

SOJA TRANSGÊNICA versus SOJA CONVENCIONAL:
UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS E BENEFÍCIOS¹

Victor Pelaez²
Leide Albergoni³
Miguel Pedro Guerra⁴

RESUMO

A rápida difusão da soja transgênica resistente a herbicidas nos Estados Unidos da América, na Argentina e, de forma clandestina, no Brasil tem sido acompanhada por intensos debates sobre as vantagens e as desvantagens técnicas e econômicas desse tipo de cultura em comparação com a soja convencional. Apesar de mais de 60% do cultivo mundial de transgênicos corresponder à produção de soja, existem ainda poucos estudos capazes de fornecer uma resposta científica conclusiva quanto às vantagens e/ou desvantagens técnicas e econômicas desse tipo de cultura. Da mesma forma, pouco se sabe, ainda, sobre os impactos econômicos da comercialização da soja convencional utilizando-se sistemas de segregação e de certificação de qualidade. Este trabalho tem como objetivo fazer uma revisão dos estudos realizados, principalmente por universidades e institutos de pesquisa dos EUA, no que tange à comparação dos custos de produção, da produtividade e da rentabilidade entre a soja transgênica e a convencional nos EUA e na Argentina. Os resultados indicam que ainda não existem evidências suficientes capazes de confirmar vantagens ou desvantagens técnico-econômicas da soja transgênica em comparação com a soja convencional.

Palavras-chave: soja, custos de produção, produtividade, rentabilidade.

¹ Aceito para publicação em junho de 2004.

² Engenheiro de alimentos, Ph. D. em Economia, professor-adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Lothário Meissner, 3.400, térreo, Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, PR, victor@ufpr.br

³ Graduanda de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Paraná e bolsista do PET Economia. Lothário Meissner, 3.400, térreo, Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, PR, lalbergoni@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, prof. titular do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFPR), Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Rodovia Admar Gonzaga, 1.346, Itacorubi, Cx. Postal 476, 88040-900, Florianópolis, SC.

GENETICALLY MODIFIED SOY VERSUS CONVENTIONAL SOY:
A COMPARATIVE ANALYSIS OF COSTS AND BENEFITS

ABSTRACT

The fast dissemination of the transgenic soybean resistant to herbicides in the USA, in Argentina and clandestinely in Brazil, has been followed by intense debates aiming to compare technical and economic features of this crop vis-à-vis conventional soybean. Despite the fact that more than 60% of worldwide transgenic crops corresponds to soybean production, there are still very few studies capable of providing a conclusive scientific response concerning the techno-economic advantages and disadvantages of such a crop. Likewise, very few is known over economic impacts of conventional soybean commercialization concerning segregation systems. This paper aims to provide a survey of the studies comparing production costs, productivity and profitability between transgenic and conventional soybeans in the USA and Argentina carried out mainly by north-american universities and research institutes. The results indicate that there is not yet fully evidences confirming techno-economic advantages or disadvantages of transgenic soybean in relation to the conventional.

Key-words: soybean, production costs, productivity, profitability.

INTRODUÇÃO

A área global de cultivos transgênicos cresceu de 1,7 em 1996 para 58,7 milhões de hectares em 2002. Dessa área, cerca de 62% correspondem ao cultivo de soja transgênica tolerante a herbicida. Os principais países produtores de soja transgênica são a Argentina e os Estados Unidos, com índices de adoção estimados em 99% e 80%, respectivamente (JAMES, 2002; FERNANDEZ; MCBRIDE, 2003).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de aproximadamente 41% da área agrícola total do país, e um volume de produção que corresponde a mais de 44% do total de grãos produzidos no Brasil (CONAB, 2003).

A produção de soja transgênica no Brasil para comercialização está proibida desde 1998, por uma decisão judicial que impede a autorização do seu plantio, em virtude da inexistência de estudos sobre impacto ambiental e de normas de segurança alimentar, comercialização e rotulagem de alimentos transgênicos. Houve, no entanto, uma grande expansão do cultivo ilegal dessa

cultura no País, principalmente no Rio Grande do Sul. A previsão para a safra de soja transgênica desse estado, de 2003, foi estimada entre 5 e 6 milhões de toneladas, pouco mais de 10% da produção nacional, que chega a 49 milhões de toneladas (MONTEIR; SALVADOR, 2003).

A modificação genética da soja transgênica comercializada atualmente tem por objetivo o aumento da resistência da planta ao herbicida glifosato. Essa característica traria como consequência a facilidade no manejo da cultura, ao permitir um menor número de aplicações de herbicida, que resultaria em menores custos de produção. Apesar da grande difusão de soja transgênica, os resultados econômicos dessa cultura apresentam-se ainda muito controvertidos, principalmente vistos sob dois aspectos: o pagamento de *royalties* à empresa que detém a patente das sementes, onerando os custos de produção, e a perda de produtividade em comparação com as sementes convencionais.

Do lado da demanda, os principais mercados consumidores de soja (Europa e Japão) têm-se mostrado relutantes em consumir produtos geneticamente modificados, dando preferência à soja convencional. Esses mercados estariam dispostos a pagar mais pela soja convencional, na forma de um prêmio, que constituiria um incentivo ao cultivo dessa variedade. Mas, para que a soja convencional seja comercializada como tal, o produto deve vir acompanhado de certificação de pureza, o que implica custos adicionais ao consumidor, que ultrapassam o valor do prêmio.

Para analisar a vantagem de substituição da produção de soja convencional por soja transgênica, torna-se necessário uma exaustiva comparação dos custos de produção e de comercialização entre as duas variedades, em diferentes condições climáticas, tecnológicas e fundiárias. No entanto, os dados desse tipo de análise são ainda insuficientes, descontínuos e esparsos, o que limita as possibilidades de obtenção de resultados mais consistentes, que justifiquem a decisão de adotar uma das variedades.

Este artigo tem como objetivo sistematizar os estudos realizados sobre as comparações de custos, produtividade e retorno econômico das lavouras transgênica e convencional de soja, indicando também as limitações dessas análises. As informações utilizadas são principalmente de trabalhos de universidades americanas, nos quais foram comparados a produtividade e os custos, e avaliados os prêmios e os custos de segregação. Na segunda seção, faz-se uma comparação entre as estruturas de custos de produção da soja para

os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina – responsáveis por mais de 90% da produção mundial –, mostrando vantagens e desvantagens em cada país. A terceira seção compara os efeitos da introdução da soja transgênica sobre o processo produtivo, ou seja, nos custos de produção, na quantidade de herbicidas utilizados, na produtividade e na rentabilidade da produção. A quarta seção discute a introdução da soja transgênica em um mercado que exige sistemas de segregação, e o prêmio que os consumidores estariam dispostos a pagar para garantir o acesso à soja convencional.

PERFIL DE PRODUÇÃO DA SOJA NOS EUA, NO BRASIL E NA ARGENTINA

Os principais produtores de soja do mundo são os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina. Esses países possuem distintas estruturas de produção, decorrentes de diferenças de clima, fertilidade do solo, tecnologia e custo da terra, nas quais estão baseadas suas vantagens competitivas no mercado internacional. Nesta seção, pretende-se comparar as estruturas de custos dos Estados Unidos com as do Brasil e da Argentina, identificando os fatores de competitividade de cada país.

Ao comparar as agriculturas dos EUA, do Brasil e da Argentina para os anos de 1998–99 (SCHNEPF et al., 2001), observa-se uma estrutura de custos de produção da soja, resumida na Tabela 1.

Pela tabela acima, percebe-se que a estrutura de custos entre os três países difere em vários aspectos, mesmo sem se considerar o uso de semente de soja convencional ou transgênica. Em primeiro lugar, há que se destacar a utilização de fertilizantes, decorrente da diferença de qualidade das terras em cada região. Nesse item, o Brasil apresenta desvantagens significativas por conta da baixa fertilidade do solo, principalmente em Mato Grosso, onde os custos com fertilizantes chegam a ser cinco vezes maiores que os dos EUA. Na região do Chaco argentino, esses custos seriam praticamente nulos, em virtude da elevada fertilidade natural do solo (MAFIOLETI, 2002). Os juros pagos no Brasil são também significativamente superiores aos pagos nos EUA, de três (PR) a 7 vezes (MT). Outro item de custo variável, desfavorável à produção de soja brasileira, diz respeito aos salários que se apresentam bem mais elevados, variando de 4 a 17 vezes mais do que os valores pagos nos

Tabela 1. Custos de produção da soja nos EUA, na Argentina e no Brasil (em US\$/ha).

Item	Estados Unidos	Brasil		Argentina	
		Paraná	Mato Grosso	Buenos Aires/ Santa Fé	Chaco
Custos variáveis					
Sementes	48,85	41,24	27,75	n/d	44,23
Fertilizantes	20,31	51,05	111,07	n/d	0,00
Químicos	67,48	50,80	98,76	n/d	41,76
Op. máquinas/reparos	49,89	66,42	45,02	n/d	59,30
Juros	4,47	13,91	29,92	n/d	n/d
Salários	3,19	56,14	13,79	n/d	10,63
Colheita	n/d	n/d	n/d	n/d	54,95
Vários	n/d	4,94	n/d	n/d	n/d
Custos variáveis totais	194,19	284,51	326,32	237,93	210,87
Custos fixos					
Depreciação	118,58	101,41	22,16	47,15	n/d
Terra (preço do aluguel)	217,35	35,29	14,43	154,98	n/d
Impostos	17,22	4,03	1,36	n/d	n/d
Overhead*	33,11	0,00	0,00	51,07	n/d
Custos fixos totais	386,26	140,72	74,15	253,20	
Custos totais	580,45	425,23	400,49	491,13	
Produtividade (t/ha)	3,09	2,78	2,80	3,40	

* Na Argentina, refere-se ao custo de manutenção do capital fixo. Nos EUA, inclui custos com outros insumos, como ferramentas, geradores, infra-estrutura e despesas gerais de administração.

Fonte: Schnepf et al. (2001).

EUA e de até cinco vezes acima dos valores pagos na Argentina. Essa diferença, principalmente em relação aos EUA, está diretamente ligada ao elevado grau de tecnificação da agricultura naquele país, diminuindo assim a importância relativa dos custos com a mão-de-obra.

As desvantagens com os custos variáveis na produção da soja brasileira são compensados com as vantagens advindas dos custos fixos, principalmente no que tange ao preço da terra, que chega a ser 15 vezes superior nos EUA e 10 vezes no caso da Argentina. Essa diferença pode ser explicada pela abundância de terras a serem incorporadas na agricultura brasileira, principalmente na região de Mato Grosso (SCHNEPF et al., 2001). A produção

brasileira de soja teria ainda menor incidência de impostos, chegando a pagar apenas 8% (MT) dos impostos pagos pelos agricultores nos EUA. Essas vantagens de custo explicam por que a soja produzida no Brasil apresenta custos de produção de 27% a 31% menores aos dos EUA, e de 13,5% a 18,5% menores aos da Argentina.

Quanto ao preço final aos países consumidores, Schnepf et al. (2001) apresentam os resultados indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Avaliação hipotética de competitividade dos custos de exportação (1998/99).

Item	Estados Unidos US\$/t	Brasil				Argentina	
		Paraná		Mato Grosso		Buenos Aires/ Santa Fé	
		US\$/t	% custo EUA	US\$/t	% custo EUA	US\$/t	% custo EUA
Custos variáveis	46,54	75,66		86,27		51,71	
Custos fixos	92,53	37,56		19,60		54,98	
Custos totais de produção	139,07	113,22	81	105,87	76	106,69	77
Transporte internacional	11,70	23,13		36,47		22,04	
Custos a bordo	150,78	136,35	90	142,34	94	128,73	85
Frete para Rotterdam	10,34	15,51		15,51		13,34	
Preço em Rotterdam	161,12	151,87	94	157,85	98	142,07	88

Fonte: Schnepf et al. (2001).

Ao adicionar os custos de transporte aos custos de produção, o preço da soja brasileira em Rotterdam é de 2% a 6% inferior ao dos Estados Unidos e de 7% a 11% superior ao da Argentina. Os preços em Rotterdam da soja brasileira e da norte-americana aproximam-se, por causa da menor eficiência da infra-estrutura brasileira no que tange ao sistema portuário e de transportes (WILKINSON, 2002). A Argentina contaria ainda com a vantagem da menor distância entre as regiões produtoras e os portos, proporcionando uma redução relativa dos custos de transporte (MAFIOLETI, 2002). Portanto, a competitividade da soja brasileira basear-se-ia fundamentalmente no baixo custo da terra, o que compensaria suas desvantagens em termos de transportes e de custos variáveis de produção.

EFEITOS DA NOVA TECNOLOGIA NO PROCESSO PRODUTIVO

Nesta seção, comparam-se os custos de produção, a quantidade de herbicidas utilizada, a produtividade e a rentabilidade econômica entre as duas variedades, indicando as possíveis vantagens da adoção da soja transgênica pelos produtores.

Comparação de custos

Por conta das diferenças das estruturas de custos e fatores que afetam a produtividade, as comparações entre variedades transgênicas e convencionais devem ser feitas para uma mesma região, no mesmo intervalo de tempo e para um mesmo sistema de plantio (direto ou tradicional)⁵ (BENBROOK, 2001).

Rankin (1999) comparou os custos de produção da soja convencional com os da transgênica RR no Estado do Wisconsin, em 1998, nos sistemas de plantio direto e tradicional, obtendo os resultados indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Custos de produção da soja – RR versus Convencional, nos EUA, em 1999 (US\$/ha).

Item	Plantio tradicional*		Plantio direto**	
	Roundup Ready	Convencional	Roundup Ready	Convencional
Sementes	74,50	55,35	83,40	62,47
Controle de ervas daninhas				
- Roundup (1.5 pt. pré)	—	—	19,15	19,15
- Raptor (5 oz. – pós)	—	60,79	—	60,79
- Adjuvantes	—	3,71	—	3,71
- Roundup (1.5 pt.)	19,15	—	19,15	—
Custo de aplicação	17,30	17,30	34,59	34,59
Custo total	110,95	137,14	156,29	180,70

* Utilizam-se, nesse tipo de plantio, 49,4 kg/ha de sementes.

** Nesse tipo de plantio, utilizam-se 55,6 kg/ha de sementes.

Fonte: Rankin (1999).

⁵O plantio tradicional corresponde ao revolvimento do solo com arados e grades, enquanto o plantio direto se faz pela semeadura sobre os restos vegetais da cultura anterior (CORDEIRO, 2003).

A Tabela 3 mostra que, em 1999, o custo do controle de ervas daninhas foi menor em lavouras transgênicas, tanto no sistema de cultivo tradicional quanto no de plantio direto. Apesar de o custo de sementes ser até 34,6% maior para a variedade transgênica (RR), o custo total de produção, no plantio tradicional, seria 19% menor do que com o uso de variedades convencionais, enquanto, no plantio direto, a redução de custos seria de 13,5%.

Qaim & Traxler (2002) ao analisar os benefícios da soja transgênica na economia argentina, realizaram uma comparação de custos de produção de soja transgênica e convencional, obtida a partir de uma pesquisa realizada com 56 produtores de três províncias em 2001 (Tabela 4).

Para a Argentina, o custo de produção da soja transgênica é aproximadamente 10% menor que o da convencional. A diferença entre o custo da semente convencional e o da transgênica é de 21%, ou seja, até 19 pontos percentuais menor que o dos EUA. Essa diferença pode ser explicada pelo não-reconhecimento da propriedade intelectual da soja RR na Argentina, permitindo que o preço dessas sementes seja significativamente reduzido. Assim sendo, as sementes não são vendidas por contratos como nos EUA, de modo

Tabela 4. Comparação dos custos de produção: soja convencional versus RR na Argentina, 2001 (US\$/ha).

Item	Variedade convencional		Variedade RR	
	Média	Desvio	Média	Desvio
Custos variáveis				
Sementes	17,19	6,48	20,80	9,74
Herbicidas	33,64	16,55	19,10	5,70
Outros químicos	13,55	8,85	13,82	8,68
Máquinas (combustível e reparos)	24,25	18,65	17,43	15,78
Salários e custos de operação	46,82	25,40	43,22	23,27
Comercialização	77,54	20,87	77,91	19,66
Custos variáveis totais	212,99	29,71	192,29	26,47
Custo de produção unitário (US\$/t)	73,36	15,77	65,79	12,13

Fonte: Qaim & Traxler (2002).

que os produtores podem estocar sementes para a próxima safra⁶. Os custos com herbicidas são 43% menores para a variedade RR em relação à variedade convencional, uma vez que se utiliza apenas o herbicida Roundup para a variedade transgênica e três herbicidas para a variedade convencional. Quanto ao item máquinas e equipamentos, há uma redução de 28% nos custos derivados da redução de horas de uso por hectare (de 2,52 h/ha para 2,02 h/ha), uma vez que “Devido à menor incidência de ervas daninhas em plantações com soja RR, a colheitadeira pode ser operada a uma velocidade maior sem o risco de emperrar.” (QAIM; TRAXLER, 2002, p. 4)

Quantidade de herbicidas utilizada

A soja transgênica traz consigo a promessa de redução do uso de herbicidas, diminuindo custos e preservando o meio ambiente. Esse tipo de consideração carece, no entanto, de uma discussão mais aprofundada. No caso da Argentina, Qaim & Traxler (2002) indicaram um aumento de 108% na quantidade total de herbicidas utilizada no cultivo da soja RR. Esse aumento estaria principalmente ligado à difusão da prática do plantio direto – principalmente entre aqueles produtores que utilizam a soja RR –, demandando uma quantidade maior de herbicidas nessa fase da produção. Esses autores observaram, porém, reduções importantes nas quantidades de herbicidas mais tóxicos da classe II (-83%) e da classe III (-100%), de acordo com a classificação internacional da Organização Mundial de Saúde (WHO, 1988). Essa redução teria sido compensada por um aumento de 248% na quantidade de herbicidas da classe IV (menos tóxica), à qual pertence o glifosato (Tabela 5).

Benbrook (2001a, p. 15), ao comparar o uso de herbicidas entre as variedades de soja convencional e tolerante a herbicidas nos EUA, apresenta os seguintes valores na Tabela 6, baseados em dados levantados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

A Tabela 6 mostra o uso de herbicidas em termos de quantidade total por hectare e em termos de número de herbicidas utilizados por cultura,

⁶ Nos EUA e em outros países, as vendas de sementes estão sujeitas a cláusulas contratuais que cobram *royalties* e impedem os fazendeiros de guardar sementes para a próxima safra, de acordo com as leis de patentes. Esses contratos aumentam os custos e implicam a perda de autonomia dos produtores (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

considerando a média dos resultados obtidos em 14 estados dos EUA. Analisando o número de herbicidas utilizados, a variedade RR utiliza um número menor de herbicidas (1,4) em relação às demais variedades. Quanto às quantidades de herbicida utilizadas, a variedade RR apresenta um consumo superior (1,37 kg/ha) à variedade convencional (1,21 kg/ha), ou 13% maior. A propósito, Benbrook (2001b) afirma que:

“Herbicide-tolerant varieties have modestly reduced the average number of active ingredients applied per acre but have modestly increased the average pounds applied per acre. So, those who choose to measure herbicide use based on the former metric conclude that herbicide-tolerant varieties reduce herbicide use; those who favor the latter metric reach the opposite conclusion. Both are reasonable but incomplete ways to assess the overall impact of herbicide-tolerant varieties on herbicide use and the performance and sustainability of weed management systems”.

Tabela 5. Quantidade de herbicidas utilizada em cultivos de soja convencional e soja RR (Argentina, 2001).

Tipos de herbicida	Convencional (l/ha)	RR (l/ha)	Variação (%)
Herbicidas de toxicidade classe II	0,42	0,07	-83,3
Herbicidas de toxicidade classe III	0,68	0,00	-100,0
Herbicidas de toxicidade classe IV	1,58	5,50	248,1
Quantidade total de herbicidas	2,68	5,57	107,8

Fonte: Adaptada de Qaim & Traxler (2001, p. 7).

Tabela 6. Uso de herbicidas em variedades de soja convencional e tolerante a herbicidas (EUA, 1998).

Tipo	Porcentagem da área tratada	Número de herbicidas aplicados	Quantidade de herbicida (kg/ha)
Convencional (s/ glifosato)	47,9	2,7	1,21
Convencional (c/ glifosato)	8,0%	3,2	1,63
Variedade RR	38,8	1,4	1,37
Outras tolerantes a herbicida	5,4%	2,8	1,19

Fonte: Adaptada de Benbrook (2001a, p. 15).

Benbrook (2001a) ressalta, no entanto, que a média nacional mascara diferenças significativas entre as regiões. Conforme indicado na Tabela 7, enquanto no Estado de Michigan a quantidade de herbicidas utilizada com a variedade RR é 30% menor em relação às variedades convencionais, no Estado de Arkansas a variedade RR chega a consumir um volume 63% maior de herbicidas em relação às variedades convencionais. Entre os 14 estados avaliados, 10 apresentam um consumo do volume de herbicidas superior para a soja RR em relação às variedades convencionais.

Tabela 7. Quantidade de herbicidas em estados dos EUA, em 1998.

Estado	Total de herbicidas (kg/ha)		
	RR	Convencional	RR/Convencional
Arkansas	1,68	1,03	1,63
South Dakota	1,59	1,08	1,48
Minnesota	1,29	0,94	1,37
Tennessee	2,00	1,54	1,30
Iowa	1,57	1,21	1,30
Indiana	1,19	1,04	1,14
Ohio	1,31	1,17	1,13
Mississippi	1,59	1,55	1,03
Kentucky	1,26	1,22	1,03
Louisiana	1,51	1,50	1,01
Illinois	1,22	1,29	0,95
Kansas	0,95	1,03	0,92
Missouri	1,38	1,50	0,92
North Caroline	1,28	1,46	0,88
Nebraska	1,39	1,63	0,86
Michigan	1,15	1,65	0,70
Média dos estados	1,37	1,21	1,13

Fonte: Benbrook (2001a); Usda (1999) Agricultural Chemical Usage, 1998, Vegetable Summary.

Para Benbrook (2001a), a explicação para essas variações está relacionada ao comportamento distinto das diferentes cultivares de soja RR, que apresentam respostas diferenciadas em relação às mudanças ambientais de cada região produtora (estresse hídrico; fixação de nitrogênio; solo; cultivo).

Além disso, esses valores que refletem a eficácia do uso dos herbicidas e, por consequência, a eficácia relativa das variedades de soja convencional e transgênica, podem mudar ao longo do tempo, a depender do efeito de resistência das ervas daninhas. O surgimento de resistência das ervas daninhas ao herbicida utilizado é comum a todos os tipos de herbicidas. Para combater essa resistência, aumenta-se, então, a quantidade de herbicida aplicado e/ou combina-se com outro herbicida. “Com o uso continuado de sementes de Roundup Ready, as ervas resistentes aumentarão em densidade tornando esse tipo de problema mais freqüente. Os produtores deverão assim aumentar a taxa de aplicação desse herbicida ou então utilizar outros que possuam uma ação mais eficaz à resistência das ervas daninhas (HARTZLER, 1999, p. 4).

Da mesma forma, Benbrook (2001b), a partir de informações do Usda e de outros trabalhos, como Duffy (1999), Hartzler (1999) e *Herbicide Resistance Action Committee – HRAC* (2001), observa que “O uso de herbicidas em culturas de soja RR está aumentando gradualmente em função da variabilidade das ervas daninhas, crescimento tardio de algumas ervas daninhas e perda de susceptibilidade ao glifosato em algumas dessas espécies”.

Produtividade das lavouras

Os primeiros estudos realizados comparando a produtividade⁷ entre variedades de soja convencional e transgênica basearam-se em colheitas realizadas em 1997 e 1998, nos EUA. Fernandez & Mcbride (2002) avaliaram o impacto da adoção da soja resistente a herbicida em termos da elasticidade da produtividade, a partir de dados levantados em 1997, pelo USDA, em 19 estados dos EUA, identificando uma elasticidade positiva de 0,03 (Tabela 10). Isso significa um pequeno, mas estatisticamente significativo aumento de produtividade da soja resistente a herbicida, que se traduz da seguinte forma: a um aumento de 10% na produção de soja resistente a herbicida corresponde um acréscimo de 0,3% na produtividade média da safra. Esse estudo não teve, contudo, continuidade no ano seguinte.

Em 1998, o Usda realizou uma pesquisa no Estado de Iowa, para avaliar o impacto da adoção de soja transgênica, utilizando, nesse caso, uma análise

⁷ A produtividade, neste trabalho, refere-se à quantidade física obtida por acre, dada uma combinação de recursos produtivos.

comparativa entre a produtividade da soja convencional e a da transgênica. Em uma amostragem de 365 campos de cultivo, a produtividade média observada da soja GM foi de 2,96 t/ha, enquanto a da soja convencional foi de 3,07 t/ha, ou seja, 3,8% superior à variedade GM (DUFFY, 1999). Em 2000, esse estudo foi retomado, tendo sido observados 172 campos de cultivo, dos quais 108 (63% do total) utilizavam soja GM. A produtividade da soja GM foi de 2,9 t/ha, enquanto a da soja convencional atingiu 3,0 t/ha, o que corresponde a um valor 3,7% superior ao da GM. A diferença de produtividade manteve-se, assim, praticamente a mesma (DUFFY, 2001).

A Fig. 1, a seguir, foi extraída de uma pesquisa realizada pela Universidade de Wisconsin, na qual foram comparados os desempenhos de lavouras de soja convencional e da variedade RR, em 1998.

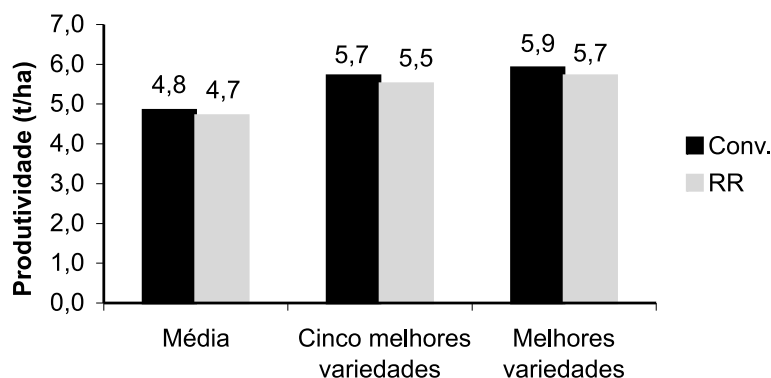


Fig. 1. Produtividade comparada das variedades convencional e transgênica (Wisconsin, EUA, 1998).

Fonte: Rankin (1999).

Nota-se que as variedades convencionais possuem uma vantagem relativa de desempenho de 100 a 200 kg/ha. No caso da produtividade média das variedades, a diferença teria sido de 100 kg/ha (2,9%). Nas melhores variedades e nas cinco melhores variedades, o desempenho de lavouras convencionais teria sido 200 kg/ha maior (3,6% e 3,5%, respectivamente).

A Tabela 8 foi elaborada por Benbrook (1999), a partir de dados de Oplinger (1999), na qual se apresenta a diferença de produtividade entre a soja RR e a convencional, observada em oito estados dos EUA, em 1998.

Tabela 8. Comparação de produtividade entre soja convencional e transgênica em diferentes estados dos EUA, em 1998 (t/ha).

Estado	Variedade média			Cinco melhores variedades			Melhores variedades		
	Conv.	RR	Var. (%)	Conv.	RR	Var. (%)	Conv.	RR	Var. (%)
Illinois	3,90	4,03	3,4	4,37	4,37	0,0	4,51	4,51	0,0
Iowa	4,10	3,83	-6,6	4,30	4,03	-6,3	4,44	4,03	-9,1
Michigan	4,44	4,30	-3,0	4,98	4,64	-6,8	5,25	4,71	-10,3
Minnesota	4,44	4,10	-7,6	4,91	4,51	-8,2	4,98	4,64	-6,8
Nebraska	3,90	4,10	-12,1	4,37	3,90	-10,8	4,44	4,03	-9,1
Ohio	4,03	3,90	-3,3	4,51	4,24	-6,0	4,64	4,37	-5,8
South Dakota	3,30	2,96	-10,2	3,63	3,36	-7,4	3,77	3,43	-8,9
Wisconsin	4,77	4,64	-2,8	5,72	5,51	-3,5	5,85	5,65	-3,4
Média	4,11	3,98	-5,3	4,60	4,32	-6,1	4,73	4,42	-6,7

Fonte: Benbrook (1999), baseado em Oplinger (1999).

Oplinger (1999) apresentou os resultados de cada estado, segundo a produtividade média das variedades, as melhores variedades e a média das cinco melhores variedades. Benbrook (1999) fez a média por estado, calculou a diferença de produtividade de cada variedade e transformou-a em percentagem. Somente para o estado de Illinois, a diferença de produtividade entre soja transgênica e convencional teria sido positiva (3,4%), ou seja, favorável à transgênica. A diferença de desempenho pode ser reflexo da estrutura de produção desse estado, e/ou das condições edafoclimáticas específicas da região, que favorecem a variedade transgênica. Em relação ao desempenho do Estado de Wisconsin, os dados corroboram os resultados apresentados na Fig. 1, com uma pequena diferença, que pode ser resultante da divergência de metodologia de cada estudo. De maneira geral, os dados mostram que a diferença de produtividade variou de 3% a 12%, em favor da variedade convencional. Apesar desses resultados, Oplinger (1999) observa que: “É de se esperar que os produtores de soja continuarão a aumentar a área plantada com variedades de soja RR, facilitando o controle das ervas daninhas em detrimento da maximização da produtividade”.

No caso da Argentina, os resultados da pesquisa de Qaim & Traxler (2002) indicaram que não há diferença significativa de produtividade entre a soja RR (3,02 t/ha) e a convencional (3,01 t/ha). Os autores, citando o trabalho de Tassisto (1998), chamam a atenção para o fato de que, nos dois primeiros

anos de introdução da soja RR nesse país, a produtividade foi ligeiramente menor do que a convencional, em razão do fato de a nova tecnologia não estar ainda incorporada às variedades de melhor desempenho. Ao mesmo tempo, muitos agricultores usavam inicialmente variedades que não estavam adaptadas às diferentes regiões de produção.

Ao procurar avaliar o desempenho de duas tecnologias de melhoramento genético, uma grande limitação a esse tipo de estudo é a dificuldade de comparações baseadas em uma única safra, as quais tendem a dissimular o avanço dessas tecnologias em longo prazo. Para uma avaliação mais conclusiva, as comparações de desempenho deveriam ser feitas de forma a obter-se uma série temporal de dados de pelo menos 5 anos consecutivos. Comparações estáticas (em uma safra) oferecem um retrato de curto prazo, enquanto comparações dinâmicas apresentam o desempenho de médio e longo prazos, resultante de um processo de adaptação tecnológica (desenvolvimento de cultivares), de aprendizagem e de inovações incrementais.

A Tabela 9 apresenta a evolução da produtividade média de soja nos Estados Unidos, na Argentina e no Brasil, de 1969 a 2003.

Tabela 9. Produtividade comparada da soja nos EUA, na Argentina e no Brasil (de 1969 a 2001).

Ano	Produtividade (t/ha)					
	EUA		Brasil		Argentina	
1969/71		1,83		1,22		1,28
1989/91		2,26		1,79		2,31
1993/94		2,19		-		-
1994/95		2,78		2,16		2,30
1995/96		2,38		2,22		2,19
1996/97	100	2,53	100	2,20	100	2,08
1997/98	103,6	2,62	105,0	2,31	87,0	1,81
1998/99	103,6	2,62	113,6	2,50	134,6	2,80
1999/00	97,2	2,46	110,4	2,43	117,8	2,45
2000/01	101,2	2,56	114,1	2,51	118,7	2,47
2001/02	105,1	2,66	127,3	2,80	128,4	2,67
2002/03	100,4	2,54	120,9	2,66	126,4	2,63

Fonte: Schenpf et al. (2001); Usda (2003).

De 1969 a 2003, o aumento da produtividade média da soja nos EUA foi de 39%, na Argentina, de 105%, e no Brasil, de 118%. Na safra 2000–01, a produtividade média da soja brasileira ultrapassou a da Argentina e, em 2001–02, ultrapassou também a dos EUA. Nesse período, tanto a Argentina quanto os EUA já cultivavam soja transgênica, enquanto o Brasil mantinha quase toda a produção convencional. Vale aqui ressaltar que as técnicas de melhoramento tradicional foram dirigidas ao aumento da produtividade, enquanto o melhoramento genético via transgenia direcionou-se à facilidade de manejo e ao desenvolvimento de características adaptadas ao uso de insumos específicos, como o herbicida glifosato. Ou seja, diferentes objetivos da pesquisa e do desenvolvimento de novas sementes podem ter levado a trajetórias tecnológicas e a resultados produtivos distintos.

Se é considerada, porém, a evolução da produtividade da soja a partir da safra 1996–97 (indicada com índice 100 na Tabela 9), quando a difusão da soja RR se inicia de forma mais consistente na Argentina e nos EUA, verifica-se que os EUA permanecem com praticamente os mesmos níveis de produtividade 6 anos depois, enquanto a Argentina obtém ganhos de mais de 26%. Essas diferenças de valores indicam as dificuldades de comparação dos sistemas de produção adotados em cada país, onde uma série de fatores pode influenciar no desempenho das colheitas, como: mudanças climáticas sazonais ou prolongadas; métodos de cultivo (tradicional ou plantio direto); condicionamento do solo; uso de diferentes herbicidas, inseticidas e surfactantes; além da evolução das economias de escala (BENBROOK, 1999).

Cabe ressaltar que, no caso do Brasil, um dos principais fatores para o aumento da produtividade da soja foram as pesquisas realizadas pela Embrapa para a fixação do nitrogênio, por meio da associação simbiótica com a bactéria *Rhizobium* (DÖBEREINER; ARRUDA, 1967; BROSE et al., 1979; VARGAS et al., 1982; BOHRER; HUNGRIA, 1997). Com a germinação da semente, a bactéria fixa-se nas suas raízes, extraindo nitrogênio do ar e transferindo-o para a planta. Benbrook (2001a) ressaltava, aqui, os riscos associados à inibição metabólica do *Rhizobium* com a aplicação intensiva do glifosato, o que poderia reduzir a fixação do nitrogênio por essa via. Esse tipo de risco afetaria principalmente a produtividade de lavouras de soja em solos com fertilidade reduzida, que é o caso específico do Brasil. No Relatório Ambiental, publicado pela Embrapa em 2002, avalia-se que "... deixam de ser aplicados, por safra,

nos 13 milhões de hectares cultivados com soja, cerca de 5,2 milhões de toneladas de nitrogênio...”, gerando uma economia de R\$ 3,6 bilhões por ano (EMBRAPA, 2002, p. 43).

Rentabilidade

Um dos resultados a serem considerados pelos produtores ao analisarem uma tecnologia de produção é a rentabilidade econômica da produção em termos operacionais, ou seja, a margem de lucro, considerados os custos operacionais da produção. O estudo realizado por Fernandez & McBride (2000) procurou identificar o impacto na produtividade e na rentabilidade da produção com a introdução de variedades transgênicas de soja, algodão e milho. A análise baseou-se em um modelo econométrico, que estabeleceu um indicador de flexibilidade, cujo resultado pode ser interpretado como a taxa de variação de um atributo da produção (produtividade ou rentabilidade), conforme a taxa de adoção de variedades transgênicas. A amostragem baseou-se na coleta de dados feita pelo Usda, no *Agricultural Resource Management Study* (ARMS). Os dados sobre a produção de soja estão indicados na Tabela 10, a seguir. No que tange à rentabilidade da produção, os resultados das pesquisas, em 1997 e 1998, indicam não haver impacto econômico significativo com a adoção de variedades transgênicas. Esses resultados foram confirmados por Duffy (1999; 2001), nas pesquisas realizadas no Estado de Iowa, em 1998 e 2000, e também por Couvillion et al. (2000), nas pesquisas realizadas em 1997 e 1998, no Estado do Mississippi. Esses autores consideram que a “taxa tecnológica” (*royalties*) embutida no preço da semente RR compensaria as reduções com os custos de aplicação do herbicida, não proporcionando, portanto, aumento de rentabilidade para o produtor.

Tabela 10. Impacto da adoção de soja resistente a herbicida em relação à convencional, nos EUA (de 1997 a 1998).

Elasticidade	1997	1998
Produtividade	+0,03	n/d
Rentabilidade	0*	0*

* Estatisticamente insignificante.

Fonte: Fernandez & McBride (2002).

A partir desses resultados, que revelam a inexistência de um impacto econômico favorável à adoção da soja resistente a herbicida, Fernandez e McBride (2000) perguntam-se sobre o motivo que induzira a rápida difusão desse tipo de variedade pelos agricultores. A resposta desses autores baseia-se nas considerações de Duffy (2001) e de Carpenter e Gianessi (1999), que consideram as facilidades de manejo das culturas com o uso de um herbicida de amplo espectro, como o glifosato, permitindo, por exemplo: maior flexibilidade de controle das ervas daninhas; redução do número de aplicações; e redução da necessidade da combinação de outros herbicidas, em consequência das variedades de ervas daninhas identificadas. Esse controle mais eficaz representaria, por si só, um ganho de rentabilidade, muitas vezes difícil de ser contabilizado na estrutura de custos. Isso quer dizer que a possível economia de mão-de-obra, nas aplicações do herbicida, não implicaria mudanças significativas nos custos variáveis de produção.

Outro aspecto relacionado à comparação de rentabilidade entre o cultivo de soja convencional e o de transgênica está ligado à evolução do preço dos herbicidas concorrentes com o glifosato. Bullock e Nitsi (2001), ao avaliar o impacto da difusão da soja transgênica nos custos de produção em oito estados dos EUA, em 1999, identificaram uma redução dos custos dos herbicidas concorrentes com o glifosato, graças à difusão da tecnologia RR. Essa dinâmica competitiva estaria, assim, contribuindo para reduzir as aparentes vantagens comparativas da utilização da soja RR, notadamente em termos de redução de custos, com a aplicação de herbicidas nas culturas de soja. Ao mesmo tempo, esses autores confirmam as considerações de Duffy (2001) e de Couvillion et al. (2000) de que, para a maioria dos produtores que utilizam a soja resistente a herbicida, a redução dos gastos com a aplicação de herbicidas estaria sendo compensada com os gastos adicionais com a “taxa tecnológica” embutida no preço da semente RR.

Expectativa dos produtores

Hipoteticamente, a principal razão para adoção da soja resistente a herbicida seria a redução dos custos de produção, oriunda da facilidade de manejo da cultura, em razão de melhor controle de ervas daninhas. Segundo a Monsanto (1999, p. 2), as sementes de soja transgênica reduzem o uso de herbicidas em média 22% a 26%, o que reduziria significativamente o custo de produção.

A Tabela 11 foi elaborada a partir de resultados de pesquisas realizadas pelo Usda e pelo Leopold Centre, para o Estado de Iowa, com o objetivo de conhecer as razões que teriam influenciado os produtores a substituir a cultura de soja convencional pela transgênica.

Tabela 11. Razões para os fazendeiros adotarem soja resistente a herbicida.

Razão	Usda-ERS 1997*	Leopold Centre 1998**
Aumento da produtividade com o melhor controle de erva daninha	65,2	53
Redução do custo de pesticidas	19,6	27
Aumento da flexibilidade do cultivo	6,4	12
Adoção de práticas mais ecológicas	2,0	—
Outras	6,8	3

* Estudo realizado em 19 estados dos EUA.

** Estudo realizado no Estado de Iowa, em 365 campos de cultivo de soja.

Fonte: Hin, Schenkelaars et al. (2001).

Conforme essa tabela indica, a expectativa de aumento da produtividade teria sido a principal razão para a substituição das variedades, identificada nas duas pesquisas – em 65,2% e 53%, respectivamente. São justamente essas expectativas que não são atendidas, conforme os dados mostrados anteriormente. Na prática, o efeito mais tangível parece ser a conveniência de manejo de OGM, que permite maior flexibilidade do trabalho de cultivo. Tais expectativas mostravam-se, no entanto, muito menores, ou seja, 6,4% e 12%, respectivamente.

Os interesses e as incertezas do mercado decorrentes da relutância de os consumidores europeus e asiáticos decidirem sobre a compra de grãos e produtos desses grãos transgênicos parecem ser menos importantes do que variáveis do desempenho da colheita, como custos e rentabilidade (HIN, 2001). Na tabela acima, não está claro se esse item foi incluído ou não, pois pode estar enquadrado em “Outras” razões, que representa uma pequena percentagem dos resultados. Pode-se inferir, nesse caso, a eficiência do marketing realizado pelas empresas produtoras de sementes transgênicas entre os produtores

agrícolas, cuja decisão pela adoção desse tipo de sementes estaria baseada muito mais em expectativas anunciadas pelos fornecedores de sementes do que em análises prévias de custos/benefícios.

SEGREGAÇÃO DO MERCADO: CUSTOS E PRÊMIOS ADICIONAIS

Os produtos transgênicos provocaram reações de recusa nos principais mercados consumidores europeus e asiáticos. Assim, o mercado de soja dividiu-se em dois segmentos, cuja distinção depende da existência de um sistema de certificação de qualidade da soja. Surgem, então, técnicas para manejo, cultivo e transporte dos grãos, chamadas “sistemas de segregação”. Nessa seção, serão discutidos os sistemas de segregação de mercado, os custos adicionais da adoção de cada sistema e o prêmio pago pelos mercados consumidores para a soja convencional.

Sistemas de Segregação

As técnicas de segregação vão desde a separação simples de transporte e manejo no processo de comercialização, até as mais sofisticadas, que envolvem procedimentos de rastreabilidade ao longo da cadeia agroalimentar.

A segregação mais simples consiste apenas no processo de comercialização da soja, ou seja, no transporte e na armazenagem. Nesse caso, o lote é aceito como convencional, mediante certificado emitido por laboratórios especializados que realizam o teste de grau de contaminação. Na Europa, o grau de tolerância a contaminações é de 1% (SALOMON, 2003). No Brasil, a Medida Provisória nº 113 estabeleceu o mesmo grau de tolerância europeu (BRASIL, 2003). Esse tipo de teste geralmente é realizado pelas empresas comercializadoras, quando do recebimento dos caminhões carregados de soja (TRAVER, 2003).

Um sistema mais sofisticado de segregação seria a preservação de identidade que, além dos procedimentos adotados no sistema mais simples, envolve o monitoramento ao longo da cadeia de soja. O monitoramento começa pela semeadura, com a prática de distâncias permissíveis mínimas entre campos, e prossegue com inspeções do lote ao longo da cadeia, para minimizar a

presença de impurezas (KALAITZANDONAKES, 2001). O transporte é feito em caminhões e em compartimentos de navio separados, para evitar a contaminação com variedades transgênicas (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Esse monitoramento é acompanhado de documentos de rastreabilidade, ou seja, informações que garantam a fonte e a manutenção de certos traços de qualidade ao longo da cadeia de produção e consumo (WILKINSON, 2002). As medidas rigorosas para impedir a presença de impurezas são dadas em acordos contratuais, que estabelecem as características genéticas da semente, o sistema de produção, as práticas de colheita, os procedimentos de testes, transporte e armazenagem. Se, apesar dos cuidados, o grão apresentar contaminação acima daquela estabelecida por contrato, o produtor não recebe o prêmio (LIN; JOHNSON, 2003). Por sua característica rígida, é o sistema em que os consumidores mais confiam (WILKINSON, 2002).

Os custos de IP (Identity Preservation) podem ser diretos e indiretos. Os custos diretos são os custos pagáveis (explícitos). Para o fazendeiro, os custos pagáveis consistiriam no trabalho de limpeza do equipamento durante o plantio, de colheita e armazenagem. Para um armazenador, esse custo resultaria do trabalho de limpeza do poço ou dos investimentos extras para armazenagem especializada de IP. Testar e documentar a identidade do produto também aumentariam significativamente os custos diretos. “Os custos de IP também consistem em todos os custos de segregação (inclusive os custos não revelados) no nível da produção e os incentivos oferecidos aos produtores para cultivo de variedades não-transgênicas” (LIN; JOHNSON, 2003, p. 11).

Os custos indiretos de IP são custos não-pagáveis. São os custos implícitos, que resultam da inutilização parcial da infra-estrutura de produção, de armazenagem e transporte, uma vez que essa infra-estrutura seria restrita à soja convencional, ou deveria no mínimo passar por um período de limpeza, a fim de evitar a contaminação com grãos transgênicos. A “fungibilidade” limitada da infra-estrutura de IP pode resultar em ineficiências que, embora caras, não são diretamente pagáveis. Os lucros perdidos representam custos indiretos adicionais a IP. Aproximadamente um terço dos custos de preservação de identidade é indireto, e o dois terços restante são custos diretos (LIN; JOHNSON, 2003).

Geralmente, o foco de análise de custos se relaciona com os custos diretos de IP, considerando que os custos indiretos são difíceis de ser detectados e medidos. Os custos de IP não são fixos, pois variam de acordo com as condições do contrato e o volume de IP assegurado (KALAITZANDONAKES, 2001; SAAK, 2002). O relacionamento entre o volume e os custos do IP é determinado, na maior parte, pela configuração física dos recursos.

Lin (2001) apresenta os custos de segregação para a soja nos Estados Unidos, conforme indicado na Tabela 12.

Tabela 12. Custo de segregação para soja STS (EUA).

Item	Segregação de soja STS US\$/t
Armazenagem	1,63
Manejo	4,90
Risco	5,72
Transporte	0,00
Testes/análises	0,82
Marketing	1,63
Total	14,70

Fonte: Lin (2001).

Esse tipo de segregação, como o nome indica, foi desenvolvido para a soja STS⁸ da DuPont e corresponderia a 12% do preço pago ao produtor (LIN, 2001). A tabela indica que os itens de maior peso no valor total de preservação de identidade são risco (39%) e manejo (33%). Os processos de IP são freqüentemente sujeitos a riscos e às responsabilidades de falhas na sua execução, além dos riscos tradicionais associados às perdas da safra. Tais riscos e responsabilidades traduzem-se freqüentemente em custos pagáveis (KALAITZANDONAKES, 2001). Os custos de manejo referem-se principalmente à necessidade de limpeza dos equipamentos antes do uso, para evitar a contaminação. Os custos de transporte são nulos, porque não representam despesas adicionais no valor do frete comum, uma vez que o volume exportado não requer compartimento separado no navio (LIN; JOHNSON, 2003).

⁸ Embora com a característica de resistência ao herbicida Synchrony STS (*sulfonylurea*) da Dupont, a soja STS não é considerada como transgênica, uma vez que a resistência é introduzida com gene da própria soja e, não, estrangeiro, como no caso da soja RR (LIN E JOHNSON, 2003).

A Tabela 13 apresenta a evolução dos custos de segregação, nos EUA, para a soja convencional, em 2000, 2001 e 2002.

Tabela 13. Custos de segregação.

Ano	Custo por tonelada	Porcentagem do preço*
2000	US\$15	14
2001	US\$ 5	9
2002	US\$ 5	8

* Percentagem do preço ao produtor.

Fonte: Lin & Johnson (2003).

Em 2000, os custos de IP nos EUA para soja convencional teriam sido da ordem de US\$15/t (14% do preço médio ao produtor), e, em 2001, aproximadamente US\$5 (9% do preço médio ao produtor) (LIN, 2002; LIN; JOHNSON, 2003). Essa redução dos custos poderia ser atribuída ao avanço das técnicas utilizadas e à ampliação do sistema. A crescente aprovação de OGM pelos países produtores e a regulação nos países consumidores tendem a aumentar o uso dos sistemas de segregação e de preservação de identidade, provocando o surgimento de economias de escala (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Segundo Lin e Johnson (2003), se fossem utilizadas as técnicas de manipulação empregadas em produtos HOC (*high oil corn*, com alto teor de óleo), o custo de segregação da soja poderia declinar para 4% do preço ao produtor.

No Brasil, o custo com a preservação de identidade da soja convencional é bastante inferior ao dos EUA. No caso da empresa certificadora Ecocert Brasil – subsidiária da Ecocert Internacional –, tais valores variam de US\$ 0,30 a US\$ 1,00/t de soja. Desses custos, cerca de 50% estão ligados à inspeção e à certificação propriamente dita, e os 50% restantes estão associados aos custos de controle interno da empresa certificadora (OLIVEIRA, 2003).

Prêmio

Se, por um lado, alguns segmentos de mercado têm demandado a certificação da soja convencional, por outro, os produtores tendem a exigir

um pagamento maior como incentivo à manutenção da produção, configurando um prêmio pago ao produtor (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Segundo Lin e Johnson (2003), o prêmio ao produtor, nos EUA, já estaria embutido nos custos de preservação de identidade, configurados no contrato.

A Tabela 14 apresenta os prêmios pagos para a soja convencional em 1998, 2000, 2001 e 2003.

Tabela 14. Prêmio pago pela soja convencional.

Ano	Prêmio total pago pelos consumidores		Prêmio pago aos produtores ^{(3)*}
	União Européia	Japão ^{(3)***}	
1998	24C** ⁽¹⁾	-	-
2000	-	US\$ 14 a 16	US\$ 1 a 3
2001	-	US\$ 7 a 9	US\$ 5 a 7
2003	US\$10 ⁽²⁾	US\$ 9 a 14	US\$ 3 a 8

* A partir do prêmio pago pelo Japão.

** Aproximadamente US\$ 24/t.

*** Esses valores correspondem aos custos de preservação de identidade nos EUA.

Fonte: ⁽¹⁾ European Comission (2001); ⁽²⁾ Traver (2003); ⁽³⁾ Lin e Johnson (2003).

Percebe-se um decréscimo do prêmio total pago por tonelada, ao mesmo tempo que ocorre um aumento no prêmio pago ao produtor. Na Europa, o prêmio teria sido de 24€t em 1998, o que corresponderia a aproximadamente 4% do preço ao produtor (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Lin e Johnson (2003) observam que o prêmio seria suficiente para cobrir os custos com IP. O prêmio funcionaria como uma recompensa pelo produtor não experimentar a nova tecnologia. O prêmio representa um ganho de competitividade que poderia ser aproveitado para consolidar o mercado de soja convencional. Esse tipo de pagamento não se apresenta, no entanto, como uma tendência do mercado internacional de soja, caracterizando-se ainda como um benefício incerto.

CONCLUSÕES

As análises comparativas de desempenho técnico e econômico entre as culturas de soja convencional e transgênica não têm apresentado, ainda, dados conclusivos, que possam confirmar a superioridade de uma tecnologia de melhoramento genético sobre a outra. Isso se deve principalmente ao fato de que quase todas as comparações existentes baseiam-se em uma análise estática, que retrata o desempenho de uma única safra. Tal desempenho pode ser influenciado por uma série de fatores conjunturais associados ao clima, ou ainda a fatores estruturais associados aos vários tipos de solos e distintas práticas agrícolas, específicas de cada região ou mesmo de cada propriedade. A difusão de novas variedades de soja transgênica resistentes a herbicidas implica a adoção de determinadas práticas de manejo, que podem ser determinantes no desempenho da nova tecnologia. Da mesma forma, o desempenho dessa nova tecnologia depende do contínuo desenvolvimento e da adoção de cultivares adaptadas às especificidades de solo e clima de cada região produtora. Portanto, os impactos que se deseja conhecer para esse tipo de tecnologia somente podem ser confirmados, efetivamente, a partir de uma série histórica de dados obtidos por um período de pelo menos 5 anos consecutivos.

A partir dos dados disponíveis, é possível concluir que o consumo de herbicidas na cultura da soja RR tende a ser superior ao da soja convencional. No caso dos EUA, tais valores apresentam grande variabilidade – entre -30% e +60%, conforme as condições edafoclimáticas específicas –, com um consumo médio superior de 8%, enquanto, na Argentina, esse valor chega a ser de 180%. A soja transgênica apresenta, por sua vez, custos de produção de 7% a 20% menores do que os da soja convencional. Já a produtividade da soja convencional mostrou-se até 12% superior à da transgênica. A redução dos custos de produção da soja RR tem pouca influência sobre os critérios de cálculo de rentabilidade adotados nas pesquisas realizadas nos EUA. Assim, não foram identificadas variações significativas de rentabilidade na comparação entre as culturas de soja convencional e de soja transgênica.

Os custos de preservação de identidade, nos EUA, têm mostrado variação de US\$ 7 a US\$ 16/t, nos quais se incluem os prêmios pagos aos produtores. Esses têm variado de US\$ 1/t a US\$ 8/t. No Brasil, os custos de preservação de identidade seriam da ordem de US\$ 1/t, enquanto os prêmios pagos pelos

consumidores europeus podem chegar a cerca de US\$ 10/t. Essa diferença de US\$ 9/t, quando repassada ao produtor, pode proporcionar uma margem de lucro ao agricultor brasileiro significativamente superior à esperada pelo norte-americano. Por sua vez, a introdução de sistemas de certificação e de rastreabilidade da soja convencional tendem a inflacionar o mercado desse tipo de *commodity*, por forçar a adoção de novas práticas de manejo e de controle das safras, que incorrem em custos adicionais repassados aos consumidores. A questão é saber até que ponto o sobrepreço criado será assimilado pelo mercado e se a rotulagem dos alimentos produzidos a partir de matéria-prima geneticamente modificada garantirá um nicho de mercado permanente para os produtos convencionais.

Para os produtores individuais, o que se deve considerar, ao avaliar uma possível decisão de substituição da semente tradicional por transgênica, são as possíveis comodidade e eficácia no controle de ervas daninhas, diante da menor produtividade dessa variedade e da perda do prêmio que seria obtido com a soja convencional. No caso do Brasil, onde a fertilidade dos solos é significativamente inferior à da Argentina e à dos EUA, deve-se também considerar os possíveis riscos de perda de produtividade associados à alteração do processo de fixação de nitrogênio, proporcionado pela associação com a bactéria *Rhizobium*.

Conclusões definitivas sobre vantagens e desvantagens da soja transgênica em relação à convencional seriam, portanto, prematuras neste momento, em razão da inexistência de dados consistentes que corroborem qualquer resultado. Os dados de desempenho da soja transgênica apresentados neste artigo refletem, na realidade, uma fase pré-paradigmática desse tipo de tecnologia, a despeito de sua ampla difusão entre os principais países produtores. A consolidação da transgenia como um paradigma dominante dependerá também de uma ampla aceitação por parte dos grandes mercados consumidores de soja, bem como das trajetórias tecnológicas adotadas no melhoramento genético (transgênico e convencional) com o propósito de garantir maior eficiência de produção e melhor qualidade de alimentos. Enquanto houver barreiras institucionais significativas ao consumo de alimentos transgênicos – como a rotulagem ou mesmo moratórias a esses produtos –, o mais provável é que se estabeleça uma coexistência de paradigmas alternativos de produção, cuja evolução dependerá dos seguintes fatores:

estratégias de concorrência, marketing e difusão da tecnologia adotada pelos diferentes atores do setor produtivo; estratégias de resistência de grupos de consumidores organizados; e existência de dispositivos de avaliação do desempenho e dos impactos econômicos e ambientais em longo prazo.

REFERÊNCIAS

BENBROOK, C. **Evidence of the magnitude and consequences of the Roundup Ready soybean yield drag from university-based varietal trials in 1998**. 1999. Disponível em: <http://www.biotech-info.net/RR_yield_drag_98.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2003.

BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, jun. 1998, p. 937-952.

BENBROOK, C. M. **Troubled times amid commercial success for Roundup Ready soybeans**: glyphosate efficacy is slipping and unstable transgene expression erodes plant defenses and yields. Standpoint: Northwest Science and Environmental Policy Center, (2001a). Disponível em: <<http://www.biotech-info.net/troubledtimesfinal-1.pdf>> Acesso em: 14 mar. 2003.

BENBROOK, C. (2001b). **Do GM crops mean less pesticide use?** Disponível em: <<http://www.mindfully.org/Pesticide/More-GMOs-Less-Pesticide.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2003.

BRASIL. Medida Provisória n. 113 de 26 de março de 2003. Estabelece normas para a comercialização da produção de soja da safra de 2003 e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p.1, 27 mar. 2003. Seção 1, Disponível em: <<http://www.senado.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2003.

BROSE, E.; FREIRE, J.R.J.; MÜLLER, L. Relações entre genótipos de soja (*Glycine max* [L.] Merrill), fixação simbiótica do nitrogênio e rendimento de grãos. **Agronomia Sulriograndense**, Santa Maria, v.15, p.179-198, 1979.

BULLOCK, D. e NITSI, E. Roundup ready soybean technology and farm production costs: measuring the incentive to adopt genetically modified seeds. **American Behavioral Scientist**, [London], v. 44, April 2001.

CARPENTER, J.; GIANESSI, L. Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting Roundup Ready varieties. **AgBioForum**, v. 2, n. 2, p. 65-72, spring 1999. Disponível em: <<http://www.agbioforum.org>>. Acesso em: 17 ago. 2003.

CONAB. **Previsão e acompanhamento da safra 2002/2003**: terceiro levantamento fevereiro/2003. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/acms/clientes/conab/03_publicacoes/ind_agropecuaria/estimativa_safra/Boletim-Textos.doc> Acesso: em 01 abr. 2003

COUVILLION, W. et al. **A preliminary economic assessment of Roundup Ready soybeans in Mississippi**. Starkville, MS: Mississippi State University - Department of Agricultural Economics, 2000. p. 1-11. (Research Report, 2000-005).

DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N.B. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 2, p. 475-487, 1967.

DUFFY, M. e ERNST, M. **Does planting GMO seed boost farmers' profits?** Leopold Center, 1999. Disponível em: <<http://www.ag.iastate.edu/centers/leopold/newsletter/99-3leletter/99-3gmoduffy.html>> Acesso em: 13 out. 2003.

DUFFY, M. **Who benefits from biotechnology?** Paper presented at American Seed Trade Association Meeting, Chicago, IL, Dec. 5-7, 2001.

EMBRAPA. **Relatório Ambiental**. Brasília, DF, 2002. 67 p.

EUROPEAN COMMISSION, 2001. **Economic impact of genetically modified crops on the agri-food sector**. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/gmo/full_en.pdf> Acesso em: 10 mar. 2003.

FERNANDEZ, J. e MCBRIDE, W. **Adoption of bioengineered crops**. Agricultural Economic Report, N. 810. Washington: USDA, 2002.

FERNANDEZ, J. e MCBRIDE, W. **Adoption of genetically crops on the US**, October 2003. Washington: USDA-ERS. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/Data/BiotechCrops>> Acesso em: 10 out. 2003.

HARTZLER, B. **Are Roundup Ready weeds in your future?**. 1999. Disponível em: <<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/qtr98-4/Roundup@future.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2003.

HIN, C. J. A.; SCHENKELAARS, P.; PAK, G. A. **Agronomic and environmental impacts of the commercial cultivation of glyphosate tolerant soybean in the USA**. Utrecht: Centre for Agricultura and Environment, 2001. Disponível em <<http://www.clm.nl/pdf/496.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2003.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (HRAC). **Internacional Survey of Herbicide Resistant Weeds. 2001**. Site: Weed Science Society of America. Disponível em: <<http://weedsociety.org/in.asp>>. Consultado em: 23 abril 2004.

JAMES, C. **Global status of commercialised transgenic crops: 2002**. New York: ISAAA, 2002. Disponível em: <http://www.isaaa.org/Publications/briefs/briefs_27.htm>. Acesso em: 12 dez. 2002.

KALAITZANDONAKES, N.; MALTSBARGER, R.; BARNES, J. **Global IP costs in agricultural supply chains**. 2001. Disponível em: <<http://www.projectgroepbiotechnologie.nl/actueel/download/IPKalaitCJAE.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2003.

LIN, W. **Estimating the cost of segregation for non-biotech maize and soybeans**. 2001. Disponível em: <<http://www.cabi-publishing.org/bookshop/ReadingRoom/085199573x/085199573xCh21.pdf>> Acesso em: 4 abr. 2003.

LIN, W. 2002 Segregation of non-biotech corn and soybeans: who bears the cost? In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL. **Ravello, 2002. Disponível em:** <<http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/abstract/Lin1.htm>>. Acesso em: 1 abr. 2003.

LIN, W.; JOHNSON, D. Segregation of non-biotech corn and soybeans: who bears the cost? In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING. Montreal, 2003. **Anais...** Montreal: AAEA, 2003. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://agecon.lib.umn.edu/cgi-bin/detailview.pl?paperid=8763>>. Acesso em: 22 jul. 2003.

MAFIOLETI, R. L. **Relatório da visita técnica a produtores, cooperativas e instituições de pesquisa na Argentina (28/04 a 05/05)**. Curitiba: OCEPAR, 2002. Relatório técnico.

MONSANTO, 1999. **Chemical reduction benefits of biotechnology crops**. Disponível em: <<http://www.soybean.com/docs/chemredu.doc>> Acesso em: 04 maio 2003.

MONTEIRO, T.; SALVADOR, F. A preservação da identidade (IP) e o traceability são os conceitos, que vão além do segregation e permitem se mantendo a par da origem e da natureza das colheitas. **Agência Estado**, 07 mar. 2003. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2003/mar/07/261.htm#>>. Acesso em: 07 mar. 2003.

OLIVEIRA, J. A. **Entrevista concedida aos autores pelo Diretor da Ecocert Brasil**. 14 out. 2003. 1 Fita K7.

OPLINGER, E. S.; MARTINKA, M. J.; WINTER, S. **Performance of transgenic soybeans**: Northern U.S., 1999. Disponível em: <http://www.biotech-info.net/yield_performance.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2003.

QAIM, M; TRAXLER, G. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level, environmental and welfare effects. In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL. **Ravello, 2002. Anais...** Disponível em: <<http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/abstract/Qaim.htm>> Acesso em: 10 jul. 2003.

RANKIN, M. **Making the Roundup Ready soybean decision**. 1999. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/RRsoybn.htm>> Acesso em: 28 mar. 2003.

SAAK, A. **Identity preservation and false labeling in the food supply chain**. 2002. Disponível em: <<http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/02wp295.pdf>>. Acesso em 28 mar. 2003.

SALOMON, M. Indústria “não entende” MP dos transgênicos. **Folha de São Paulo**, 02 de abril de 2003. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0204200319.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2003.

SCHNEPF, R. D.; DOHLMAN, E.; BOLLING, C. Agriculture in Brazil and Argentina: developments and prospects for major field crops. **ERS agriculture and trade report**, n. WRS013, 2001. Washington. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/wrs013/>> Acesso em: 26 mar. 2003.

TASSISTO, R. Control de malezas en sojas RR. In: JORNADA DE INTERCAMBIO TÉCNICO DE SOJA. AAPRESID. **Anais...** Buenos Aires: Asociación Argentina de Productores em Siembra Directa, 1998. p. 77-78.

TRAVER, H. **Entrevista concedida aos autores pelo Diretor Executivo da Imcopa**. Curitiba, 19 fev. 2003. 1 Fita K7.

Soja transgênica versus soja convencional: uma análise comparativa de custos e benefícios

UNITED STATES. Department of Agriculture - USDA. **Agricultural Chemical Usage** 1998 Vegetable Summary. July 1999. National Agricultural Statistics Services. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/other/pcu-bb/agch0799.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2003.

UNITED STATES. Department of Agriculture - USDA. **Soybean: world supply and distribution**. Disponível em: <<http://www.faz.usda.gov/oilseeds>>. Acesso em: 11 fev. 2003.

VARGAS, M.A.T.; PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. Fixação de nitrogênio atmosférico pela soja em solos de cerrado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, 1982, p.20-23.

WHO. **The WHO Recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification**. WHO Document VB/88.953. Geneva: World Health Organization, 1988.

WILKINSON, J. **Cadeia**: biotecnologia e agronegócios. Campinas: Instituto de Economia, 2002 (Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impacto das zonas de livre comércio). Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/cadeiasprodutivas/doc/51biotecnologiaAgronegociosCompleto.PDF>> Acesso em: 20 fev. 2003.