de resistência a insetos e doenças, tolerância a herbicidas e melhoria da qualidade nutricional. Os primeiros produtos transgênicos começarão a ser testados no campo ainda em 1999, CENARGEN (1999:8). Todavia, do ponto de vista científico a venda de sementes transgênicas já está liberada, é o caso da soja transgênica resistente a herbicida,



desenvolvida nos EUA, cuja entrada foi aprovada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), em setembro de 1998. Trata-se da cultivar *Round up Ready* (RR) da Monsanto, mas falta a aprovação dos Ministérios da Agricultura, da Saúde e do Meio-Ambiente Gazeta Mercantil (1999:7);Kleba (1998:10).

Exemplo importante e que toca diretamente na agricultura brasileira refere-se ao adubo nitrogenado. O nitrogênio fixado quimicamente é o “*maior insumo industrial isolado, e o mais caro, dependendo de energia fóssil para a produtividade agrícola. Até 35% da capacidade produtiva de todas as culturas são atribuídas a apenas esse insumo. Ele é a fonte da maior parte da proteína alimentar*” Wittwer (1980: 9).

A dependência em fertilizantes químicos como fonte de nitrogênio é devida ao fato de que as plantas são incapazes de assimilar nitrogênio, a menos que ele tenha sido fixado, ou combinado, com outros elementos, como hidrogênio, carbono ou oxigênio. Um número limitado de microorganismos, no entanto, pode fixar o nitrogênio, reduzindo-o diretamente a amônia, que pode então ser assimilada diretamente pelas plantas. Alguns desses microorganismos são capazes de fixar o nitrogênio quando em vida livre, ao passo que outros formam associações simbióticas com as plantas, como no caso das bactérias do gênero *Rhizobium* e plantas hospedeiras da família das leguminosas, onde incluem-se a soja e os feijões. Trata-se da fixação biológica do nitrogênio (FBN) <sup>2</sup>. Também, encontram-se em andamento pesquisas em engenharia genética com o objetivo de conseguir essa inoculação nos cereais e na cana-de-açúcar, plantas da família das gramíneas Dobereiner (1997).

A engenharia genética, em princípio, expandirá grandemente a base genética ao permitir que “*os geneticistas de plantas introduzam genes derivados de qualquer planta, animal ou microorganismo nas variedades de culturas*” Shaw (1984: 817). A remoção das barreiras das espécies propiciará aos geneticistas as características genéticas desejáveis não encontradas no germoplasma natural. A introdução desses métodos industriais para alcançar diversidade genética promete trazer mudanças radicais à pesquisa de melhoramento de plantas, permitindo o desenvolvimento de cultivares adaptados a ambientes menos dotados, ou pobres de recursos, e a sistemas agronômicos menos intensivos em energia. O que se pretende argumentar é que a moderna biotecnologia, no futuro, viabilizará a produção agrícola a partir de sementes manipuladas para se adaptarem às condições naturais como, por exemplo, aquelas de salinidade e seca do Nordeste; a alta umidade do ar e a baixa fertilidade química dos solos, na Amazônia; a toxicidade provocada pelo excesso de alumínio nos solos do Cerrado. Desse modo, será invertida a tendência atual de se tentar ajustar o solo à planta (ou animal).

---

<sup>2</sup> No Brasil, a equipe da Dra. Johanna Dobereiner tem sido responsável pelas pesquisas em FBN, tendo essa tecnologia possibilitado aos produtores fazerem economias no consumo anual de fertilizantes nitrogenados da ordem de um bilhão de dólares.

Em relação ao uso desse conhecimento científico na pesquisa agrônômica amazônica, tem-se o exemplo da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), planta que se notabilizou na região pelos expressivos cultivos econômicos, mas que, a partir da década de 50 com a detecção da ocorrência da fusariose<sup>3</sup>, limitante ao cultivo, passando a causar sérios prejuízos, refletidos na produtividade e economicidade da produção. O melhoramento convencional não tem alcançado êxito contra esse patógeno, haja vista a falta de genótipos resistentes e/ou tolerantes a essa enfermidade, assim como pela dificuldade de introdução de novos germoplasmas, do centro de diversidade, e a ausência da doença nessas áreas.

Por outro lado, apesar da espécie pimenta de macaco (*Piper colubrinum* L.), apresentar resistência à fusariose, a obtenção de híbridos interespecíficos, por métodos convencionais, entre essas duas espécies, é muito difícil. Nesse aspecto, é que as técnicas de cultura de tecidos apresentam-se como uma alternativa promissora na solução desses problemas, seja através da conservação e intercâmbio de germoplasma *in vitro*, resgate de embrião de cruzamentos incompatíveis, indução de variabilidade genética, micropropagação clonal de genótipos superiores, seleção de genótipos resistentes e/ou tolerantes a fatores bióticos e abióticos, obtenção de híbridos somáticos, plantas transgênicas, dentre outras CPATU (1996c).

A engenharia genética também possui um futuro promissor na produção animal. Capitais industriais têm encontrado oportunidades importantes para acumulação em saúde e nutrição animal, e biotecnologias recentes provavelmente as ampliarão consideravelmente. Suas potencialidades são entusiasticamente anunciadas pelos produtores de matrizes e por criadores, devido à possibilidade de se manipular o código genético, o que permite o desenvolvimento de criação de animais com características e especificações desejadas.

Os custos de alimentação na produção de suínos poderiam também ser diminuídos drasticamente se os porcos pudessem digerir a celulose, o maior constituinte das fibras vegetais. A longo prazo, o uso de engenharia genética para alterar a atividade da microflora do trato intestinal poderia remover essa restrição à produção de suínos. Também já é cogitada a carne suína com baixos teores de colesterol.

Outro mercado promissor é o de hormônios artificiais promotores do crescimento, visto que os hormônios naturais, produzidos pelos ovários ou testículos dos animais, são muito escassos e custosos. Importantes companhias químicas e farmacêuticas encontram mercados substanciais nessas áreas, sendo esses produtos parte importante de suas atividades diversificadas. As vendas mundiais estimadas nesses mercados em 1981 somaram US\$7,5 bilhões, incluindo-se aí produtos nutricionais (US\$ 2,5 bilhões), antibacterianos (US\$ 2 bilhões) e vacinas (US\$ 1 bilhão) Goodman et al. (1990: 126).

---

<sup>3</sup> Doença causada pelo fungo *Fusarium solani* f. *piperi*.

Campo bastante próspero para a engenharia genética é a indústria de alimentos, ou seja, a manipulação genética de microorganismos selecionados para melhorar a eficiência na conversão de diferentes produtos em alimentos para homens e animais. Aqui, a engenharia genética divide-se em duas grandes categorias (OTA, 1981). Uma envolve o planejamento de microorganismos que são usados diretamente na fabricação de alimentos, seja como agentes ativos de processamento ou como fontes de substâncias e aditivos (tais como vitaminas, aminoácidos, preservativos ou aromatizantes). A segunda, compreende a manipulação genética de microorganismos selecionados para melhorar a sua eficiência na conversão de diferentes materiais em alimentos para homens e animais. Esta análise de novas formas do substitucionismo indica que a indústria alimentar está entrando em um período de transição tecnológica, à medida em que a fonte principal das inovações dirige-se para as biociências e a engenharia bioquímica.

É o caso das proteínas microbiais de célula única (PCU), definidas como “células secas de microorganismos como algas, actinomicetos, bactérias, fermentos, mofos e fungos mais elevados, cultivados em sistemas culturais de larga escala para uso como fontes de proteínas para a alimentação humana e animal” Litchfield (1983:740). No entanto, as perspectivas comerciais das rações animais de PCU dependem dos preços relativos do farelo de soja e da farinha de peixe, e eles continuam a favorecer as fontes tradicionais de proteínas.

Os capitais da indústria alimentícia avançam também com os adoçantes artificiais. A maior aplicação industrial da tecnologia da enzima imobilizada está na isomerização parcial da glicose derivada do amido de milho, formando os xaropes de milho de alto teor de frutose (XMAF). Esses adoçantes de baixas calorias estão sendo amplamente utilizados pela indústria de alimentos e constituem exemplos dos efeitos da reestruturação industrial da biotecnologia.

A produção de XMAF já provocou efeitos importantes de substituição entre adoçantes naturais e artificiais na indústria alimentar, particularmente nos EUA e no Japão, os maiores importadores mundiais de açúcar de cana. Em 1980, estimou-se que o uso do XMAF reduziu as importações americanas de açúcar em cerca de 1,3 bilhão de dólares OTA (1984). Na Europa, os produtores de beterraba açucareira têm conseguido enfrentar a concorrência do XMAF, através das suas políticas econômicas que estabelecem subsídios vantajosos para esses produtores. Todavia, para muitos observadores, não há dúvida de que o XMAF está reestruturando as cadeias agroalimentares baseadas no açúcar de cana.

Por sua vez, o sucesso comercial do XMAF, estimulou a produção competitiva de outros adoçantes de baixas calorias, tais como o aspartame, a monelina e a taumatina. O aspartame é sintetizado quimicamente de dois aminoácidos obtidos biossinteticamente através de fermentação Goodman et all. (1990:117).

Outras matérias-primas estratégicas estão ameaçadas também pela moderna biotecnologia. A Cadbury Schweppes está usando técnicas de cultura de tecidos para desenvolver aromatizantes sintéticos do cacau Yanchinski (1985). Estudos em andamentos buscam reproduzir as qualidades do óleo de dendê, através do tratamento enzimático de óleos de menor qualidade.

Essa tecnologia aumentará a eficiência do uso das várias formas de biomassa, - aqui se estabelece o grande potencial da Amazônia - sejam produtos agrícolas, resíduos de culturas, dejetos orgânicos, plantas silvestres, microorganismos, tecidos e células que possam ser convertidos para todos os usos, não apenas em produtos alimentícios, mas também em combustíveis e produtos químicos.<sup>4</sup>

Atenção considerável tem sido dirigida para os materiais celulósicos, a principal fonte de biomassa, como matéria-prima para a produção de combustível (etanol, metano), produtos químicos e alimentos Eveleigh (1981); Ng et al. (1983). Esses autores, examinaram as perspectivas de “uma indústria química da biomassa”, e identificaram os resíduos lignocelulósicos de culturas, a serragem e o amido do milho como as matérias-primas mais prováveis.

As implicações totais desses desenvolvimentos tecnológicos são obviamente incertas atualmente. Contudo, à medida em que o progresso em biotecnologia se torne mais eficiente os métodos de conversão da biomassa, os custos relativos e as possibilidades de substituição entre materiais alternativos para a produção de alimentos, combustíveis e produtos químicos mudarão, talvez dramaticamente.

Em essência, essas técnicas avançadas ameaçam “banalizar” a agricultura, transformando-a em uma entre diversas fontes competitivas de matéria orgânica para conversão e fracionamento da biomassa. Essas novas formas do substitucionismo<sup>5</sup> indicam que a indústria alimentar está entrando em um período de transição tecnológica, à medida em que a fonte principal das inovações se estabelece, pautada na moderna biotecnologia.

Essas tendências prenunciam padrões de produção agrícola e de comercialização de “materiais” de biomassa do meio rural, onde as considerações dominantes serão o conteúdo de amido, glicose e outros subprodutos da química de carboidratos, e a sua demanda derivada em produtos finais de alimentos reconstituídos. A concretização de tais projeções dependerá dos gostos e lealdade dos consumidores aos alimentos orgânicos completos, e também, pelas restrições técnicas e de engenharia.

Diante da configuração desse novo papel que terá a biomassa, no seu amplo espectro, como fonte fornecedora de matéria-prima para as bioindústrias, a Amazônia, se prepara científica,

---

<sup>4</sup> No caso dos combustíveis e dos produtos químicos, não se deve esquecer que pesa sobre as matérias-primas da biomassa a competitividade das fontes alternativas (petróleo, carvão, óleo de xisto, areias betuminosas, energia nuclear), bem como sobre a eficiência dos diferentes métodos de conversão da biomassa (combustão, pirólise, hidrólise, gaseificação ou fermentação).

<sup>5</sup> Significam processos descontínuos, mas permanentes, de alcançar a produção industrial de alimentos.

empresarialmente, institucionalmente e com legislação que regule a propriedade intelectual e o acesso aos recursos genéticos, poderá aquinhoar um bom espaço nesse novo processo econômico, o que não lhe foi possível na economia agrícola.

## 2.2. Complexos químico e farmacêutico

O hoje denominado complexo químico, teve sua fase embrionária no século XIX, resultante do desenvolvimento da ciência básica e da demanda industrial latente. Sua capacidade de produzir industrialmente, mediante síntese por vias da química orgânica, um número crescente de matérias-primas necessárias à indústria capitalista, lhe propiciou rápido crescimento. Esse avanço, liberou essas indústrias das restrições e limites impostos pelo tempo de maturação natural dos produtos agropecuários – corantes naturais, fibras sintéticas, proteínas, couros, lã, etc. – ou seja, a química orgânica substituiu todo um conjunto de produtos intermediários originários de matérias-primas de base vegetal e animal.

A partir do final da década de 60, a indústria química, em seu conjunto, apresentava sinais de perda de dinamismo. Entre os fatores que afetaram o ciclo de crescimento desse setor industrial Anciães & Cassiolato (1985), apontam:

a saturação do mercado – Era inevitável que, após um período inicial de conquista rápida do mercado, estabelecida na competição de preços e tecnologia, a taxa de crescimento do consumo de sintéticos apresentasse tendência de não coincidir com a taxa de crescimento média para materiais em geral.

a tendência de crescimento dos preços dos insumos com a expansão da indústria – Dentre esses, a matéria-prima básica, petróleo, que funcionou como um dos elementos mais influentes na redução das margens de lucro a partir de 1973. Esse grande setor industrial teve seu crescimento no pós-guerra, apoiado na utilização intensiva de energia, mesmo que de forma altamente ineficiente, dado o peso ínfimo do seu custo (tendo em vista o baixo preço da energia) em relação ao custo total de produção.

a grande diminuição no ritmo do avanço tecnológico – Apesar das inovações básicas continuarem a ocorrer durante os anos 50 e 60 e das taxas de inovações secundárias e induzidas continuar a se manter num patamar razoável, já havia indicações, no final dos anos 60, da existência de retornos decrescentes para novos investimentos em P&D e de uma mudança marcante de orientação para as inovações de processos em detrimento das inovações de produto.

Por outro lado, as aplicações dos processos biotecnológicos atuais, na indústria química ainda são reduzidas, sobretudo na década de 80, embora fosse considerável a potencialidade de suas aplicações. As dificuldades deviam-se, ainda, à falta de competitividade econômica dos processos

biotecnológicos tradicionais, principalmente pelo custo das matérias-primas e também, em parte pelo consumo energético Cohendet et all. (1981).

Diferentemente da indústria farmacêutica, que não abandonou a biotecnologia como processo, apesar de trabalhar predominantemente com processos sintéticos, a indústria química só voltou a se interessar pelo desenvolvimento científico e tecnológico de processos via biotecnologia após o primeiro choque dos preços de petróleo, em 1973. Só mais recente, após o segundo e terceiro choques, respectivamente em 1979 e 1991, a indústria química tomou uma atitude agressiva na busca da participação e liderança nos processos de ponta da inovação tecnológica no setor da moderna biotecnologia.

As possibilidades das aplicações neste campo, podem ser divididas em dois grandes grupos. No primeiro, enquadram-se aqueles produtos intermediários que se destinam à obtenção de produtos finais em outros ramos, principalmente no farmacêutico e no alimentício. Nesse grupo incluem-se enzimas, ácidos, reagentes, hormônios. No segundo, entram os produtos finais de aplicação direta da própria indústria química.

Quanto ao setor farmacêutico, saliente-se que o mesmo começou a apresentar problemas estruturais na década de 60. Essa indústria enfrentou, então, um sério declínio em seu ritmo inovativo, o que ocasionou uma queda dramática do ritmo de introdução de novas drogas. Segundo Frankel et all. (1978:179), *“para alguns observadores o verdadeiro motivo do declínio no ritmo das inovações foi o esgotamento do estoque de conhecimentos científicos que havia sustentado o dinamismo anterior”*. Esse estoque foi acumulado a partir dos anos 30, começando a ser utilizado pelo setor industrial no pós-guerra, quando o setor farmacêutico, especialmente o americano, adquiriu dinâmica inteiramente diversa da anterior.

A partir do final dos anos 60, a concepção do produto farmacêutico começa a se alterar. A tendência é de uma mudança de perspectiva eminentemente fenomenológica do conhecimento da fisiologia e patologia para uma perspectiva que leve mais em conta as células, fazendo com que o produto farmacêutico se dirija para a função para a qual ele é produzido, isto é, a conservação e restabelecimento da saúde humana Colombo (1982). Para alcançar tal objetivo, métodos crescentemente refinados de pesquisa passam a ser desenvolvidos para isolar e identificar, em sistemas biológicos, as moléculas que, mesmo em concentração muito pequenas, ajam sobre processos fisiológicos, de modo que se possa adquirir um entendimento de sua dinâmica. Trata-se da necessidade de uma abordagem muito mais interdisciplinar, na fronteira entre química, biologia, bioquímica e fisiologia. Desse modo, a escolha das drogas deve basear-se muito mais num conhecimento das interações das moléculas de uma droga com órgãos vivos, nas modificações dos compostos químicos ativos e, sobretudo, num conhecimento da ação biológica envolvida, o que torna as atividades em biotecnologia elemento de importância fundamental.

O sucesso da moderna biotecnologia no setor farmacêutico prende-se ao fato de que ela tende a propiciar a produção de uma ampla variedade de novos medicamentos para determinadas doenças, que não eram combatidas com êxito pela indústria farmacêutica tradicional. É o caso da possível utilização desse método na descoberta de vacinas para uma série de doenças, endêmicas ou não. A esse respeito, pode-se dizer que sua inserção na indústria farmacêutica foi a introdução, nos anos 50, da cultura de tecidos a partir de células humanas ou de outros animais, onde destacou-se a fabricação da vacina contra a paralisia infantil, além de outras Anciães et all. (1985).

Todavia, as perspectivas mais otimistas no ramo da indústria farmacêutica advém do desenvolvimento da engenharia genética, devido a possibilidade de transplantar as características hereditárias de organismos superiores ou inferiores para microorganismos ou células utilizáveis industrialmente. Nesse aspecto, as empresas de capital de risco especializadas em engenharia genética que trabalham em P&D surgiram, em sua quase totalidade – entre as principais – com desenvolvimentos no campo de produtos farmacêuticos, motivadas pelo crescimento desse mercado. Como exemplo citamos as vendas no Brasil de medicamentos e cosméticos, que em 1997, movimentaram US\$ 18 bilhões de dólares, dos quais 25% provenientes de produtos naturais Gazeta Mercantil (1999:4).

### **3. Inovações para o setores industriais**

As perspectivas da moderna biotecnologia vêm sendo debatidas sob o enfoque das oportunidades tecnológicas, cuja principal característica é a de procurar, na força desse novo conhecimento, possibilidades de investimentos em novas áreas de negócios. Os mais otimistas falam no surgimento de um novo setor, o biotecnológico, com configuração própria para se transformar no fenômeno que foi (e segue sendo) a informática a partir dos anos 60. Para tal, invocam a sua importância sócio-econômica, que pode ser ilustrada pelo valor associado ao seu mercado mundial, estimado em torno de 50 bilhões de dólares, sendo que somente na agricultura, é de 30 bilhões de dólares CENARGEN (1999: 8).

A explicação plausível nesta abordagem ocorre a partir de dois fatos com encadeamento paralelo. O primeiro foi a “onda de novas tecnologias”, iniciada no final dos anos 60 e início dos 70, pela qual, no embalo da revolução da microeletrônica, estaria vindo uma outra, provocada pelos avanços na biologia molecular, e com coincidência temporal, na descoberta de técnicas de manipulação do ácido desoxirribo-nucleico, o ADN. A aplicação comercial da microeletrônica, ajudou a estabelecer uma opinião quase consensual de que a biotecnologia era , de fato, mais um novo fenômeno de semelhante proporção.

O segundo ocorreu por conta do forte impacto sobre a mídia, que tal onda causou, originado especialmente do entusiasmo de pesquisadores envolvidos em áreas de conhecimentos afins Bush et

all. (1991), apontaram o entusiasmo com a biotecnologia, nesse período, como um resultado da participação ativa dos cientistas na divulgação de novas potencialidades derivadas da moderna biotecnologia. Para esses autores, tal divulgação resultou numa perspectiva totalmente enviesada, em favor da antecipação de potenciais meramente teóricos.

Na segunda metade dos anos 80, começaram a surgir análises mais cautelosas a respeito dos reais impactos da biotecnologia. Diversos autores, Anciães & Cassiolato (1985); Salles Filho (1986); Pisano et all. (1988), colocavam que boa parte dos impactos teria de levar em conta, antes de atentar para o *science* ou *technology push*, que tipo de condicionantes seriam colocados pelas grandes corporações da química, da farmacêutica, da agroquímica, de sementes e de alimentos, quer na transição desse processo, quer na ruptura qualitativa de seus mercados tradicionais. Tenderiam a prescutar os limites que separavam as teses científicas da materialização tecnológica e desta à adoção pela produção e pelos serviços. Essa postura tem-se revelado cada vez mais pertinente na análise da trajetória recente da biotecnologia, pois a evolução dos fatos tem mostrado transformações bem mais sutis do que se imaginava até bem pouco tempo.

Na verdade, o desempenho técnico e econômico da moderna biotecnologia nos anos 80 ficou muito aquém do propalado na década anterior. Segundo Kageyama (1993), em linhas gerais, houve um número expressivo de empreendimentos fracassados; foram lançados muito poucos produtos no mercado; as grandes corporações entraram delineando boa parte dos investimentos; as Novas Empresas de Biotecnologia (NEB's) seguiram gastando somas relativamente grandes na P&D, sem o esperado retorno em termos de faturamento; a prática da venda de serviços tornou-se um item fundamental do faturamento das NEB's; os produtos biotecnológicos mais avançados, que estão em comercialização, atendem normalmente a mercados restritos e de elevado poder de compra; e as questões institucionais, como da propriedade intelectual e da regulação da entrada de novos produtos e processos estão longe de ser solucionadas. Todavia, isto não significa que não haja avanços, muito pelo contrário, a biotecnologia segue como um dos alvos prioritários de investimentos por parte de empresas e governos, só que mudam as perspectivas, os objetivos e os *timings*.

Para os países em desenvolvimento tampouco se pôde prosseguir imaginando possíveis vantagens comparativas, mas ao contrário, assiste-se a uma crescente desqualificação de vantagens meramente estáticas, baseadas na exploração linear de recursos naturais ou de mão-de-obra barata.

Em comparação com outras áreas de tecnologia de ponta Hagedoorn & Schakenraad (1990), mostram que a moderna biotecnologia apresenta um padrão de evolução de acordos de cooperação muito parecido com a informática e os novos materiais. No entanto, Mowery (1988) ; Arora & Gambardela (1990), acreditam que a sua maturidade tecnológica deverá levar à redução da importância dos acordos, que para eles, é um fenômeno transitório, estritamente relacionado à



imaturidade do paradigma tecnológico. Resta saber se, de fato, haverá a consolidação de um paradigma biotecnológico.

Em resumo das implicações anteriormente expostas, pode-se inferir:

- segundo Dosi (1984), a moderna biotecnologia não configura ainda um modo predominante de elaborar e resolver problemas tecnológicos;

- não se estabeleceu, até o momento a chamada indústria da bioindústria. Caso venha a se formar no tecido econômico, não o será pelo desempenho que até agora tem demonstrado;

- as NEB's têm seu lugar, todavia não se apresentam como mecanismos prioritários de desenvolvimento desse setor, mas, sendo um fator entre outros, resguardando a sua importância;

- o conjunto de normas técnicas, jurídicas e econômicas a serem estabelecidas, constituindo o denominado ambiente institucional, dependerá do encadeamento de interesses, de grande porte, nos níveis nacionais e internacionais;

- de solução tecnológica nos anos 70, as modernas biotecnologias transformaram-se em desafios, sobretudo econômicos, institucionais, ecológicos e sociais nos anos 90.

#### **4. O risco da poluição genética**

Mesmo reconhecendo-se que a revolução biotecnológica tenha uma bela façanha científica, sejam inovações para a economia, e esteja reformando a nossa sociedade, é provável que haja um impacto igualmente significativo sobre o meio ambiente da Terra. Imagine-se a transferência indiscriminada de genes entre espécies totalmente não correlatas e entre todas as fronteiras biológicas – vegetal, animal e humana – criando milhares de novas formas de vida, em um breve momento de tempo evolucionário. Conseqüentemente, imagine-se a propagação por clonagem, a produção em massa de réplicas dessas novas criações, deixando-as na biosfera para propagação, mutação, proliferação e migração, colonizando a terra, a água e o ar.

Os críticos se preocupam com o fato de que povoar a terra por meio de uma segunda Gênese poderia conduzir a um futuro muito diferente: uma “Torre de Babel Biológica”, levando o caos a todo o mundo biológico e, nesse processo, destruindo a antiga linguagem evolucionária. A poluição genética já está surgindo, devendo disseminar-se com a amplitude do uso da biotecnologia, destruindo as reservas remanescentes de diversidade biológica do planeta. Esta forma mais recente de poluição provavelmente também criará sérios e potencialmente catastróficos riscos à saúde de muitas espécies animais da Terra, assim como dos seres humanos. Essa preocupação se estabelece porque praticamente todo organismo geneticamente construído colocado no meio ambiente representa uma ameaça potencial ao ecossistema, visto que quando é liberado, há sempre uma pequena possibilidade de que ele invista de modo devastador, porque foi introduzido artificialmente em um meio ambiente complexo, que desenvolveu uma teia de relações altamente integradas, durante longos períodos de

história evolucionária. A analogia pode ser feita com as indústrias que introduziram produtos petroquímicos nos ecossistemas da Terra, nos últimos dois séculos.

Mesmo havendo a preocupação com a segurança nos processos biotecnológicos, não pode-se obscurecer que a realidade social é movida pelo sistema capitalista. Nesse contexto, cada vez que a liberação de um organismo geneticamente construído é aprovada, fica praticamente assegurada uma entrada de fundos de investimentos nos cofres da empresa e, nesse processo, muitos dos executivos instantaneamente se tornam milionários, assim como muitos dos biólogos moleculares que ocupam altos cargos nos quadros de empresas emergentes de biotecnologia. O setor onde o sinal de alarme soa mais alto é o da biotecnologia agrícola, em que as indústrias se movimentam rapidamente para fazer dos animais e lavouras geneticamente construídos uma realidade comercial até o final da primeira década do século XXI. Até o momento trata-se de um empreendimento de alto risco, com poucas regras e referências que orientem o caminho, estabelecendo quase que um vôo às cegas para a nova era da biotecnologia agrícola, com muita esperança, poucos freios e uma vaga idéia dos resultados potenciais.

A esse respeito, a imprensa tem noticiado algumas situações comprometedoras da segurança apreçada pelas multinacionais da biotecnologia agrícola: *“A Comissão Europeia estuda a possibilidade de desautorizar a venda de milho modificado geneticamente. A medida vem após estudo, divulgado pela revista “Nature”, que indicou que o pólen expelido pelo produto teria matado lagartas, podendo ter efeitos indesejáveis no ambiente”* Folha de São Paulo (1999:16).

No Brasil, o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares concedeu registro, recentemente ao pedido de plantio de soja geneticamente modificada. Essa medida acendeu a polêmica, fazendo com que a legalidade de colocar ainda este ano a soja transgênica no mercado esteja sendo contestada na justiça. Está sendo pedida moratória de cinco anos para estudar melhor os riscos. Também invocam a resolução 237 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que torna obrigatório o estudo de impacto ambiental – que não foi feito – nesse caso, e a Convenção da Biodiversidade, que exige adoção do princípio da precaução. *Jornal de Brasília* (1999: 3).

A poluição genética também preocupa em relação a saúde humana. O *The New England Journal of Medicine* publicou um estudo, mostrando que a soja geneticamente manipulada, contendo um gene da castanha-do-pará, poderia causar reações em pessoas alérgicas a esse segundo produto. Cientistas da Universidade de Nebraska testaram o soro sanguíneo de nove dessas pessoas, tanto com o extrato da soja geneticamente manipulada quanto com o da soja comum. Todas apresentaram reação à soja que continha o gene da castanha-do-pará, e nenhuma à soja não alterada. Outro aspecto que tem merecido atenção dos pesquisadores diz respeito ao transplante de órgãos animais geneticamente alterados para seres humanos. Dizem os estudiosos que esta situação pode fazer com que vírus animais

cruzem a fronteira entre espécies, criando novas epidemias virais letais, para as quais não existe cura Rifkin (1999: 109,110).

Essa preocupação encontra eco no momento atual através da AIDS que, como epidemia mundial, alertou tanto os virologistas quanto o público em geral para as conseqüências devastadoras que podem acompanhar as transferências de vírus entre as espécies. Suspeita-se que o vírus HIV tenha se originado nas florestas tropicais da África Ocidental e se propagado para os seres humanos através dos macacos.

Para que se mensure essa preocupação, mesmo os editores do *The Economist*, normalmente os primeiros a defenderem tecnologias novas com vasto potencial comercial, recomendam cuidado com os xenotransplantes. “*A simples prudência, não o alarmismo, sugere que ainda não chegou a hora de realizar o sonho dos cirurgiões de ter à mão um suprimento sem fim de órgãos obtidos de animais*” *The Economist* (1995: 17).

Ao reprogramar o código genético, o homem não está arriscando uma fatal interrupção em milhões de anos de evolução? A criação, a produção em massa e a distribuição de modo generalizado de formas de vida geneticamente engenheiradas sob a batuta da economia, não poderão causar danos irreversíveis à biosfera? A poluição genética não poderá ser muito pior para a Terra do que a poluição nuclear ou petroquímica?

## 5. A Amazônia no contexto da moderna biotecnologia

A convergência de alguns fatores – grande potencial de biodiversidade, investimentos maciços por parte de multinacionais em biotecnologia e bioindústrias, busca da sustentabilidade do parque industrial de Manaus, dentre outros - têm concorrido para que nesta década, a Amazônia passe a se inserir na pauta da ciência e dos negócios da biotecnologia.

O assunto ainda encontra-se restrito aos nichos científico, empresarial e governamental, contudo, tem sido tratado como a mais nova possibilidade para o desenvolvimento regional sustentado.

Diante dessa nova conjuntura norteadora do novo planejamento do desenvolvimento amazônico, busca-se analisar as reais possibilidades da proposta para com os objetivos almejados, a partir das variáveis inerentes ao processo.

### 5.1. A biodiversidade dos seus ecossistemas

A Amazônia brasileira situa-se na faixa geográfica do planeta, denominada de trópico úmido. Em 1982, o *Committee on Selected Biological Problems in the Humid Tropics* definiu o trópico úmido como “*aquela área da superfície terrestre onde a biotemperatura média anual nas terras baixas é*

*superior a 24 C e a precipitação anual se iguala ou excede o potencial de retorno de água para a atmosfera pela evapotranspiração". apud EMBRAPA (1986:1).*

O trópico úmido, segundo os conceitos geográfico e climatológico, é a região da terra entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, com altos índices de temperatura e umidade do ar, grande quantidade de radiação solar, e capaz de ser coberta por florestas perenifólias de folhas largas. É um dos mais extensos biomas do planeta. Caracteriza-se por sua diversidade, complexidade e vigorosa sucessão secundária. Segundo Myers (1984:50), "*é a região mais rica do bioma tropical*". Por causa da alta insolação e abundância de umidade durante o ano inteiro, apresenta alta produtividade de biomassa. A média anual de produtividade da sua biomassa vegetal foi estimada em 23,9 toneladas por hectare, em comparação com as 13 toneladas das florestas temperadas Farnworth and Golley (1974: 81, 82).

A estrutura da comunidade biológica que compõe o ecossistema florestal amazônico é extraordinariamente complexa, sendo caracterizada por uma grande heterogeneidade de flora e de fauna. Naturalmente, a sua fisionomia é determinada pelas árvores; porém, existe, além dessas, toda uma gama de outras formas de vida vegetal ecologicamente adaptadas, tais como, as plantas herbáceas, os arbustos escandentes, diversas formas de palmeiras, as plantas epífitas, sobretudo da família das bromeliáceas e das orquídeas, os líquens e musgos que crescem sobre as folhas dos arbustos e plantas herbáceas, plantas parasitas, plantas saprófagas, além dos vegetais inferiores – os decompositores e inoculadores – fungos, bactérias, etc. Shubart (1983).

Todo esse contexto é a biodiversidade amazônica, a qual insere-se no conceito consagrado pela Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992 – também conhecida como Convenção da Biodiversidade – da qual o Brasil é signatário. Consoante o art. 2 do texto da Convenção, a diversidade biológica é conceituada como "*a variabilidade dos organismos vivos de toda origem, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas*" apud De Lucca (1999:2).

A fauna representa uma fração pequena da biomassa total da floresta tropical. Fittkaue & Klinge (1973), calcularam que a biomassa vegetal total é de 900 toneladas por hectare, enquanto que a biomassa animal é de apenas 0,20 toneladas.

Por sua vez, a fauna ictiológica é numerosa. Calcula-se que o número total de espécies de peixe no planeta seja acima de 25.000. Com mais de 1.400 espécies de peixes descritas, a bacia amazônica possui a ictiofauna mais diversificada de todas as bacias hidrográficas do mundo Wolfgang (1983).

Cerca de 1.400.000 espécies de organismos foram descritas até hoje em todo o planeta, entre plantas, animais e microorganismos, terrestres e aquáticos Wolf (1987). Cautelosamente, estima-se que o número de espécies da Terra situe-se em torno de cinco milhões, embora, estudos recentes sobre a fauna de insetos da copa das árvores em florestas tropicais da América do Sul e Central tenham produzido a estimativa de 30 milhões de espécies apenas de insetos, em sua maioria tropicais Erwin (1983). De todo esse universo de espécies, aproximadamente dois terços encontram-se nos trópicos. Por seu turno, cerca de dois terços das espécies tropicais habitam as florestas tropicais úmidas, ou seja, 40% das espécies biológicas da Terra concentram-se em apenas 7% das terras emersas do planeta Wolf (1987).

O Brasil detém a maior biodiversidade do planeta, possuindo só em plantas, cerca de 22% das 250 mil espécies já classificadas em nível mundial, segundo o Dr. Afonso Celso Valois, Chefe Geral da EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN). Considerando o número de genes de interesse para a agricultura sustentável, levando em conta aqueles que codificam substâncias para fins medicinais, inseticidas, condimentares, entre outros, é imensurável a riqueza dessa biodiversidade. Como ilustração desse potencial, somente para plantas, o número é de cerca de 16,5 bilhões de genes. O isolamento, a caracterização e a expressão adequada de genes irão favorecer significativamente a geração de tecnologias de ponta com base na biologia molecular e celular, na engenharia genética e na genética genômica. Por outro lado, tem sido dada atenção especial à prospecção de genes tropicais, já que têm amplas possibilidades de se adaptarem a climas subtropicais e temperados, o que representa uma grande vantagem comparativa e competitiva. Essas vantagens justificam a intensificação de iniciativas direcionadas à bioprospecção molecular e pesquisas com genomas (conjunto de genes) e proteomas (associação entre proteínas e genomas) não só em benefícios diretos ao país, como também para aumentar a sua capacidade competitiva e de negociação no intercâmbio e comercialização de base tecnológica, considerando-se a atual organização nacional quanto à aplicação de leis de propriedade intelectual CENARGEN (1999: 9).

Estimativas indicam que das 500 mil espécies de plantas existentes no planeta, 16% encontram-se na região amazônica brasileira, menos de 10% foram estudadas quimicamente e apenas um pequeno número teve suas propriedades biológicas caracterizadas Pletsch (1998:15). Desse modo, a biodiversidade dos ecossistemas amazônicos, segundo os especialistas da área, pode ser considerada como o maior potencial natural do mundo contemporâneo, servindo como material para estudo científico e insumo para as bioindústrias. O domínio da informação genética e sua utilização industrial na região são de fundamental importância para a implementação de um novo modelo de desenvolvimento para a Amazônia, visto que sob vários aspectos, a biodiversidade tropical úmida é matéria-prima para a produção de medicamentos, alimentos e novos materiais, dentre outros aproveitamentos industriais. Atualmente, metade dos 25 medicamentos mais vendidos no mundo tem

sua origem em produtos naturais de plantas (incluindo os fungos) Pletsch (1998). É nessa diversidade biológica que se apoiará a grande indústria do futuro, a biotecnológica.

Por outro lado, muitas espécies dos trópicos úmidos precisam ser domesticadas antes de atingirem seu potencial econômico. Este processo pode ser encurtado expressivamente pela biotecnologia, através de técnicas como a cultura de tecidos, a clonagem e a engenharia genética Lleras-Pérez (1992:128).

A flora amazônica é rica em espécies medicinais de uso popular, diversidade de espécies florestais e frutíferas com grande potencial econômico mas que, na maioria dos casos, são exploradas basicamente através do extrativismo vegetal. As espécies nativas da região apresentam como um dos grandes entraves para a exploração racional, a falta de técnicas adequadas de propagação clonal, pois sendo a semente o principal meio de propagação, os plantios resultantes são heterogêneos e com produção muito irregular, pois tratam-se de espécies com alta taxa de alogamia, por exemplo, o bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.), possui germinação lenta, com acentuada desuniformidade, levando cerca de 500 a 700 dias para que o processo germinativo se complete.

Bancos de germoplasmas de várias dessas espécies estão sendo formados, avaliados e caracterizados na Amazônia, e necessitam de técnicas de propagação clonal rápida para serem prontamente utilizáveis, visto que a maioria dessas espécies carecem de sistemas de cultivo racional, precisam ser “domesticadas” agronomicamente, e postos à disposição do setor produtivo e sistemas eficientes de cultivo e material disponível - germoplasma - com grande potencial econômico. Nesse caso, a cultura de tecidos surge como uma alternativa praticável dentro deste contexto, pois germoplasmas podem ser conservados através dessa técnica em menor espaço, com baixo risco de perda e maior controle CPATU (1996, 1996b).

Todavia, é impossível pensar a questão do acesso aos recursos da biodiversidade sem relacioná-la com a questão da propriedade intelectual, visto que, o interesse primordial da moderna biotecnologia são os recursos genéticos desses organismos, isto é, as informações que constituem seus componentes mais íntimos.

Para adequar a biodiversidade amazônica a esse processo, o governo brasileiro instituiu em 1997, o Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade Amazônica (PROBEM/Amazônia), com um orçamento até 2002 de R\$-60 milhões, sendo R\$-22 milhões de responsabilidade da iniciativa privada Gazeta Mercantil (1999:4).

O programa concentra-se, basicamente, na potencialidade do que já existe no país nesse setor, com ênfase nas pesquisas de bioprospecção que tem apontado potencialidades de aproveitamento industrial de curto e médio prazos para a produção nas seguintes áreas principais: produtos farmacêuticos, bioinseticidas, enzimas de interesse biotecnológico, óleos essenciais, polímeros degradáveis, antioxidantes, corantes naturais e aromatizantes.

## 5.2. A deficiência nos investimentos com capital regional

De 1975 a 1990 ocorreu um fenômeno de reversão de expectativas quanto às potencialidades da moderna biotecnologia em escala mundial. Talvez sem paralelo na história, nunca se apostou tanto, tão precoce e erroneamente quanto foi feito nas modernas tecnologias de base biológica.

Contudo os anos 90 inauguraram uma nova fase desse segmento, a da construção dos alicerces para o futuro, agora não mais sob a égide da transformação de curto prazo, mas sob procedimentos muito mais criteriosos de monitoração e planejamento dos investimentos. Segundo os estudiosos deste assunto, seus impactos começarão a ser mais intensamente sentidos a partir da próxima década. No entanto, para que essa previsão venha se materializar, vultosos investimentos vêm se estabelecendo a partir desta década.

Desse modo, nasce como um negócio bilionário, liderado pelos capitais privados. No campo do agronegócio, das mais de duas mil variedades transgênicas que estão sendo testadas no campo, 85% delas foram desenvolvidas por empresas privadas. Empresas multinacionais estão tentando uma transição da química para a ciência biológica, posicionando-se para controlar os mercados globais na era da biologia.

Com esse objetivo, os conglomerados globais estão adquirindo rapidamente empresas iniciantes do setor, firmas que operam com sementes, estabelecimentos ligados a negócios agrícolas e agroquímicos, e outras relacionadas a assuntos farmacêuticos, médicos e de saúde, bem como empresas de alimentos e bebidas, criando gigantescos complexos biotecnológicos, a partir dos quais poderão moldar o mundo bioindustrial.

A concentração de poder nesse âmbito é impressionante. As dez mais importantes empresas agroquímicas controlam 81%, dos 29 bilhões de dólares do mercado agroquímico global. Dez empresas do setor biológico dominam 37%, dos 15 bilhões de dólares anuais do mercado global de sementes. As dez maiores empresas farmacêuticas do mundo lideram 47% desse mercado de 197 bilhões de dólares. Atualmente, dez empresas multinacionais usufruem 43% do comércio farmacêutico veterinário, de 15 bilhões de dólares. Encabeçando a lista do setor biológico estão dez empresas multinacionais de alimentos e bebidas, cujas vendas combinadas excederam 211 bilhões de dólares, em 1995 Rifkin (1999: 71).

Em relação aos investimentos feitos por tais empresas em programas de biotecnologia, é estimada a importância de 7,5 bilhões de dólares anuais. Em 1995, empresas farmacêuticas multinacionais também investiram mais de 3,5 bilhões de dólares na compra de empresas biotecnológicas. Além dessas aquisições, esses mesmos conglomerados do setor biológico gastaram aproximadamente 1,6 bilhões de dólares, no mesmo ano, em acordos de licenciamento com empresas a fins Davidson (1996: 564); RAFI (1996:4).

Os investimentos em bioprodutos, no desempenho médio do conjunto das empresas dos EUA, no período 1989 a 1992, demonstra crescimento de 60,8%, ou seja, passou de 15,8 para 25,5 bilhões de dólares. Nesse mesmo intervalo, as percentagens médias de gastos com P&D aumentaram de 36% para 40% Possas et all. (1994:14).

Diante da magnitude dos capitais investidos, verifica-se a fragilidade do atual nível de capitalização das empresas brasileiras e sem sombra de dúvida, as amazônicas, para serem parceiras desse processo. A engenharia “político-financeira” que o Brasil deverá construir para possibilitar a inserção da Amazônia, nesse mega-negócio, ainda precisa ser construída, embora o tempo não esteja a favor dos reclamos da sociedade amazônica.

### 5.3 Regulamentação ao acesso e proteção aos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados

Nos anos 90 ganhou espaço entre as nações a noção e a discussão a cerca de que a grande riqueza dos países do Hemisfério Sul reside em seus recursos naturais – renováveis ou não – e que a diversidade biológica e os recursos genéticos que compõem esta diversidade são recursos estratégicos, tratando se de inovações na agricultura ou como insumos para bioindústrias.

Nesta linha de investigação se estabelece o problema engendrado pela biodiversidade para o Direito, o qual diz respeito à forma pela qual deve este normatizar tanto o acesso, como a exploração e a preservação dos recursos genéticos existentes no planeta. Em outras palavras, indaga-se como devem ser fixados, de um lado, os princípios de conservação e o uso sustentável da biodiversidade e, de outro, como devem ser regulados os direitos relativos ao acesso à propriedade e à exploração das várias espécies – animais, plantas e microorganismos – de tal sorte que os benefícios decorrentes dessa utilização sejam equanimemente repartidos entre países industrializados e aqueles ainda em fase de desenvolvimento.

Neste contexto o Brasil juntamente com outros 170 países assinou em 1992 a Convenção de Diversidade Biológica – CDB, que tem por princípios fundamentais: promover a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes da utilização dos recursos genéticos. Essa Convenção foi ratificada pelo Congresso Nacional, em 03 de fevereiro de 1994, por meio do Decreto Legislativo número 02 Lima (1999:24).

A Convenção da Biodiversidade foi o primeiro documento de caráter internacional a reconhecer a soberania nacional de um país sobre os recursos genéticos localizados em seu próprio território. É desse mesmo documento legal o art. 15 que dispõe sobre o acesso a recursos genéticos e a utilização dos mesmos. Todavia, se o parágrafo 1 estabelece a soberania dos Estados sobre seus recursos naturais e a autoridade dos governos nacionais para determinar o acesso aos recursos genéticos, determina no parágrafo 2 que “*Cada Parte Contratante deve procurar criar condições para permitir o acesso a recursos genéticos para utilização ambientalmente saudável por outras Partes*



*Contratantes*”, deixando de impor restrições contrárias aos objetivos da própria Convenção De Lucca (1999:4).

Outro ponto de controvérsia diz respeito ao problema de determinar-se até que ponto, na disciplina do acesso a recursos genéticos e biológicos, deve ser garantido às comunidades locais o direito sobre o conhecimento existente sobre eles, criando-se mecanismos para o compartilhamento justo e equitativo dos benefícios deles decorrentes: ou, segundo outra visão, se seria inviável o reconhecimento de tal direito, a mútua dos requisitos necessários à caracterização dos direitos de propriedade intelectual.

Em relação a essa matéria o Brasil não logrou estabelecer, até o momento, uma legislação que regule o acesso aos nossos recursos genéticos e biológicos. Tramitam no Congresso Nacional, três Projetos de Lei: a) Projeto de Lei número 306, apresentado pela Senadora Marina Silva, em 1995; aprovado no Senado e atualmente em tramitação na Câmara dos Deputados. b) Projeto de Lei número 4.576/98, de autoria do Deputado Federal Jaques Wagner, em tramitação na Câmara dos Deputados; c) Projeto de Lei número 4.751/98, enviado pelo governo federal à Câmara dos Deputados Lima (1999:25).

Esses projetos de lei deverão estimular muita polêmica na medida em que governo federal, indústrias, instituições de pesquisa, movimentos sociais, representantes indígenas e organizações não governamentais, divergem diametralmente sobre alguns pontos centrais. Todavia, o aprimoramento das propostas requer uma maior e melhor interlocução entre esses atores, direta ou indiretamente impactados. O trâmite dos referidos projetos de lei aguarda composição de uma comissão especial a ser integrada por membros das distintas comissões temáticas da Câmara Federal.

Dentre as principais questões abordadas nos projetos de lei de acesso aos recursos genéticos, destacam-se:

- a) natureza jurídica e titularidade dos recursos genéticos;
- b) atribuições institucionais;
- c) condições ao acesso;
- d) acesso aos recursos genéticos em terras indígenas;
- e) responsabilidades das instituições de pesquisa;
- f) direitos intelectuais coletivos e patenteabilidade.

A definição desse estatuto legal é de fundamental importância, para dar a devida concreção aos princípios que o Brasil aderiu na Convenção da Biodiversidade, visto que o mesmo resultará de uma série de contribuições importantes de toda a sociedade, tanto do Poder Executivo, como das organizações não-governamentais, dos institutos de pesquisa, das entidades de classe e demais instituições interessadas, como é o caso das comunidades indígenas.

#### 5.4. A experiência amazônica com programas de desenvolvimento regional

O fato mais difundido a respeito de recurso genético pirateado da Amazônia foi sem dúvida o da seringueira (*Hevea brasiliensis* L), através do inglês Henry Wickham, em 1876, o qual levou de Santarém-PA., 70.000 sementes, que foram plantadas no sudeste da Ásia, tendo repercussões diretas na economia e no desenvolvimento da Amazônia Santos (1980).

Esse acontecimento ilustra bem o que a economia amazônica já conhece a respeito do uso e contrabando da sua biodiversidade. A Amazônia teve a partir de 1880 até 1910, quando a borracha se tornou o segundo produto da pauta das exportações brasileiras, atingindo 40% contra 41% do café, o período mais próspero da sua economia, o qual pode ser caracterizado como de grande crescimento comercial concentrador, estagnação estrutural e miséria social.

Em relação ao crescimento comercial, na primeira década do atual século, os saldos líquidos do comércio exterior da Amazônia foram superiores aos do Brasil, numa relação que variou de 34,4% a 97,4%, entre os anos de 1901 a 1912 Santos (1980: 291).

Contudo, é lugar-comum na história econômica da Amazônia que o colapso sofrido às vésperas da Primeira Guerra Mundial resultou da concorrência da borracha oriunda das plantações asiáticas, realizadas com material genético amazônico. O fenômeno asiático contrapôs-se à produção extrativa amazônica, em função do crescimento exponencial da sua produção, oriunda dos seringais plantados, ou seja, de 3.000 quilos em 1900, para mais de 28.000.000 de quilos em 1912. Não bastasse essa *performance* física, ela trouxe a queda do preço internacional da borracha, estabilizando-o entre 6,38 a 6,60 francos, enquanto o custo de produção era de 3,48 francos para o produto cultivado e de 7,50 francos para o silvestre Santos (1980:237; 256, 257).

Como ilustração, suponha-se que o Brasil nunca tivesse perdido seu quase monopólio da borracha natural ou tivesse estabelecido a heveicultura, que impacto essa *commodity* teria propiciado na economia brasileira e em especial na economia amazônica? A borracha, conquanto não fosse imprescindível ao ciclo econômico, teria fortalecido bastante as finanças, a capacidade de importação e as possibilidades da acumulação de capital no Brasil e na Amazônia.

Em anos recentes o país se industrializara e a demanda de borracha aumentara. Nesse contexto o Brasil teria economizado, desde 1951, quando as primeiras compras se tornaram necessárias, 1,5 milhão de toneladas de elastômeros importados, num montante de 2,2 bilhões de dólares Dean, (1989: 225).

Neste século, não se ouviu mais falar em transferência de material genético com tanto volume, como no caso da seringueira. Isto, graças à biotecnologia, que permite ao cientista examinar em pequenas quantidades de bioma o material ou princípio ativo que lhe propicie benefício.

Hoje, o leque de produtos amazônicos com interesse pela moderna biotecnologia atinge plantas medicinais, inseticidas, cosméticas, óleos essenciais, corantes, alimentícias, bem como,

animais e até sangue indígena. Tudo aparece como matéria-prima em potencial, nesta era em que a ciência é vista como mercadoria.

Todo esse proveito respalda-se na possibilidade que a biodiversidade oferece ao desenvolvimento econômico contemporâneo. Estima que 4,5% do PIB dos E. U. A., equivalente a 87 bilhões de dólares, são oriundos da colheita de espécies selvagens. Quanto ao valor dos produtos farmacêuticos baseados em produtos selvagens foi avaliado em 40 bilhões de dólares. A produção médica a partir das espécies atualmente conhecidas corresponde em média a US\$ 28.570 por espécie Andersson (1992).

Recentemente, mais duas tentativas vultosas de promover o desenvolvimento regional, a partir do manejo da sua biomassa, não apresentaram os resultados esperados. Nos anos 70, os projetos agropecuários e a colonização tornaram-se o carro chefe de programas governamentais que buscavam ocupar e desenvolver a Amazônia. Os mesmos chegaram ao final da década com desempenho aquém do projetado. Nessa tentativa, 14 milhões de hectares de floresta densa foram derrubados para implantação de pastagens artificiais e cultivos anuais, ambos não sustentáveis, nos moldes implantados, com dispêndios financeiros da ordem de 520,9 milhões de dólares Hall, (1985:43); *apud* Hecht (1985); Costa (1992:21); Almeida (1992:99). Nos anos 80 e 90, o extrativismo madeireiro, colocou-se em posição destacada na formação do PIB amazônico, contudo, sem ser capaz de promover um desenvolvimento auto-sustentado. Pelo contrário, é uma atividade econômica concentradora de renda, e com sérios problemas de ordem ambiental.

Desse modo, mais uma vez a Amazônia volta a depender da sua biodiversidade como suporte para o seu desenvolvimento sócio-econômico, agora pautado nas possibilidades futuras da moderna biotecnologia e bioindústrias.

## 5.5 Infra-estrutura de pesquisa em botecnologia na Amazônia

No âmbito das modernas biotecnologias, o Brasil tem um razoável domínio das técnicas intermediárias, sendo altamente deficiente no conhecimento de técnicas de ponta. Entre os fatores que acarretam essa situação, citam-se: internamente, a crise financeira do Estado que praticamente extinguiu o financiamento à pesquisa e, externamente, a recusa dos países avançados em realizar pesquisas conjuntas e transferência de tecnologias, tendo em vista que a lei de propriedade industrial, só passou a vigorar no país, em 1996.

No campo da moderna biotecnologia agrícola, o país passou a contar, através da EMBRAPA, com o Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEM), em 1974, com sua instalação em Brasília-DF.

Em relação a Amazônia, a sua atual rede de pesquisa agropecuária – EMBRAPA e CEPLAC – crescendo-se do INPA e MPEG, vêm estabelecendo nas suas programações de pesquisas, projetos

---

que contemplam o estudo e as técnicas da moderna biotecnologia. Também, se fazem presente nesse campo a UFPA e, na fronteira com a região do Nordeste brasileiro, a EMBRAPA MEIO-NORTE, em Teresina-PI. A SUDAM, tem financiado ações que contemplam pesquisa nesse setor e também formulado indicadores de políticas.

Todas essas instituições, aliada à riqueza da flora e da fauna, bem como da forte expansão do setor biotecnológico em todo o mundo, tem levado o governo federal a procurar, através de programas, induzir tanto a consecução como a utilização desse potencial. Ressalte-se, nesse particular, o lançamento do Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia (PROBEM/Amazônia). Através dele serão identificadas e articuladas redes, ou laboratórios e grupos de pesquisa do país, especialmente atuando na região. Como objetivo principal do PROBEM/Amazônia, encontra-se em fase de implantação o Centro de Biotecnologia da Amazônia, (CBA), em Manaus -AM.

No quadro 2, enumeram-se de modo detalhado essas instituições, bem como suas atuais linhas de pesquisa em biotecnologia na Amazônia brasileira. No quadro 3, está o atual desenvolvimento do sistema de curadorias de germoplasmas da Amazônia, criado pela resolução 028, da diretoria da EMBRAPA, em 07.06.1993.

QUADRO 2: INFRA-ESTRUTURA DE PESQUISA EM BIOTECNOLOGIA NA AMAZÔNIA

Instituição	Local	Pesquisa	Pesquisado
EMBRAPA Meio-Norte	Teresina – PI.	Cultura de tecidos e marcadores moleculares	<b>Fruteiras</b> Bacuri, cajá, chichá, manga, umbucajá
EMBRAPA Amazônia Oriental – (CPATU)	Belém	Cultura de tecidos, marcadores moleculares e engenharia genética	<b>Fruteiras</b> Abacaxi, açai, bacuri, banana, cupuaçu. <b>Plantas medicinais</b> Ipecacuanha, jaborandi, quina. <b>Florestais</b> Cedro, mogno, paricá. <b>Outras</b> Curauá, pimenta-do-reino, pimenta longa, pau-rosa, urucu.
SUDAM	Belém – PA.	Rede Interinstitucional para Conservação e Uso dos recursos Genéticos Amazônicos – GENAMAZ	Conservar e utilizar o germoplasma regional
SUDAM/CPATU	Salvaterra – PA.	Banco de Germoplasma Animal da Amazônia – BAGAM	Conservação genética de duas raças bubalinas – Carabao e Baio – cavalo marajoara e animais silvestres que se encontram em fase de descaracterização genética
SUDAM/UFPA	Castanhal-PA.	Central de Biotecnologia da Reprodução Animal – CEBRAN	Caracterização e criopreservação de sêmen, óvulos e embriões de bovinos e bubalinos. Micromanipulação de embriões, fecundação <i>in vitro</i>
SUDAM/UFMT	Cuiabá-MT.	Centro de Controle Biológico para Produção de Inimigos Naturais de Pragas	Desenvolvimento e produção associada de insetos, fungos, bactérias e vírus, predadores de pragas.
SUDAM/MPEG/CPATU	Belém-PA.	Levantamento da Diversidade Vegetal da Amazônia	Informatização e manutenção de herbários
SUDAM	Cuiabá-MT.	Pesquisa de Germoplasmas	Plantas medicinais e microorganismos com potencial sócio-econômico

SUDAM/EMBRAPA Amazônia Ocidental	Manaus-AM.	Óleo de dendê	Fonte de energia renovável
Ministério do Meio Ambiente	Manaus-AM.	Centro de Biotecnologia da Amazônia - CBA	Cultura de tecidos e biologia molecular de animais, plantas e microorganismos

Fonte: EMBRAPA Meio-Norte, EMBRAPA Amazônia Oriental, SUDAM.

QUADRO 3: DESENVOLVIMENTO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE CURADORIAS  
DE GERMOPLASMAS DA AMAZÔNIA

Banco	Unidade Sede	Espécie Conservada
Recursos Genéticos Animais da Amazônia Oriental	EMBRAPA Amazônia Oriental	<i>Bubalinos</i>
Conservação de Recursos Genéticos Animais	EMBRAPA Roraima	Cavalo Lavradeiro
Banco de Germoplasma de Hortaliças e Plantas Condimentares da Amazônia	EMBRAPA Amazônia Oriental	Espécies olerícolas e condimentares
Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares	EMBRAPA Amazônia Ocidental	Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares
Banco Ativo de Germoplasma de Guaraná	EMBRAPA Amazônia Ocidental	<i>Guaraná</i>
Banco de Germoplasma de Culturas Industriais da Amazônia	EMBRAPA Amazônia Oriental	<i>Plantas Industriais</i>
Conservação Genética ex situ de Espécies Florestais Nativas da Amazônia	EMBRAPA Amazônia Oriental	Espécies Florestais nativas da Amazônia
Conservação ex situ de Germoplasma de Espécies Autóctones da Amazônia, em Sistemas diversificados	EMBRAPA Amazônia Ocidental	<i>Diversos</i>
Conservação dos Recursos Genéticos da castanha-do-brasil	EMBRAPA Acre	<i>Castanha-do-brasil</i>
Banco de Germoplasma de Forrageiras da Região Norte	EMBRAPA Amazônia Oriental	Espécies Forrageiras
Banco de Germoplasma de Fruteiras para a Amazônia	EMBRAPA Amazônia Oriental	Fruteiras Nativas
Banco Ativo de Germoplasma de Seringueiras Resistentes a Doenças	EMBRAPA Amazônia Ocidental	Seringueira, região amazônica
Banco de Germoplasma de Plantas Medicinais e Inseticidas	EMBRAPA Amazônia Oriental	Plantas Medicinais e Inseticidas
Banco de Germoplasma de Organismos Benéficos	EMBRAPA Amazônia Oriental	Organismos benéficos

Banco de Germoplasma Mandioca para a região Amazônica Ocidental	EMBRAPA Amazônia Ocidental	Mandioca
Banco de Germoplasma Mandioca para Amazônia Oriental	EMBRAPA Amazônia Oriental	Mandioca
Banco de Germoplasma de Bovinos da Raça Pé-duro	EMBRAPA Meio-Norte	Bovinos da Raça Pé-duro
Banco de Germoplasma de Caprinos da Raça Marota	EMBRAPA Meio-Norte	Caprinos “Marota”

Fonte: EMBRAPA/CERNAGEM. Relatório Técnico Anual, 1995.

## 6. Conclusão

Segundo prognósticos que circulam nos meios científicos e empresariais, os genes serão o “ouro verde” do próximo século, que começa a ser denominado de biotecnológico. As forças políticas e econômicas que controlam os recursos genéticos do planeta exercerão enorme poder sobre a futura economia mundial, da mesma forma que na era industrial o acesso aos combustíveis fósseis e metais valiosos, assim como o domínio sobre eles contribuiu para determinar o controle sobre os mercados mundiais. Nos próximos anos, o patrimônio genético do planeta, em constante redução, vai se tornar uma fonte crescente de valor monetário.

Empresas multinacionais e governos já exploram os continentes em busca desse novo filão, na esperança de localizar microorganismos, plantas, animais e seres humanos com traços genéticos raros que possam ter potencial no mercado futuro. Uma vez localizados os traços desejados, as empresas de biotecnologia os modificam e procuram a proteção das patentes para suas “novas” invenções. Patentear a vida será o segundo elemento da nova matriz operacional do século biotecnológico.

Nesse contexto a Amazônia tem lugar importante, como uma espécie de “laboratório” natural do mundo, em que poucos a conhecem, porém, uma grande maioria a imagina, sobretudo como opção para negócios. Sua história econômica demonstra que o uso da biodiversidade dos seus ecossistemas funcionou e continua a funcionar como variável importante nos processos econômicos aqui desenvolvidos, desde as “drogas do sertão” lideradas pelo cacau, nos séculos XVII e XVIII, até o presente com o extrativismo madeireiro, sem esquecer-se do ciclo da borracha, na segunda metade do século XIX e primeira década do atual.

A questão que tem perpassado aos estudiosos é que nesse longo período tal riqueza não tem sido canalizada para um desenvolvimento sustentável, pelo contrário tem sido concentrador e recentemente com graves externalidades sócio-ambientais.

Os estudos disponíveis demonstram a grande complexidade e fragilidade dos ecossistemas amazônicos e o pouco conhecimento sobre as tecnologias sustentáveis de exploração indicam que, dentro do mais alto rigor científico, não se deveria propor a exploração dos recursos naturais da região antes de obtidas respostas satisfatórias às questões expostas. Recomendamos então, aumentar

rapidamente o conhecimento da flora regional, incentivando e financiando as pesquisas botânicas, visando a melhorar o conhecimento da vegetação amazônica e do impacto das atividades humanas sobre a mesma. Aumentar rapidamente o conhecimento das relações solo-clima-planta, incentivando e financiando pesquisa sobre a origem e a dinâmica das chuvas, sobre o comportamento dinâmico dos solos e a evolução da matéria orgânica, sobre o comportamento e o balanço hídrico dos solos, sobre os mecanismos de troca solo-planta e solo-atmosfera.

Todas essas implicações – econômicas e científicas – têm pautado o desenvolvimento amazônico até o presente, com maior destaque para o econômico. Para o próximo século, descortina-se a possibilidade da biodiversidade amazônica servir como grande potencial de matéria-prima para uso da biotecnologia e conseqüente aproveitamento econômico via biotecnologia.

Nessa nova proposta de desenvolvimento, embora a Amazônia entre com seu grande potencial biótico, todavia, problemas relevantes terão que ser equacionados:

1. estabelecimento de infra-estrutura científica e qualificação de pessoal, na região, para atender a demanda oriunda da pesquisa biotecnológica;
2. capacidade em obter financiamento para os vultosos investimentos, em condições compatíveis com a dimensão e lucratividade das cadeias produtivas a serem instaladas;
3. regulamentação do acesso e proteção à biodiversidade amazônica;
4. análise do mercado futuro para bioprodutos, nos seus aspectos econômicos e de aceitação por povos culturalmente diferentes;
5. segurança quanto à possibilidade da poluição genética advinda de técnicas e processos que envolverão o desenvolvimento da biotecnologia em escala industrial na Amazônia.

Diante do exposto, verifica-se que a sociedade brasileira e em especial a amazônica terão que enfrentar esse novo desafio na busca do desenvolvimento sustentável desta região visto ser irreversível a tendência mundial de ter no próximo século a corrida econômica estabelecida nas inovações da moderna biotecnologia, estabelecida na engenharia genética e nos seus desdobramentos.



## Referências

- ALMEIDA, A. L.O. de. *Colonização dirigida na Amazônia*. Rio de Janeiro: IPEA, 1992.
- ANCIÃES, W.; CASSIOLATO, J . E . *Biotecnologia: seus impactos no setor industrial*. Brasília: CNPq., 1985.
- ANDERSSON, T. O valor da utilização potencial das florestas. In: III CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. São Paulo: Rev. Inst. Flor. v. 4, único, p. 983-1272. mar. 1992, Anais.
- ARORA, A.; GAMBARRA, A . Complementarity and external linkages: the strategies of the large firms in biotechnology. In: *The Journal of Industrial Economics*. v. 38, jun.,1990.
- ARROYOS, G.; WAISSBLUTH, M . *Desarrollo biotecnológico em la producción agroalimentaria de Mexico: orientaciones de política*. Santiago: CEPAL, 1988.
- BISHOP, J. E. ; WALDHOLZ, M. *Genome: the story of the most astonishing scientific adventure of our time – the attempt to map all the genes in the human body*. Nova York: Simon & Scuster, 1990.
- BULL, A. T. et alii. *International trends perspectives in biotechnology: a state of the art report*. Paris: OCDE, 1982.
- BUSH, L. et alii. *Plants power and profit*. Cambridge: Basil Black Well, 1991.
- CAREY, J. et alii. The Biotech Century. *Business Week*, 10/mar./1997.
- CHERFAS, J. *Man made life: a genetic engineering primer*. Oxford: Basil Black Well, 1982.
- COHENDET, P.; KEILING, M. L'attitude des firmes chimiques vis-à-vis la biotechnologie. In: CNRS, n. 207, 1981
- COLOMBO, H. Recherche innovation et renouveau d'industrie chimique. *Furturibile*, nov. 1982.
- (CEC) COMISSION OF THE EUROPEN COMUNITIES *The fast programme*. Bruxelas: Mimeo., 1982.
- COSTA, F. de A . *Ecologismo e questão agrária na Amazônia*. Belém: UFPA, 1992.
- DAVIDSON, S. Hilden biotechnology worth over \$7.5 billion a year. *Nature Biotechnology*, may, 1996.
- DEAN, W. *A luta pela borracha no Brasil*. São Paulo: Nobel, 1989.
- DE LUCCA. N. Alguns aspectos jurídicos da biodiversidade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DIREITO DA BIODIVERSIDADE. Brasília: 12, mai., 1999.
- DOBEREINER, J . A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. In: *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*. Ano I, n. 1, mai. 1997.
- DOSI, G. Technological paradigm and technological trajectories. In: FREEMAN, C. *Long waves in the world economy*. London: Frances Pinter, 1984.
- (CENARGEN) EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA. *Biotecnologia: a agricultura ganha em produtividade*. Brasília: Genebio, ano 1, n.2, mar. 1999.
- (CPATU) EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. *Micropropagação de plantas de bacurizeiro, ipecacuanha e jaborandi*. Belém: Projeto de pesquisa, 1996.

- \_\_\_\_\_. *Métodos de propagação de mogno*. Belém: Projeto de pesquisa, 1996b.
- \_\_\_\_\_. *Micropropagação, cultura de embrião e regeneração de plantas in vitro de pimenta do reino*. Belém: Projeto de pesquisa, 1996c.
- (EMBRAPA) EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1º Simpósio do Trópico Úmido: Belém, 1984. Brasília: Anais, 1986.
- ERWIN, T. L. Tropical forest carropies: the last biotic frontier. In: *Bulletim Entomology Society American*. Spring, 14-19, 1983.
- EVELEIGH, D. E. The microbial production of industrial chemicals. In: *Scientific American*. 254 (3), set., 1981.
- FARNWORTH, E.; GOLLEY, F. (org.). *Fragile ecosystems: evaluation of research and applications in the Neotropics*. New York: Spinger-vertag, 1974.
- FITTKAU, E. J.; KLINGE, H. *On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem*. Biotropica, 5 (1): 2-14, 1973.
- FOLHA DE SÃO PAULO. *União Européia estuda proibição a transgênico*. São Paulo: 29, mai., 1999. Cad. 1.
- FRANKEL, J. et alii., *Tecnologia e competição na indústria farmacêutica brasileira*. Brasília; FINEP, 1978.
- GAZETA MERCANTIL. *Tecnologia muda o panorama agrícola: uso de variedades transgênicas aumenta a produtividade e poderá influir nos preços de commodities*. Rio de Janeiro: 19, abr., 1999. Cad. Latino Americano.
- \_\_\_\_\_. *PROBEM terá R\$-38 milhões até 2002*. Rio de Janeiro: 23, mar., 1999. Cad. Regional.
- GLICK, J. L. Impact of recombinant DNA technology on the economy. In: *H.H. Fundeberg*. New York: Biomedial Institution, 1982.
- GOODMAN, D. et alii. *Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- HAGEDOORN, J.; SCHAKENRAAD, J. Inter-firm partnerships and cooperative strategies in core technologies. In: FREEMAN, C.; SOETE, L. *New exploration in the economics of technological change*. London: Pinter Publishers, 1990.
- HALL, A. L. *Amazônia: desenvolvimento para quem?* Rio de Janeiro: Zahar, 1989.
- JORNAL DE BRASÍLIA. *Transgênicos contra a parede*. Brasília: 27, mai., 1999. Cad. Cultura e Lazer.
- KAGEYAMA, A. (coord.) *Biotecnologia e propriedade intelectual: novos cultivares*. Brasília: IPEA, 1993.
- KLEBA, J. B. Riscos e benefícios de plantas transgênicas resistentes a herbicidas: o caso da soja RR da Monsanto. In: *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. Brasília: EMBRAPA, v.15, n.3, p.1-174, set./dez., 1998.
- LIMA, A. R. Acesso e proteção à biodiversidade. In: *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. Brasília: ano II, n. 8, mai./jun., 1999.
- LITCHFIELD, J. H. Single cell proteins. In: *Science*, 219, fev., 1983.

- LLERAS-PÉREZ, E. Uso tradicional da biota, manejo e domesticação de recursos genéticos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Belém: PRODEPA, 1992. Anais, p. 126-132.
- MCKUSICK, V. A Mapping and sequencing the human genome. *New England Journal of Medicine*, v. 320, 1989.
- MONERY, D. C. Conclusion and policy implications. In: *International Collaborative Ventures in U. S. Manufacturing*. Cambridge: Ballinger Publishing, 1988.
- MYERS, N. *The primary source: tropical forest and our future*. New York: W.W. Norton, 1984.
- NETO, P. N. A biodiversidade e seus problemas. In: II CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. São Paulo: Rev., Inst., Flor., v. 4, único, p. 1-338, mar., 1992. Anais.
- NG, T. K. et alii. Production of feedstock chemicals. In: *Science*, 219 (11), fev., 1983.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. *Transgênicos: o último grande debate do século*. São Paulo: 18, jul., 1999. Cad. Geral e Internacional.
- (OTA) OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT *The impact of applied genetics: microorganisms, plants and animals*. Washington, US-Congress, 1981.
- PISANO, G. P. et alii. Joint ventures and collaboration in the biotechnology industry. In: MOWERY, D. C. *International collaborative ventures in U. S. manufacturing*. Cambridge: Ballinger Publishing, 1988.
- PLETSCH, M. Compostos naturais biologicamente ativos. In: *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*. Brasília: ano I, n. 4, jan./fev., 1998.
- POSSAS, M. L. et alii. *O processo de regulamentação da biotecnologia: as inovações na agricultura e na produção agroalimentar*. Brasília: IPEA, 1994. (Estudos de Política Agrícola. Documentos de Trabalho, 16)
- QUINTERO, R. *La biotecnología latinoamericana: oportunidades y desafíos*. Caracas: Corporación Andina de Fomento, 1989.
- (RAFI) RURAL ADVANCEMENT FOUNDATION INTERNATIONAL. *The life industry*. September, 1996.
- RIFKIN, J. *O século da biotecnologia*. São Paulo: MARKON, 1999.
- SANTOS, R. *História econômica da Amazônia: 1800-1920*. São Paulo: Brasiliense, 1980.
- SALLES FILHO, S. L. M. Fundamento para um programa de biotecnologia na área alimentar. In: *Cadernos de Difusão de Tecnologia*. Brasília: v. 3, n. 3, 1986.
- SASSON, A. *Las biotecnologías: desafíos y promesas*. París: UNESCO, 1984.
- SCHULER, D. et alii. A gene map of the human genome. *Science*, v. 274, 25/oct./1996.
- SHAW, C. H. Genetic engineering of crop plants: a strategy for the future, and the present. In: *Chemistry and Industry*: n. 23, dez., 1984.
- SHUBART, H. O. R. Ecologia e utilização das florestas. In: *Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia*. São Paulo: Brasiliense, 1983.
- THE ECONOMIST. *Thanks, but no thanks*. London: 21, oct., 1995.

WITTWER, S. H. *Research and technology needs for the 21<sup>st</sup> century*. East Lansing, M I: Michigan Agricultural Experiment Station Publication, n. 9502, 1980.

WOLF, E. C. *On the brink of extinction: conserving the diversity of life*. Worldwatch Paper, 78:54, 1987.

WOLFGANG, J. J. As águas da região amazônica. In: *Amazônia: desenvolvimento, integração, ecologia*. São Paulo: Brasiliense, 1983.

YANCHINSKI, S. *Setting genes to work: the industrial era of biotechnology*. Harmondsworth: Penguin, 1985.