



RENTABILIDADE E RISCO DA PRODUÇÃO DE MILHO SAFRINHA GENETICAMENTE MODIFICADO E CONVENCIONAL NA REGIÃO DE GUAÍRA/SP

Fernando Bergantini Miguel¹, Maura Seiko Ttsui Esperancini² & Regina Kitagawa Grizotto³

RESUMO: Foi objetivo deste estudo dimensionar o retorno econômico e os riscos financeiros para os adotantes de milho GM em uma das principais regiões produtoras do Estado de São Paulo (Guaíra/SP), a partir da análise de variação das quantidades e preços de inseticida utilizados, ganhos em produtividade e variação das diferenças de preços de sementes de milho GM em relação aos híbridos convencionais, levando-se em consideração a variação dos preços do milho em grão durante o período de estudo. A metodologia utilizada foi a de avaliação dos benefícios líquidos, ou seja, os ganhos econômicos menos os custos da tecnologia transgênica, sob condições de risco. Os benefícios líquidos foram calculados em função de quatro variáveis críticas: 1) produtividade do milho transgênico; 2) custos de controle de lagartas; 3) preço do milho; 4) custo de sementes transgênicas. As funções de distribuição de probabilidade dessas variáveis críticas foram estimadas e incluídas na equação de benefícios líquidos. Utilizando o método de simulação de Monte Carlo, foram estimados os seguintes conjuntos de indicadores: medidas de tendência central, variabilidade dos benefícios líquidos (benefícios totais menos custos totais), análise de sensibilidade dos benefícios líquidos em relação às variáveis críticas e, por fim, mapeamento de risco dos adotantes da tecnologia transgênica. Esses indicadores permitiram desenhar cenários econômicos associados à sua probabilidade de ocorrência. Os resultados obtidos apontaram probabilidade de ganhos positivos de 85% para os agricultores que adotaram o plantio de milho transgênico. A variável de maior impacto na renda dos agricultores foi a redução da perda de produtividade, ou seja, quanto maior produtividade, maior a renda líquida. A média de ganho foi de R\$ 336,67 por hectare com adoção da semente de milho transgênica em comparação à semente de milho convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Milho transgênico, híbrido, retorno econômico, análise de risco

PROFITABILITY AND RISK OF GENETICALLY MODIFIED AND CONVENTIONAL OFF-SEASON MAIZE PRODUCTION IN GUAIRA SP REGION

ABSTRACT: The objective of this study was to dimension the economic risks and returns on adopters of genetically modified (GM) maize in one of the major corn producing regions of São Paulo state. We performed analysis of variation of the quantities and prices of insecticides used, productivity gains, and variation in the price differentials between GM maize and conventional hybrids seeds, according to account to the maize prices oscillation during the period studied. The net benefits methodology was used, in other words, the economic gains minus the costs of GM technology under risk conditions were calculated. The net benefits was calculated as a function of four critical variables: 1) GM maize productivity; 2) costs of pest control; 3) maize price; 4) GM seeds cost. The probability distribution functions of these critical variables were estimated and included in the net benefit equation. Using the Monte Carlo simulation methodology, the following indicator sets were estimated: central tendency measurements, variability in net benefits (total benefits minus total costs), sensitivity analysis of the net benefits in relation to the critical variables, and finally, a map of the risk to GM technology adopters. These indicators allow one to design economic scenarios associated with their probability of occurring. The results showed probability of 85% to positive gains to the farmers who adopted the transgenic maize seed cultivation. The variable with the greatest impact on the farmers' income was the reduction in productivity loss, that means, as higher is the maize productivity, higher will be the net income. The average gain was US\$ 137,41 (R\$ 2.45/US\$) per hectare with the adoption of transgenic maize seed when compared to conventional maize seed.

KEYWORDS: Transgenic corn, hybrid, economic return, risk analysis.

¹ Doutor no Programa de Pós Graduação em Agronomia - Energia na Agricultura, Pesquisador Científico da Apta (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) área Economia agrária. Local de trabalho: Polo regional da Alta Mogiana - Colina SP. E-mail: fbmiguel@apta.sp.gov.br

² FCA/UNESP - Docente do departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia. E-mail: maura@fca.unesp.br

³ Pesquisadora Científico da Apta (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) área Engenharia de Alimentos e Agregação de Valor. Local de trabalho: Polo regional da Alta Mogiana - Colina SP. E-mail: reginagrizotto@apta.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*), cultivado em quase todo o território brasileiro, é um cereal de grande relevância na economia do país. Possui diversas formas de exploração, seja destinado à alimentação de animais monogástricos e ruminantes, seja utilizado em larga escala para transformação em indústrias de alta, média e baixa tecnologia.

A produção mundial de milho na safra 2011/12 foi de 867,5 milhões de toneladas. Os Estados Unidos foram os maiores produtores com 35% deste total, seguidos pela China com quase 22%. O Brasil, com 61 milhões de toneladas, ocupou a terceira posição com 7% da produção mundial. Se for considerada a União Europeia com 7,3%, o Brasil cai para o 4º lugar (AGRIANUAL, 2012).

O advento de inovações biotecnológicas nessa cultura foi capaz de aumentar consideravelmente a produtividade individual dos agricultores e, como consequência, a renda no sistema como um todo (SILVEIRA, 2005).

Dois exemplos relevantes, que transformaram profundamente o panorama agrícola mundial, podem ser citados: os pacotes tecnológicos, que foram disseminados pela denominada Revolução Verde, e, mais recentemente, a introdução de organismos geneticamente modificados (OGM) (JAMES, 2012). A Revolução Verde refere-se à invenção e disseminação de sementes com potencial produtivo maior e práticas agrícolas que permitiram um vasto aumento na produção agrícola em países menos desenvolvidos durante as décadas de 1960 e 1970. É um amplo programa idealizado para aumentar a produção agrícola no mundo por meio do “melhoramento genético” de sementes, uso intensivo de insumos agrícolas, mecanização e redução do custo de manejo.

A biotecnologia ou engenharia genética começou a ser desenvolvida no início da década de 1980. Posteriormente, 10 anos mais tarde, as primeiras culturas geneticamente modificadas (GM) começaram a ser comercializadas. Após esse período, a adoção de cultivos GM cresceu em ritmo acelerado (JAMES, 2012).

Dentre as biotecnologias que se desenvolveram mais rapidamente no Brasil, destacam-se a tecnologia de sementes de milho transgênicas resistentes a insetos (RI) e tolerantes a herbicidas, ou a combinação de ambas.

Uma das razões para esse desenvolvimento são os benefícios econômicos decorrentes da adoção dessa tecnologia, devido à diminuição na utilização de inseticidas, já que é notória a redução de infestações por lepidópteros. Como reflexo da maior resistência da planta ao ataque de insetos, verifica-se a diminuição nos custos de produção e um sensível crescimento da produtividade (SILVEIRA, 2005). É relevante verificar se os benefícios econômicos são maiores que o custo da nova tecnologia, pois o preço das sementes transgênicas

é mais elevado que o das sementes convencionais. Deve-se considerar que o dimensionamento dos benefícios líquidos da adoção de sementes de milho RI dependem de uma série de variáveis e de suas variações ao longo do tempo.

Uma das variáveis críticas que afeta os benefícios econômicos é o uso de inseticidas para controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*, que pode variar conforme o grau de infestação da lavoura. Duarte et al. (2009) apontam que, em níveis baixos de infestação, os produtores preferem perder parcialmente em produtividade a incorrer nos altos custos que a pulverização acarreta durante a condução da cultura.

Dessa forma, os produtores enfrentam uma situação de incerteza, ou seja, não sabem se podem ou não incorrer em gastos com aplicação de inseticidas, dependendo do nível de infestação.

Com o surgimento de sementes de milho RI, outra situação se apresenta para o produtor. Para reduzir os riscos de perda por ataque de lagartas, o agricultor estaria disposto a arcar com o ônus do maior custo da semente transgênica se, como consequência, esse custo fosse menor ou equivalente aos gastos com o controle químico, já que, com a adoção de tal tecnologia, espera-se que a produtividade seja maior.

Além disso, outras variáveis e suas alterações também afetam o dimensionamento dos benefícios líquidos dos produtores de milho transgênico pelo lado das receitas, tais como o aumento da produtividade e os preços do milho no mercado. No primeiro caso, parece haver um consenso sobre o aumento de produtividade com o uso de sementes transgênicas de milho RI. (CARVALHO et al, 2010; JAMES, 2012) Entretanto, os benefícios dependem também dos preços de milho “commodity”, uma vez que não há segregação dos mercados de milho transgênicos e não transgênicos. Ainda assim, essa variável é bastante independente do sistema de produção e/ou da ação direta do produtor. Supõe-se que os resultados obtidos neste trabalho auxiliem os agricultores na tomada de decisão pelo cultivo de semente de milho transgênica ou convencional, tendo por base o retorno econômico e os riscos financeiros na segunda safra (safrinha)

O objetivo deste estudo foi dimensionar os benefícios econômicos da produção de milho GM, em relação ao híbrido convencional, sob a ótica de riscos econômicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse estudo, foram utilizados dados relativos aos anos de 2009 a 2012, no município de Guaira, região norte do estado de São Paulo, pertencente ao Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) da região de Barretos, SP. O município foi escolhido por ser o maior produtor de milho safrinha deste EDR. Possui, aproximadamente, 314 produtores

de milho safrinha, distribuídos em 14.230 hectares (SÃO PAULO, 2008).

Para caracterização do sistema de plantio de milho safrinha na região de Guaíra foram coletadas informações no sindicato rural e na CATI do município estudado. Foi delimitada a amostragem dos dois tipos de situação mais comuns de plantio de milho segunda safra (safrinha), em plantio direto em sequeiro, ou seja, os agricultores que utilizam semente convencional ou transgênica. Em média, os agricultores utilizaram para adubação química em torno de 170 kg/ha da fórmula NPK 4-20-20, com base nos resultados das análises químicas dos solos. No sistema plantio direto, as plantas daninhas foram controladas com o uso de herbicidas pós-emergentes, com destaque para o Atrazine, sendo que as doses utilizadas variaram em função da espécie a ser eliminada e da época de aplicação do produto.

Para o controle das pragas, lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e cigarrinha (*Dalbulus maidis*), no plantio de sementes de milho convencional, os agricultores utilizaram em média duas pulverizações com inseticidas; na primeira associando-se os princípios ativos Metomil (0,5 L/ha) e Cypermethrin (0,1 L/ha) e na segunda, Spinosad (0,07 mg/ha) e Novaluron (0,3 L/ha), nas dosagens recomendadas. Para o controle da cigarrinha no plantio de sementes transgênicas foi realizada apenas uma pulverização com inseticida Cypermethrin na dosagem recomendada.

A colheita ocorreu aproximadamente 120 dias após a semeadura, ou seja, nos meses de junho e julho, de acordo com a época de semeadura feita normalmente, na segunda quinzena de fevereiro. Essa operação foi realizada por empresas terceirizadas com remuneração fixa de seis sacos de 60 kg/ha, independentemente da produtividade da lavoura.

Com base nas indicações de técnicos da CATI e do Sindicato Rural de Guaíra-SP, foram selecionados 60 produtores de milho safrinha, do total de 314 agricultores, que utilizavam sementes de milho GM e/ou híbridos convencionais e representassem a cadeia produtiva da região. Os principais critérios para seleção dos produtores foram a disponibilidade e controle das informações, tendo em vista que poucos agricultores registram os dados com confiabilidade. Através de entrevistas individuais, foi aplicado o questionário fechado (Anexo 1) para cada um deles. O tamanho médio das culturas de milho safrinha dos 60 produtores foi de 109 ha, dos quais 30% variou de 30 ha a 60 ha, 35% entre 61 ha a 100 ha e 35% acima de 105 ha até 400 ha. Os produtores com maior grau de tecnificação foram aqueles com maiores áreas de cultivo de milho, de 200 ha a 400 ha.

A partir dessas informações, foi elaborado um modelo de rentabilidade para o produtor, identificando as variáveis críticas envolvidas no processo e seus impactos sobre essa rentabilidade nos dois tipos de

sementes utilizadas. A seguir, são descritos os modelos de retorno econômico para cada uma delas.

2.1 Análise do retorno econômico

Para determinar o retorno econômico dos produtores, foi necessário o levantamento do custo operacional efetivo (COE), que constitui o somatório dos custos com a utilização de mão de obra, máquinas, equipamentos, insumos, colheita e transporte (MATSUNAGA et al., 1976).

Posteriormente, calculou-se o indicador para análise de rentabilidade, através da diferença entre a receita bruta e o COE por hectare, medindo a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agrícola.

2.1.1 Modelo analítico

O modelo analítico para cálculo dos benefícios da adoção da tecnologia GM para milho foi dado por:

$$B_{GM} = [(\Delta Q_i \times P_i) + (\Delta Y \times P_m)]$$

Em que:

B_{GM} = benefícios da adoção da tecnologia GM (R\$/ha);
 ΔQ_i = diferença de quantidade de inseticida utilizada em relação à tecnologia convencional (L/ha);

P_i = preços do inseticida (R\$/L);

ΔY = diferença de produtividade em relação à tecnologia convencional (kg/ha);

P_m = preços do milho grão para mercado (R\$/kg).

Esta expressão pode mostrar os benefícios da adoção da tecnologia GM, ou seja, a economia de custos com inseticidas e o incremento de renda dado pela produtividade e pelos preços de mercado nas últimas quatro safras.

Da mesma forma, pode-se admitir que há uma formulação para estimar os custos da tecnologia GM:

$$C_{GM} = (\Delta P_s \times Q_s)$$

Em que:

C_{GM} = custos da tecnologia GM (R\$/ha);

ΔP_s = diferença do preço da semente GM em relação à semente convencional (R\$/sc);

Q_s = quantidade de semente utilizada (sc/ha);

Os ganhos ou benefícios líquidos da adoção da tecnologia GM foram dados pela diferença entre benefícios e custos da tecnologia, conforme se segue:

$$BL = B_{GM} - C_{GM}$$

ou

$$BL = [(\Delta Q_i \times P_i) + (\Delta Y \times P_m)] - [(\Delta P_s \times Q_s)]$$

Em que:

BL = benefícios líquidos na adoção de semente GM (R\$/ha);

ΔQ_i = diferença de quantidade de inseticida utilizada em relação à tecnologia convencional (L/ha);

P_i = preços do inseticida (R\$/L);

ΔY = diferença de produtividade em relação à tecnologia convencional (kg/ha);

P_m = preços do milho grão para mercado (R\$/kg);
 ΔP_s = diferença do preço da semente GM em relação à semente convencional (R\$/sc);
 Q_s = quantidade de semente utilizada na tecnologia GM (sc/ha);

Este modelo foi adaptado para inserção de risco, em que as variáveis de risco são expressas na forma de distribuição de probabilidade de valores, em vez de se estabelecer um valor determinístico.

As variáveis críticas, adotadas neste trabalho, foram: diferença de quantidade de inseticida, diferenças de produtividade, preços do milho e diferença de preço da semente entre o GM e o convencional. Dessa forma, os benefícios líquidos obtidos sob condições de risco foram dados por:

$$f(BL) = [(f(\Delta Q_i) \times f(P_i)) + (f(\Delta Y) \times f(P_m))] - [(f(\Delta P_s) \times (Q_s))]$$

Em que:

$f(BL)$ = função de distribuição de probabilidade de benefícios líquidos da adoção da tecnologia GM (R\$/ha) para a amostra de produtores;

$f(\Delta Q_i)$ = função de distribuição de probabilidade da diferença de quantidade de inseticida utilizada em relação à tecnologia convencional (L/ha), para a amostra de produtores;

$f(P_i)$ = função de distribuição de probabilidade de preços do inseticida (R\$/L), com base em fonte de dados secundários;

$f(\Delta Y)$ = função de distribuição de probabilidade da diferença de produtividade em relação à tecnologia convencional (kg/ha), para a amostra de produtores;

$f(P_m)$ = função de distribuição de probabilidade de preços do milho (R\$/kg) com base em fonte de dados secundários;

$f(\Delta P_s)$ = função de distribuição de probabilidade da diferença de preço de semente GM em relação à semente convencional (R\$/kg), para a amostra de produtores;

Q_s = quantidade de semente utilizada na tecnologia GM (kg/ha);

Para a obtenção dos resultados, foi utilizado o método de Monte Carlo, que apresenta uma série de vantagens, como redução de tempo, diminuição de custos e possibilidade de repetição, sob diferentes condições de produção, se adequadamente modeladas (CRUZ, 1986). Ao contrário da análise determinística, que utiliza valores únicos para a obtenção de um indicador do sistema, geralmente, a média das variáveis críticas, a técnica de simulação de Monte Carlo permite incorporar as possibilidades de alteração das variáveis, segundo as probabilidades de sua ocorrência.

As etapas realizadas nesse método foram: 1) seleção e identificação da distribuição de probabilidades das variáveis em estudo; 2) seleção aleatória de um valor de cada variável em estudo, associada à probabilidade de sua ocorrência; 3) determinação do valor do indicador de desempenho do sistema utilizando o valor da variável associada à probabilidade de ocorrência; 4) repetição das

etapas 2 e 3 até que a distribuição de probabilidade do indicador de rentabilidade satisfaça as exigências dos tomadores de decisão (AVEN et al., 2004).

Para a etapa 1, conforme discutido anteriormente, as variáveis de risco consideradas no modelo, objeto de simulação, foram:

a) economia de custos referente à redução de aplicações de inseticidas para o controle da lagarta do cartucho (ΔQ_i), quando se passou a adotar a semente transgênica. Nessa variável, foram avaliadas as funções de distribuição de diferenças na quantidade e preço dos inseticidas. A função de distribuição de diferenças de quantidade de inseticidas utilizados foram estimadas com base nas informações fornecidas pela amostra de produtores. Os preços dos agrotóxicos foram coletados junto a fontes secundárias (revendas de insumos).

b) aumento de renda bruta, dada pela redução de perdas em termos de produtividade (ΔY) ao se adotar a semente transgênica, e os preços de mercado do milho. A função de distribuição de diferenças de produtividade foi estimada com base nos dados fornecidos pela amostra de produtores entrevistados. A função de distribuição dos preços foi estimada com base nos dados de fonte secundária (Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo), caso não se identificassem diferenças de preços entre os produtos transgênicos e não transgênicos.

c) diferença de preços pagos pela semente de milho GM (ΔP_s) em relação ao híbrido convencional. Uma das limitações desse método foi a especificação da distribuição de probabilidades que representam as variáveis de risco quando existe escassez de dados, como é o caso do preço de sementes GM de milho, pois sua introdução é recente no Brasil, datando de 2008. Nesse caso, segue-se a recomendação de Horton (2005) citado por Esperancini et al. (2013), de pré-especificar uma função de distribuição com poucos parâmetros, como a função triangular ou uniforme.

d) preço do milho saca 60 kg no mercado (P_m).

e) outros custos inerentes à adoção de semente transgênica (OC).

Uma vez identificadas as variáveis de simulação e as respectivas funções de distribuição de probabilidade, as etapas 2 a 4 foram feitas por meio de software de análise de risco (@risk 5.5).

A partir da formulação do modelo e da aplicação da técnica de Monte Carlo, os seguintes resultados foram derivados: medidas estatísticas de tendência central e de variabilidade dos ganhos dos adotantes da tecnologia de milho GM, bem como análise de sensibilidade que relaciona, dentre as variáveis identificadas como de risco, aquelas que têm maior influência na variância dos benefícios líquidos dos adotantes da tecnologia GM.

Foram estimadas, ainda, a correlação (positiva ou negativa) entre o indicador de ganhos líquidos e as

principais variáveis que influenciam no risco de adoção da tecnologia.

Outros resultados referem-se aos percentis de risco, ou seja, mostram a probabilidade de obtenção de níveis de diferentes ganhos líquidos na renda líquida inferiores àquela correspondente a dez níveis de probabilidade. Esse resultado deriva do critério da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida e permite a escolha da alternativa com base em determinada possibilidade de garantir renda líquida, em dado nível de aceitação do risco por parte do tomador de decisão (AMBROSI, 2001).

Os resultados obtidos permitem avaliar os riscos de se atingirem determinados níveis de benefícios líquidos com a adoção da tecnologia GM. Estabelecendo-se um nível de significância (α), que pode ser traduzido pelo nível de risco aceito pelo produtor, estabelece-se que:

$$\Pr(B_{GM} \geq C_{GM}) = \alpha\%$$

Os resultados obtidos a partir desta formulação permitem estabelecer a probabilidade de obtenção de ganhos líquidos positivos para um dado nível ($100-\alpha$). Por exemplo, tomando-se como base o nível de confiança de 90% de acordo com AVEN et al., (2004), os resultados indicam que há 10% de chance de os benefícios líquidos serem maiores que os custos associados à adoção da tecnologia GM. Alternativamente, pode-se afirmar, com 90% de segurança, que o produtor deve obter ganhos líquidos na adoção da tecnologia GM.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na região de Guaira/SP, a produção de milho transgênico predomina durante o período de inverno, no chamado milho de segunda safra ou safrinha. Na safra de 2012, aproximadamente 95% dos produtores adotaram a semente transgênica, segundo informações obtidas das revendas de insumos. A utilização dessa tecnologia no município iniciou-se a partir do ano de 2009.

Na Tabela 2 encontram-se as informações agregadas sobre o custo de produção do milho safrinha, utilizando-se semente convencional e transgênica, tendo por base os preços dos insumos de janeiro de 2013.

Tabela 1 - Custo de produção de milho safrinha semente convencional e GM na região de Guaira/SP: 2009 a 2012.

OPERAÇÕES	Milho	%	Milho	%
	conv.		GM	
	R\$/ha		R\$/ha	
Pré-semeadura	57,28	4,57	57,28	4,63
Semeadura	558,88	44,58	665,03	53,73
Tratos culturais	256,05	20,42	138,00	11,15
Colheita	179,52	14,32	179,52	14,50
Mão de obra	12,09	0,96	8,06	0,65
Administração	51,86	4,14	51,86	4,19
Pós-colheita	138,09	11,01	138,09	11,15
TOTAL	1.253,77	100,00	1.237,83	100,00

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

Pode-se observar na Tabela 1 que, de todas as operações que envolvem os dois sistemas de plantio, a semeadura e os tratos culturais foram as que apresentam os maiores valores percentuais, de participação no custo operacional, mesmo verificando que os dois tipos de sementes apresentam custos de produção semelhantes, em torno de R\$ 1.200,00. No custo de produção da semente GM, o item semeadura foi responsável por quase 54% do total contra 45% do plantio de sementes convencionais.

No plantio convencional, os tratos culturais perfizeram 20,42% do custo de produção operacional total, enquanto que, para a semente transgênica esse custo foi de 11,15%.

A elevada participação percentual do insumo da semente GM está ligada ao custo maior de aquisição dessa tecnologia, representada pelo maior preço das sementes. Em contrapartida, o elevado custo dos tratos culturais no plantio da semente convencional está relacionado basicamente aos gastos com pelo menos duas pulverizações, para combate da lagarta do cartucho, necessárias nesse sistema de plantio. Além disso, verificou-se um maior percentual de mão de obra no plantio convencional (1% contra 0,7%) devido a esse fato. Quando se leva em consideração o somatório das duas operações, semeadura e tratos culturais, encontraram-se valores praticamente idênticos para plantio convencional (65%) e transgênicos (64,8%).

Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Pavão e Ferreira Filho (2011), ao afirmarem que os dois tipos de sementes, convencional e GM, proporcionam custos de produção semelhantes e, ainda, uma redução nos custos com tratos culturais. Entretanto, os autores consideram que o aumento dos custos pode variar por região, uma vez que está relacionado à incidência de pragas.

Comparando as etapas do processo produtivo do milho safrinha GM, ou seja, semente de milho transgênico resistente a inseto e tolerante a herbicida (*Bt* + *rr*) em cultivo solteiro do estudo de Richetti (2012) com o

presente estudo, a semeadura e a colheita corresponderam a 71,3% e 19,2%, do custo de produção contra 53,7% e 14,5%, respectivamente. As diferenças dos custos da semeadura e da colheita, menores no presente trabalho, se explicam por terem sido realizados em regiões distintas, com diferentes climas, tipo de solo, ciclo de chuvas, entre outros como por exemplo, preço de insumos, valor de seguro de máquinas e preço de combustível.

Richetti (2012) ao analisar os custos de produção do milho safrinha convencional em cultivo solteiro com o milho safrinha Bt + rr, observou que o fertilizante usado no milho convencional apresentou o maior impacto, correspondendo a 19,6% do custo total, contra 17,6% do milho GM; a semente do milho convencional correspondeu a 18,7% do custo total, contra 28,6% do milho GM; os inseticidas do milho convencional corresponderam a 4,5%, contra 1,3% do milho GM.

Observa-se que, apesar do custo maior da semente, o uso do milho GM reduz o custo com fertilizantes e inseticidas, permitindo afirmar que os lucros propiciados pelo plantio de milho GM superam os do milho convencional, devido ao menor custo nos tratamentos culturais e à menor perda na lavoura causada por ataque de pragas (RICHETTI, 2012).

Para Gruère et al. (2007), a cultura de milho transgênico utiliza 31,4% menos agrotóxicos agrícolas, contra os 53,7% do presente trabalho.

Pavão e Ferreira Filho (2011) desenvolveram um trabalho que analisou os impactos econômicos da adoção do milho Bt11 no Brasil. Afirmaram que, ao introduzir o milho Bt11 (semente resistente a inseto e tolerante a herbicida), ocorreu uma redução nos custos com tratamentos culturais, dos quais 80% correspondem a combustível e 20% referem-se a lubrificantes e afins. Dessa forma, se em determinada região ocorrer 50% de redução nos custos com tratamentos culturais, haverá uma redução de 40% nos custos com combustível e 10% com lubrificantes e afins.

Conforme Alves (2009) se houver um ganho em produtividade de 5% com a introdução da tecnologia transgênica, aliado à diminuição do número de aplicações de inseticidas, a redução no custo de produção se torna mais expressiva, quando comparado aos híbridos convencionais.

O investimento em milho transgênico, apesar do maior custo das sementes, proporciona maior economia com a diminuição da aplicação dos agrotóxicos e, conseqüentemente, maior rentabilidade da produção (ALVES, 2009).

A produção média no período de 2009 a 2012 foi de 90 sacas por hectare para a semente transgênica, contra 75,8 sacas da semente convencional, representando um incremento de 15,8% na produtividade da semente GM (Tabela 2). Considerando o preço médio de R\$ 29,92 por

saca em 2012 dados Agriannual (2012), essa diferença de produtividade confere um lucro de R\$ 1.454,97/ha para a semente GM contra R\$ 1.017,16/ha para a convencional, ou seja, uma diferença de 43%, o que pode justificar a adoção de tal tecnologia.

Tabela 2 - Médias de produtividade de milho safrinha GM e convencional na região de Guaira/SP: 2009 a 2012.

Ano	Semente	Semente	Incremento %
	GM sc/ha	conv. sc/ha	
2009	90,7	73,9	18,5
2010	80,1	71,1	11,2
2011	76,0	66,1	13,1
2012	113,2	92,4	18,4
Média	90,0	75,8	15,8

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

No período estudado, a semente GM produziu 15,8% a mais em comparação à convencional, com incremento de 11,2% a 18,5% (Tabela 2).

De acordo com Carvalho et al. (2010), a produtividade do milho transgênico é 20 vezes superior à do milho convencional. A redução dos custos e a diminuição das perdas causadas por fatores bióticos que atuam no meio ambiente onde estas culturas são cultivadas influenciam nesse resultado. Os ganhos dos cultivos GM são derivados da redução do custo com uso de agrotóxicos e do aumento da produtividade causada pelo controle da infestação de pragas (CARVALHO et al., 2010).

Para Pavão e Ferreira Filho (2011), o aumento de produtividade do milho GM consegue reduzir o custo total em 7,13%. Isso porque os custos com o uso de inseticidas e herbicidas é menor na lavoura de milho GM, além de haver menos perdas causadas por infestação de insetos. Assim, se o clima e as demais condições estiverem de acordo com o esperado, a rentabilidade da produção supera facilmente a do milho convencional, não só em termos de custos, mas especialmente na quantidade de sacas colhidas por hectare. Esperancini et al. (2013) relatam redução de perdas variando de zero a 16 sacas por hectare, considerando as variações a que estão sujeitas as regiões estudadas pelos autores.

Em termos de sistema de produção, a principal diferença verificada entre o cultivo de sementes transgênica e convencional é o número de aplicações de inseticidas para o controle de lepidópteros. No cultivo de híbridos convencionais são utilizados, através de pulverização, dez tipos de inseticida, sendo um para tratamento de sementes (Thiomethoxan e os demais para o controle de lepidópteros, conforme constatado nas respostas dos agricultores entrevistados nesta pesquisa).

Carvalho et al. (2010) consideram que uma maior aplicação de inseticidas e herbicidas no milho convencional onera os custos de produção e que o milho GM seria mais rentável devido à redução da aplicação de

agrotóxicos utilizados nesse tipo de lavoura. Pode-se ainda considerar que a redução dos custos com o cultivo do transgênico afeta toda a cadeia produtiva, visto que, conforme Pavão e Ferreira Filho (2011) diminui o preço do milho e dos produtos que utilizam o grão ao longo do processo produtivo. Os autores consideram que a adoção do milho GM acarreta uma redução de 9,37% nos custos totais do setor milho, já considerando o preço da semente GM maior que o da semente convencional.

Na Tabela 3 são apresentados os inseticidas mais comumente utilizados pelos produtores de milho para o controle de lagarta, suas doses e respectivos preços. É importante observar que, nas pulverizações, foi utilizada sempre uma associação de dois inseticidas, ou seja, dois princípios ativos diferentes, prevendo-se maior eficiência do produto.

Tabela 3 - Inseticidas utilizados para o controle de lepidópteros no cultivo de milho convencional na região de Guaíra/SP: 2009 a 2012.

Inseticida (princípio ativo.)	Dose (L/ha)	Preço/L (R\$)
Thiomethoxan – TS	0,120	50,00
Spinosad – CL	0,070	550,00
Chlorantraniliprole – CL	0,113	450,00
Indoxacarb – CL	0,325	93,00
Fenprothrin – CL	0,850	74,00
Metomil – CL	0,500	12,70
Flubendiamid – CL	0,125	448,00
Chlorpyrifos – CL	0,500	15,00
Beta-cyfluthrin – CL	0,100	56,00
Novaluron – CL	0,300	71,25

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

* CL = controle de lagartas;

* TS = tratamento de sementes

O número de pulverizações sofre variações, pois depende de fatores como temperatura, condições hídricas e grau de infestação. Produtores informaram na pesquisa que, historicamente, no cultivo do milho convencional eram realizadas de duas a quatro pulverizações com inseticidas. Nas safras pesquisadas (2009 a 2012) foram feitas, em média, duas aplicações para o controle de lagartas, nas áreas de cultivo com híbridos convencionais. Esse número de aplicações foi utilizado como base para dimensionar os benefícios líquidos da semente transgênica.

Walquil (2011) afirma que a adoção da tecnologia *Bt* tem promovido redução de perdas da produtividade da ordem de 20% pelo melhor controle das lagartas que atacam o milho. Além da redução das perdas diretas causadas pelos danos das lagartas na espiga, que podem atingir até 30%, está comprovada a redução dos danos indiretos (abertura da espiga para entrada de microrganismos), com menor incidência de micotoxinas nos grãos.

Na Tabela 4 é apresentado o ajustamento das funções de distribuição de probabilidade das variáveis críticas, para os produtores que optarem pelo plantio da semente transgênica.

Tabela 4: Funções de distribuição de probabilidade das variáveis críticas e os parâmetros das funções estimadas.

Variável crítica	Função de distribuição	Parâmetros
Diferença na redução de inseticidas em relação ao convencional (R\$/ha)	Beta	Min: 83,79; Moda: 122,09; Max: 258,16; Média: 130,32
Produtividade GM em relação ao convencional (sc/ha)	Gamma	Min: -113,05; Moda: 12,78; Max: ∞; Média: 13,67
Preço do milho saca 60 kg (R\$/sc)	Uniform	Min: 14,45; Moda: N/A; Max: 30,08; Média: 22,27
Preço da semente GM em relação à convencional (R\$/sc)	Max Extreme	Min: -∞; Moda: 80,62; Max: +∞; Média: 106,82

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

A outra parcela dos benefícios totais foi avaliada pelo rendimento adicional, resultante da redução das perdas informadas pela amostra de produtores e dos preços do milho. Os produtores relataram reduções de zero a 14 sacas, o que representa um acréscimo médio de 15,8% por hectare (Tabela 2), mas os resultados variaram bastante entre os entrevistados.

Com base nas informações dos produtores consultados nesta pesquisa, constatou-se que os preços das sacas de milho convencional e transgênico pagos aos agricultores não apresentaram diferenças, variando em torno de R\$ 29,92 por saca, valor obtido em 28 de junho de 2011 (AGRIANUAL, 2012).

Em relação ao custo das sementes, verificou-se que não houve diferenças na quantidade de sementes utilizadas no plantio, mas, sim, no preço da saca de sementes. A saca de semente transgênica apresentou preço superior, em média de R\$ 328,58, enquanto o valor médio da saca de semente convencional foi de R\$ 227,74, totalizando uma diferença de R\$ 100,84 por saca ou 44,5% para a semente GM. Essa diferença varia de acordo com o tipo de semente transgênica adotada, podendo chegar a até R\$ 230,47 por saca, como no caso da semente DKB 390 PRÓ, em relação à média de preços das sementes convencionais. Essas diferenças de preços também foram ajustadas a uma função de distribuição de probabilidade.

Em estudo realizado em 2005, Duarte e colaboradores encontraram resultados evidenciadores de que a participação nos custos dos inseticidas no milho convencional é cerca de um terço maior que no milho GM. O uso da tecnologia GM permite maior controle da lagarta do cartucho, havendo uma redução de custos.

O resultado encontrado pelos autores supracitados foi que as receitas líquidas por saca produzida tiveram aumento de 5% a 13%. Quando não há redução de perdas, a redução dos custos por saca produzida varia de 2% a 3%, o aumento da renda líquida varia de 1% a 6% e o retorno por reais gastos na produção varia de 2% a 10%. Por outro lado, havendo redução nas perdas na ordem relatada acima, as variações são maiores, sendo que a redução dos custos por saca produzida é de 8% a 18%, o aumento da receita líquida por saca é de 5% a

12% e o aumento do retorno por reais gastos na produção, de 8% a 12%.

As funções de distribuição das variáveis críticas foram inseridas no modelo de benefícios líquidos, lucro ou receita líquida total e os resultados estatísticos relativos à análise descritiva são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados estatísticos da receita líquida total (RLT) para produtor de milho GM produzido na safrinha na região de Guaíra/SP, base de preços janeiro de 2013.

Indicadores estatísticos	Receita líquida total, em R\$/ha
Mínima (R\$/ha)	-753,28
Máxima (R\$/ha)	2.151,54
Média (R\$/ha)	336,67
Desvio padrão (R\$/ha)	307,98
Variância (R\$/ha)	94.854,40
Assimetria	0,41
Curtose	3,58
Mediana (R\$/ha)	319,23
Moda (R\$/ha)	284,60
Coefficiente de variabilidade - (%)	0,915

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

Estes resultados indicam que a renda líquida máxima que o produtor pode obter em relação a semente de milho convencional é de R\$ 2.151,54/ha e a receita líquida mínima implica em um valor negativo, em uma perda de R\$ 753,28/ha. Em média, os ganhos podem ser de R\$ 336,67/ha, com um desvio padrão de R\$ 307,98/ha. O valor da assimetria maior que zero mostra que a distribuição apresenta assimetria positiva, ou seja, é mais comum observar valores menores que a média. A distribuição tende a ser leptocúrtica, o que indica um menor grau de dispersão dos dados em relação à distribuição normal. O valor da curtose indica um grau da curva alongado (leptocúrtica), o que quer dizer que a variação em torno da média é muito pequena, ou seja, existe uma precisão nas medidas. O valor da moda indica o valor da receita líquida ou benefício líquido mais frequente, de R\$ 284,60/ha.

A Figura 1 mostra a distribuição de probabilidades das receitas líquidas, indicando que existem 90% de chance de que esteja entre -R\$ 131,08/ha e R\$ 876,11/ha. Desse modo, no cenário mais otimista, porém de baixa probabilidade de ocorrência (5%), os benefícios líquidos estarão acima de R\$ 876,11/ha e, no cenário mais pessimista, existem 5% de chance de que ocorra um prejuízo maior que R\$ 131,08/ha.

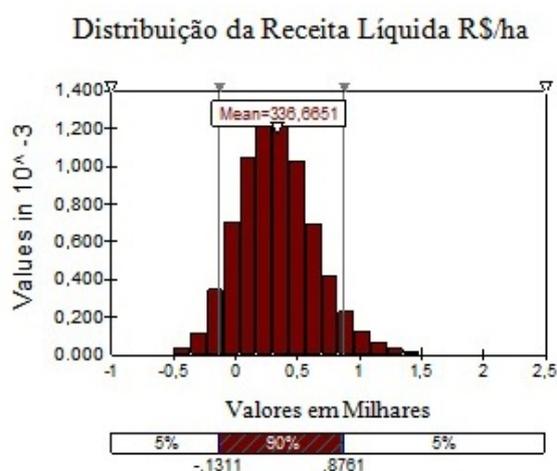


Figura 1 - Distribuição de probabilidades de receita líquida na adoção de milho transgênico.

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

A Tabela 6 mostra os níveis máximos de receita líquida total que podem ser obtidos nos diversos níveis de risco. Este resultado deriva do critério da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida e permite a escolha da alternativa com base em determinada possibilidade de garantir receita líquida, em dado nível de aceitação do risco por parte do tomador de decisão (AMBROSI, 2001).

Para um produtor com baixo nível de aceitação de risco, em torno de 10%, o benefício líquido máximo é de -R\$ 37,68, ou seja, próximo de zero, o que indica que, para um produtor com um perfil de baixíssima aceitação de risco, seria indiferente o cultivo de milho convencional ou transgênico. Entretanto, os produtores agrícolas

tendem a aceitar maiores níveis de risco, em função das próprias características da produção agrícola. Nesse caso a adoção do milho transgênico seria recomendável, pois a partir de 15% de risco os benefícios líquidos já se tornam positivos (Tabela 6). Em outras palavras, há 85%

de chance de os agricultores obterem lucro com o uso de sementes transgênicas. Resultado semelhante (83%) foi observado por Esperancini et al. (2013), em estudo com milho RI (resistente a inseto), na região do Médio Paranapanema, no Estado de São Paulo.

Tabela 6 - Percentil de risco da receita líquida total (RLT) para produtor de milho GM produzido na safrinha na região de Guaira/SP, base de preços janeiro de 2013.

Risco (%)	Valor da RLT, em R\$/ha
5	-131,08
10	-37,68
15	26,29
20	81,69
25	129,33
30	171,44
35	210,08
40	245,03
45	283,69
50	319,23
55	353,40
60	392,88
65	430,44
70	474,18
75	521,52
80	579,40
85	641,86
90	732,81
95	876,11

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

Cada percentil indica a probabilidade de obtenção de níveis de receita líquida inferiores ao correspondente a cada um dos 19 níveis de probabilidade, de 5 a 95%, divididos em classes de 5%. Estabelecido um determinado nível de risco, o produtor decide se o benefício líquido máximo que pode ser obtido é aceitável. Conforme a Tabela 6, um produtor

medianamente tolerante ao risco, em torno de 50%, pode decidir se o ganho máximo de R\$ 319,23/ha é aceitável.

As variáveis críticas que mais afetaram a variabilidade da receita líquida total estão na Tabela 7.

Tabela 7: Análise de sensibilidade da receita líquida total, para produtor de milho GM produzido na safrinha na região de Guaira/SP, base de preços janeiro de 2013.

Variável crítica	Regressão	Correlação
Diferença da produtividade em relação à convencional (R\$/ha)	0,937	0,943
Preço do milho saca 60 kg (R\$/sc)	0,206	0,189
Preço da semente em relação à convencional (R\$/ha)	-0,195	-0,192
Diferença de quantidade de inseticida em relação à convencional (R\$/ha)	0,087	0,084

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

Na análise de sensibilidade da receita líquida total, o indicador positivo demonstra que um aumento no diferencial de produtividade leva ao acréscimo da receita líquida. O valor de 0,937 indica que um aumento de 10%

em produtividade implica em acréscimo ou ganho de 9,37% na receita líquida total. Por essa lógica, o preço do milho (saca 60 kg), sofrendo uma alta de 10%, indica um aumento de 2,06% nos mesmos benefícios econômicos líquidos. O aumento de preço da semente

transgênica na ordem de 10% se traduz em redução dos benefícios líquidos em 1,95%. Por sua vez, se a diferença da quantidade de inseticida utilizada em relação ao convencional for de 10%, resulta no aumento de 0,87% nos benefícios líquidos (Tabela 8).

Desse modo, pode-se concluir que o diferencial de produtividade é a variável crítica que mais afeta a variação dos benefícios líquidos, pois apresenta o maior coeficiente de regressão. As variáveis de preço da saca de milho e diferença da quantidade de inseticida utilizada em relação ao convencional apresentam menor efeito sobre os benefícios líquidos, em relação à variável anterior. Por sua vez, um aumento dos preços das sementes transgênicas tende a reduzir a receita líquida.

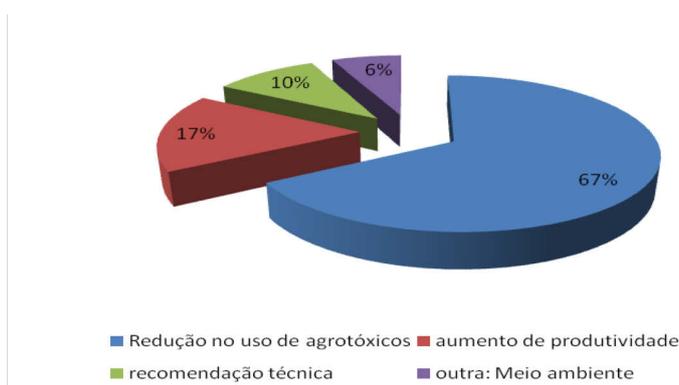


Figura 2 : Análise de sensibilidade da receita líquida total, para produtor de milho GM produzido na safrinha na região de Guaíra/SP, base de preços janeiro de 2013.

Fonte: dados da pesquisa 2009 a 2012.

A maioria dos produtores (67%) acredita que a maior vantagem da adoção de milho transgênico deve-se à redução na aplicação de inseticidas. Outros 17% atribuem ao aumento de produtividade. Outro aspecto importante entre os produtores foi que 6% utilizariam o milho transgênico como vantagem de proteção ao meio ambiente. Dos produtores entrevistados, 10% alegaram que a recomendação técnica de pessoal especializado da CATI, sindicato rural, revendas e outros os

influenciaram no momento da escolha pela semente transgênica, ressaltando a importância da atuação dos órgãos públicos e privados.

5 CONCLUSÃO

Foi constatado que a tecnologia transgênica, em geral, promove ganhos econômicos. As probabilidades de que esses ganhos sejam positivos com a adoção de milho transgênico são elevadas e variam entre 85% e 90%.

Na Safra 2012 o uso da semente de milho transgênica proporcionou lucro real de R\$ 1.452,97 por hectare, 43% maior que o obtido com semente convencional, o que pode justificar a adoção de tal tecnologia.

Na Figura 2 são apresentados os resultados com a opinião dos produtores entrevistados, em que 100% deles acreditam que o milho transgênico é sempre mais vantajoso que o milho convencional.

Embora o milho transgênico apresente elevadas possibilidades de ganhos econômicos, os produtores tendem a valorizar os ganhos não monetários, como redução no uso de inseticidas, com a dispensa de manipulação de produtos químicos e a comodidade de não realizar as pulverizações, necessárias para incrementar a eficiência de controle dos agrotóxicos.

5 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2012: Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 363-390, 2012.

ALVES, L. R. A. et al. Avaliação econômica de milho geneticamente modificado resistente a insetos – mon89034 e mon810. In: CONGRESSO DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009. p. 1-21.

AMBROSI, I. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.

AVEN, T.; NILSEN, E. F.; NILSEN, T. Expressing economic risk: review and presentation of a unifying approach. *Risk Analysis*, Stavanger, v. 24, n. 4, p. 989-1005, 2004.

CARVALHO, R. O. de; CRISÓSTOMO, R. de P.; NORONHA, C. M. S. Análise de custo e produtividade: milho transgênico x milho convencional. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <http://www.abms.org.br/cn_milho/trabalhos/0032.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2013.

CRUZ, E. R. Aspectos teóricos sobre a incorporação de riscos em modelos de decisão. In: CONTINI, E. et al. **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão 2.** ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 1986. p. 237-260.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. Aspectos econômicos da produção de milho transgênico. **Circular Técnica Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas**, n. 127, p. 1-15, 2009.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Análise de custos de produção de milho transgênico x não transgênico.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 22 p.

ESPERANCINI, M. S. T. et al. Retornos econômicos e de riscos na adoção de milho resistente a insetos no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 51., 2013, Belém. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2013. p. 1-13. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=ser.3>>. Acesso em: dia mês (abreviado) ano.

GRUÈRE, G.; BOUET, A.; MEVEL, S. Genetically modified food and international trade. **International Food Policy Research Institute Discussion Paper**, Washington, n. 00740, p. 60, dez. 2007.

JAMES, C. **Global status of commercialized biotech/GM crops:** 2012. Metro Manila: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2012. p. 1-18.

MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

PAVÃO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 1, 2011. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&

pid=S0103-20032011000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 27 jul. 2013.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha, 2013, em Mato Grosso do Sul. **Comunicado Técnico Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados**, n. 182, p. 1-11, 2012.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo LUPA 2007/2008.** São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 09 out. 2013.

SILVEIRA, J. M. F. J. et al. Biotecnologia e agricultura da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-114, abr/jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n2/v19n2a09.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2013.

WALQUIL, J. M. **Introdução dos híbridos Bt, revolução no MIP do milho.** 2009. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/artigo/1888/introducao-dos-hibridos-bt>>. Acesso em: 27 jul. 2013