



## SUMÁRIO EXECUTIVO

### ***Benefícios Ambientais da Biotecnologia no Brasil "O caso da soja RR"***

A agricultura representa a atividade econômica mais antiga e importante do planeta, ocupando, atualmente, cerca de 40% da área global (COAG, 2007), gerando 1,3 bilhões de empregos e produzindo, anualmente cerca de US\$ 1,3 trilhão em matérias-primas e mercadorias (EL FEKY, 2000).

Segundo o Fundo de População das Nações Unidas - UNFPA, o aumento da população e, conseqüentemente, do consumo, estão agravando o estresse sobre o meio ambiente mundial, provocando o aumento do aquecimento global e do desmatamento, tornando crescente a escassez de água e diminuindo as terras de cultivo.

Mesmo diante de acirradas controvérsias, os cultivos transgênicos expandiram-se por todo o mundo, tornando-se a tecnologia mais rapidamente adotada que se conhece na história da agricultura, sendo apontada como crucial para romper a barreira da produtividade (MANN, 1999) e oferecer solução para as limitações impostas por estresses bióticos e abióticos, especialmente em áreas onde baixa produtividade, má nutrição e fome são ameaças constantes (HERRERA-ESTRELLA, 2000).

A gestão responsável da biotecnologia permitiu que os primeiros doze anos de culturas geneticamente modificadas fossem conduzidos sem nenhum dos terríveis resultados previstos pelos oponentes da tecnologia. Em 2007, 114,3 milhões de hectares de culturas transgênicas foram plantados por 12 milhões de fazendeiros em 23 países, comparados com os 102 milhões de hectares cultivados por 10,3 milhões de produtores em 22 países em 2006.

### **A METODOLOGIA**

A metodologia deste estudo contemplou a realização de entrevistas *in loco* com produtores rurais selecionados em regiões produtoras de soja convencional e transgênica. Foram amostrados os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais, responsáveis por 90% do total cultivado com soja na safra 2007/08.

Visando um melhor grau de entendimento da problemática da adoção da soja RR, e a comparação dos resultados observados em larga escala com o resultado potencial da adoção desta tecnologia, a pesquisa foi dividida em duas etapas:

- ✦ Primeira etapa: Revisão detalhada da literatura científica e entrevista com empresas de consultoria nas áreas visitadas;
- ✦ Segunda etapa: Pesquisa de campo com produtores rurais nos estados selecionados.

### **Primeira Etapa**

A metodologia empregada na elaboração do estudo compreendeu, em um primeiro momento, a revisão detalhada da literatura científica, referente aos impactos ambientais decorrentes do cultivo da soja RR, no Brasil e no mundo, buscando identificar dados relevantes.

Foram realizadas, ainda nessa primeira etapa, visitas técnicas a regiões referências na produção de soja no Brasil. No decorrer dessas visitas foram efetuadas entrevistas com empresas de consultoria agrícola, responsáveis pelo acompanhamento técnico das propriedades da região.

A título de referência, foram pesquisados os modelos de produção agrônômica adotados no Mato Grosso e no Paraná, as duas principais regiões para a produção de soja no Brasil. Foram considerados como referência os modelos de produção da soja convencional e da soja RR.

Com as informações obtidas nas visitas *in loco* foi possível ainda, estimar:

- ✦ A redução do uso de água;
- ✦ A redução do uso de combustível fóssil;
- ✦ A redução de emissões de gás carbônico.

Ainda na pesquisa da primeira etapa, foi possível estimar, por meio do modelo agrônomo de manejo e produção, o uso de ingrediente ativo (i.a.) e avaliar o perfil toxicológico dos principais defensivos químicos utilizados na cultura de soja tendo como referência a cultura convencional e a transgênica (RR). Para esse fim, a metodologia baseou-se no levantamento dos seguintes itens de produção, para ambos os sistemas de produção:

- ✦ Número de pulverizações de defensivos;
- ✦ Levantamento do consumo médio de combustíveis;
- ✦ Levantamento do consumo médio de água utilizada na preparação e aplicação da calda de defensivos;
- ✦ Levantamento do pacote típico de insumos utilizados;

Para tais variáveis, as unidades utilizadas foram: para área, hectare (10 mil m<sup>2</sup>), quilogramas (Kg) para massa e litros ou m<sup>3</sup> para volume.

### Segunda etapa

Para a segunda etapa, buscou-se essencialmente avaliar os benefícios sócio-ambientais percebidos por uma amostragem maior de produtores e, assim, identificar a percepção dos mesmos com relação a temas gerais do aspecto sócio-ambiental e temas específicos da tecnologia RR.

Na primeira parte do questionário, com temas gerais, teve como intuito obter a opinião do produtor rural referente a aspectos como a genética e a biologia da soja RR, a influência dos transgênicos no meio ambiente físico (solo, água e ar) e na biodiversidade, a segurança alimentar, saúde e segurança do trabalhador rural, qualidade de vida e produção agrícola.

A segunda parte do questionário teve como finalidade identificar o grau de atratividade e de risco ambiental percebido pelo produtor rural, através da adoção da soja RR. Com o objetivo de prover informações para auxiliar os estudos sobre impacto ambiental da soja RR no Brasil, foram trabalhadas adaptações da metodologia de análise SWOT e da análise de posicionamento estratégico de Porter. As metodologias foram utilizadas para elaboração de cenários prospectivos, com definição de indicadores ambientais e avaliação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que geram influência sobre o ambiente.

Neste estudo, as forças e oportunidades foram denominadas atratividade ambiental, enquanto as fraquezas e ameaças denominadas risco ambiental, buscando demonstrar quais as vantagens e as desvantagens da adoção de produtos geneticamente modificados.

Foram atribuídos, então, valores de relevância (pesos) e efetividade (resposta) para cada indicador de forma relativa (considerando a importância de cada indicador em relação aos demais), de modo a serem obtidos índices para as avaliações pretendidas. Estes índices resultam da multiplicação dos valores atribuídos para relevância (entre 0 – 100%) pelos valores de efetividade (entre 0: resposta pobre; e 10: resposta superior) de cada impacto. A seguir, encontra-se o racional matemático utilizado na definição da análise de atratividade e risco ambiental.

$$At = \sum_1^{n!} (N \times W) \quad Ri = \sum_1^{n!} (N \times W)$$

Onde:

At : atratividade sócio-ambiental

Ri : risco sócio-ambiental

n! : número total de entrevistas realizadas com os produtores

N : Nota atribuída para cada variável definida para atratividade e risco sócio-ambiental, como indicador de relevância

W : Peso atribuído a cada variável

Sendo que N para a atratividade como (Mínimo : 0 e Máximo : 10) e N para risco como (Mínimo : 10 e Máximo : 0), lembrando que ao menos uma variável precisa ter nota 10.

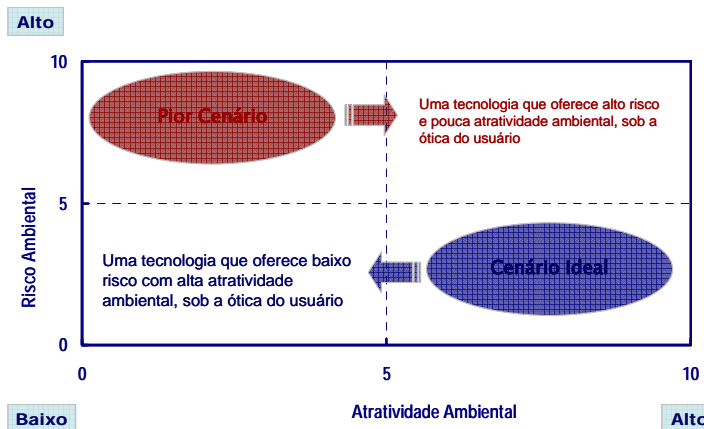
Sendo que W é o peso atribuído a cada variável oscilando entre 0,0 e 1,0, com o total igual a 1,0

O somatório dos índices relativos à atratividade ambiental e ao risco ambiental, ao serem comparados, revela se as vantagens sobrepõem as desvantagens, de modo a avaliar a validade da continuidade da adoção da tecnologia, considerando os impactos envolvidos (PÉSSOA; CARVALHO, PEREIRA Jr, 2006).

Os valores considerados para os pesos (W) foram baseados nos fundamentos da tecnologia desenvolvida, a partir de avaliações da agricultura transgênica e convencional disponível na literatura científica. Já os valores para o indicador de relevância (N) foram obtidos através de pesquisas de campo nos estados selecionados na pesquisa.

Por meio da análise das matrizes elaboradas para a soja RR, foi possível a construção da matriz que demonstra qual seria o cenário ideal para continuidade da adoção dos transgênicos e o pior cenário, que implicaria na descontinuidade da adesão à tecnologia (Figura 1).

**Figura 1. Projeção do cenário ideal e do pior cenário para avaliação da continuidade da adoção dos transgênicos.**



Fonte: Céleres Ambiental

Uma vez definido o questionário, as entrevistas foram distribuídas no Brasil segundo a amostragem descrita na metodologia. O principal critério utilizado para a distribuição das entrevistas entre os estados foi o peso relativo de cada um sobre o total de área plantada com soja na safra 2007/08.

### **OS RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA**

A água é um recurso natural indispensável, pois é um insumo essencial para a produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico. A água é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas, sendo dessa forma considerada fundamental para a produção agrícola.

Os usos mais comuns e freqüentes dos recursos hídricos estão ligados ao setor agrícola (irrigação), a indústria e ao abastecimento urbano. À medida que as atividades econômicas se diversificam, as necessidades de água aumentam para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões da sociedade de consumo, a produção industrial e agrícola.

A Biotecnologia é uma ferramenta estratégica na preservação do meio ambiente porque permite racionalizar o uso dos recursos naturais. A adoção da biotecnologia, no caso a soja RR, possibilita uma redução no número de aplicações de herbicidas, o que resulta em ganhos ambientais diversos, como a redução significativa do volume de água utilizada para preparar a calda aplicada nas lavouras de soja, a redução do volume de óleo diesel, utilizado como combustível nos pulverizadores e, conseqüentemente, uma redução na emissão de Gases de Efeito Estufa lançados na atmosfera.

Tomando como referência a região oeste do Mato Grosso e do Paraná, para 120 litros de calda por hectare pulverizada, é possível obter uma redução de 240 litros de água por hectare ao ano, com a diminuição de 2 aplicações de herbicidas nas lavouras com soja RR, considerando um pulverizador auto-propelido de 2.000 litros de capacidade de tanque.

Problemas ambientais são causados pela intensificação do uso de recursos naturais, em particular os combustíveis fósseis (Kaya & Yokobori, 1997), contudo, em diversos centros urbanos no mundo, as emissões dos veículos estão crescentemente contribuindo para a deterioração da qualidade do ar e para os danos ambientais (Kojima & Lovei, 2000).

Um dos benefícios sócio-ambientais alcançados com a adoção da Biotecnologia é a economia no uso de combustível fóssil, neste caso óleo diesel.

Avaliando-se a região do Paraná e do oeste do Mato Grosso, e considerando o consumo de óleo diesel utilizado para a alimentação do maquinário agrícola na cultura de soja RR, pode-se inferir uma redução de 2 litros de combustível fóssil por hectare, ao ano, num cenário onde ocorra uma diminuição de 2 aplicações de herbicidas na cultura da soja RR.

Com a redução do número de aplicações nas áreas plantadas com soja RR, pode-se observar grande economia no uso de combustíveis fósseis e conseqüentemente, redução na emissão de gases que contribuem para o Efeito Estufa, o que pode ser traduzido como um grande benefício, em função da importância desses gases para o agravamento do aquecimento global.

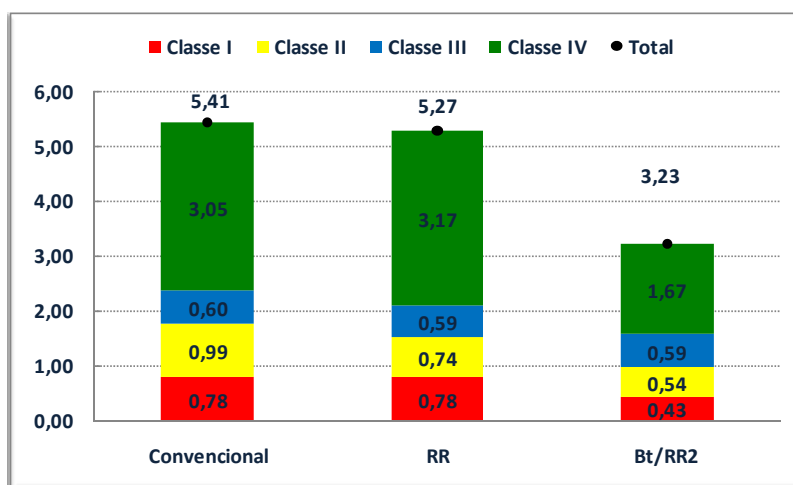
Considerando-se ainda as regiões do Paraná e do oeste do Mato Grosso a diminuição de 2 aplicações de herbicidas, em culturas com soja RR, implica em uma redução de 0,0052 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare ao ano lançados na atmosfera, ou seja, 5,2 quilos de CO<sub>2</sub> por hectare ao ano.

No estado do Mato Grosso a adoção da soja RR permitiu ainda uma redução do volume total de ingredientes ativos por hectare, da ordem de 2,58% (Figura 2). Para a classe toxicológica II, uma classe bastante agressiva para o meio ambiente e para a saúde humana, constatou-se uma redução bastante significativa. O volume de ingredientes ativos da classe II foi reduzido em 25,3%, por hectare, com a simples adoção da

---

biotecnologia.

Figura 2. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados na soja no Oeste do Mato Grosso, por kg de i.a./ha.

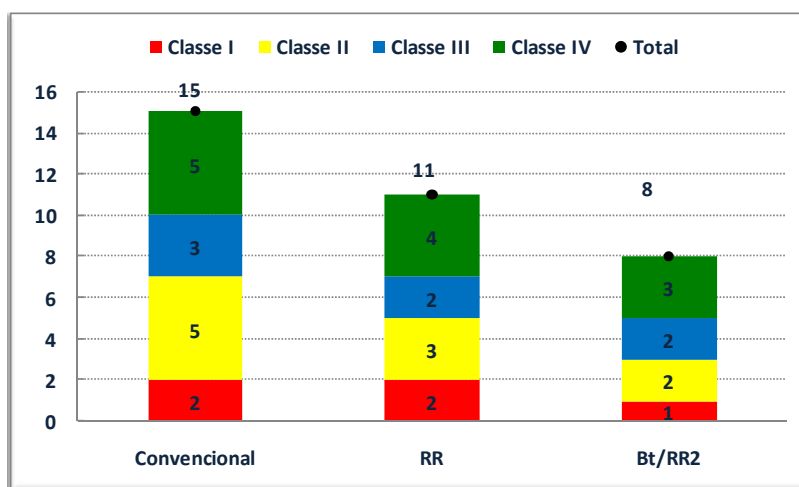


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Na simulação com a adoção da tecnologia Bt/RR2, os ingredientes de classe toxicológica I seriam reduzidos em 44,8%, enquanto os de classe toxicológica II teriam uma redução de 45,4% (Figura 2). A aprovação de novos eventos reforça ainda mais os benefícios sócio-ambientais que podem ser alcançados e a importância da tecnologia para a preservação dos recursos naturais e para a melhoria da saúde do trabalhador rural.

Além da mudança no perfil da classe toxicológica dos produtos utilizados, a adoção da soja RR tem impacto direto no menor número de defensivos usados no manejo da cultura. Para a soja convencional são utilizados 15 produtos enquanto que para a cultura da soja RR são necessários apenas 11 produtos, uma redução de 26,6% (Figura 3) o que contribui ainda para a diminuição do volume de produtos transportados, melhorando significativamente a logística e o impacto causado pelo descarte de embalagens no meio ambiente.

Figura 3. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados na soja no Oeste do Mato Grosso, por número de produtos utilizados.

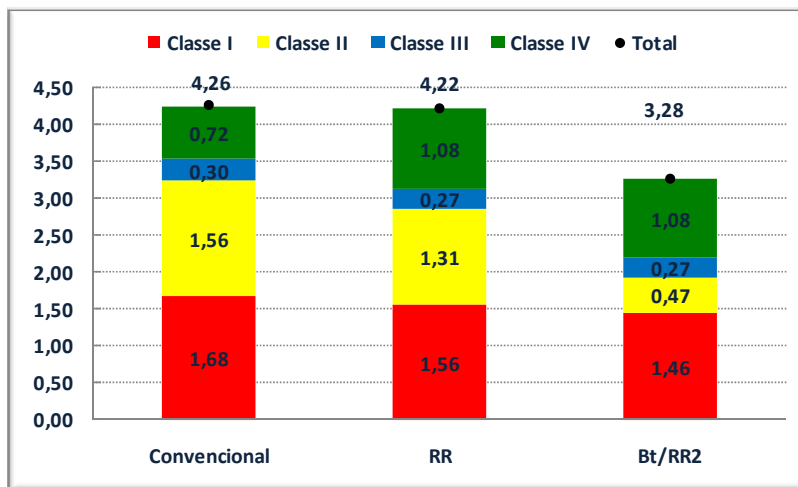


Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

No estado do Paraná observou-se que com a adoção da soja RR houve uma redução de 0,94% no volume total de i.a/hectare utilizados na cultura (Figura 4). Apesar de parecer uma redução pouco significativa, os produtos de classe toxicológica I e II, consideradas as mais agressivas para o meio ambiente e para a saúde humana, sofrem redução de 7,14% e 16%, respectivamente (Figura 4).

A aprovação da soja Bt/RR2 traria ainda mais benefícios ambientais. O volume de ingredientes ativos seria reduzido em 23%, com diminuição de 13% em ingredientes ativos de classe I e 70% em ingredientes ativos de classe II (Figura 4). Percebe-se assim que as vantagens são maiores na medida em que novas tecnologias são aprovadas e adotadas.

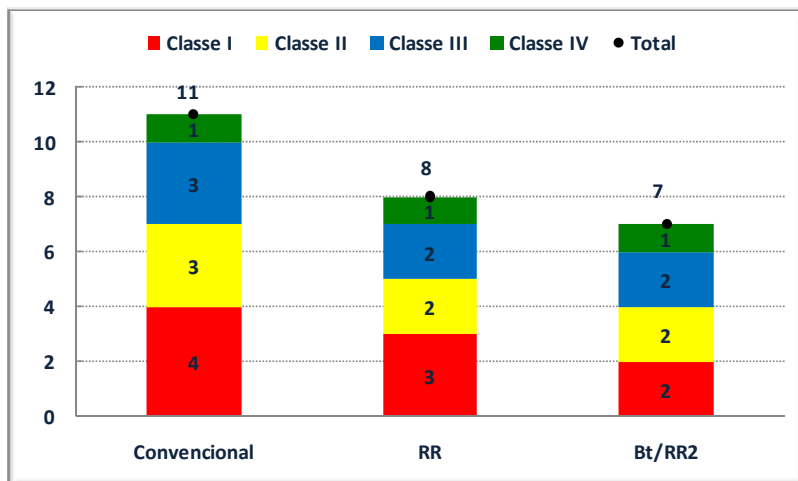
Figura 4. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados na soja no Paraná, por Kg de i.a/ha.



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

Quanto ao número total dos produtos utilizados na cultura de soja, observa-se a redução de 27% com a adoção da soja RR, diminuindo em 25% os produtos de classe toxicológica I e em 33% os produtos de classe II (Figura 5).

Figura 5. Perfil de uso de ingredientes ativos utilizados na soja no Paraná, por número de produtos utilizados.



Fonte: Céleres Ambiental baseado em visitas técnicas de campo.

A partir dos dados obtidos por meio das entrevistas com a equipe técnica do estado do Mato Grosso e acesso ao pacote tecnológico dos herbicidas utilizados nas culturas de soja convencional e RR, foi possível

avaliar o nível de persistência destes produtos no solo de acordo com a meia vida de cada um deles.

Alguns herbicidas utilizados na cultura da soja convencional possuem efeito residual prolongado, podendo permanecer no solo por até 1.000 dias. No Paraná, herbicidas muito persistentes no ambiente deixam de ser utilizados em culturas de soja RR, reduzindo a permanência de resíduos no solo, o que é confirmado se comparadas às listas de produtos do pacote tecnológico de herbicidas utilizados para a cultura de soja convencional e de RR.

## **OS RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA**

Por meio dos questionários ambientais aplicados durante as visitas a campo, foi possível levantar informações sócio-ambientais relevantes relacionadas à sojicultura brasileira. Foram abordados nas perguntas dos questionários ambientais, tanto aspectos quantitativos como qualitativos relativos aos benefícios sócio-ambientais prováveis com a adoção da soja RR, buscando levantar as informações pertinentes ao assunto, junto ao produtor rural.

Os produtores rurais foram questionados quanto aos benefícios percebidos em relação à melhoria da qualidade da água, do solo, da fauna e do ar, com a adoção da soja RR.

No caso da água, a maioria dos produtores rurais relatou que percebe alguma diferença na qualidade da água e, de acordo com a grande maioria, essa diferença traduz uma vantagem para sua atividade. Os principais comentários foram com relação à melhoria da qualidade das nascentes. A soja RR possibilita a substituição de produtos de classe toxicológica mais agressiva por produtos de classe toxicológica menos agressiva, favorecendo uma menor contaminação dos recursos hídricos.

Com relação à fauna local e do entorno da propriedade, grande parte dos entrevistados percebe que há alguma diferença no número de animais observados. Cerca de 30% dos produtores percebem uma grande diferença na fauna da propriedade e do seu entorno, o número de animais observados nas propriedades aumentou e alguns animais voltaram a aparecer. Para a maioria dos entrevistados essa diferença significa uma grande vantagem para sua atividade. Ainda, de acordo com relatos, o plantio direto e o uso de produtos menos agressivos ao meio ambiente propiciam a volta de alguns grupos da fauna como: mamíferos, insetos e aves.

A melhoria na qualidade do solo também é percebida pelos proprietários rurais com lavouras de soja RR. A tecnologia RR já está vinculada ao plantio direto no Brasil e os benefícios alcançados com essa prática já são comprovados. Melhora dos processos erosivos, menor compactação dos solos e maior retenção de água são benefícios percebidos na qualidade dos solos com soja RR pelos agricultores.

Apesar de grande parte dos entrevistados achar difícil mensurar as melhorias na qualidade do ar com a adoção da soja RR, verificou-se que a maioria percebeu alguma diferença do ar com a adoção da biotecnologia. É possível constatar ainda, que essa diferença na qualidade do ar é percebida como uma vantagem pelo produtor rural e de acordo com a maioria dos relatos, ela ocorre devido ao menor número de entradas com máquinas nas lavouras e, conseqüentemente, menor volume de combustível fóssil sendo queimado.

De acordo com a revisão da literatura e com as visitas a campo, os indicadores julgados mais importantes e seus respectivos pesos para a cultura de soja RR no Brasil, são demonstrados nas matrizes de atratividade e de risco ambiental (Figura 6 e Figura 7).

Vale salientar que na matriz de atratividade ambiental os fatores listados e considerados mais relevantes na análise, foram calibrados de acordo com a percepção do produtor rural. Assim, os pesos obtidos vieram dos resultados das entrevistas de campo.

Figura 6. Matriz de atratividade ambiental para a cultura de soja RR no Brasil.

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso (0% a 100%)
	MIN	MÁX	
Maior tolerância a herbicidas	0	10	20,0%
Redução do uso de defensivos agrícolas	0	10	17,0%
Melhoria da qualidade e sustentabilidade da produção com o uso da tecnologia	0	10	14,0%
Maior proteção e conservação ambiental pelo uso de práticas agrícolas conservacionistas	0	10	13,0%
Simplicidade no uso da tecnologia	0	10	12,0%
Eventos de biotecnologia liberados através de procedimentos de biossegurança mais rigorosos	0	10	9,0%
Diminuição na emissão de gases de efeito estufa	0	10	8,0%
Melhor otimização dos fatores de produção	0	10	7,0%
<b>Atratividade Ambiental Ponderada</b>			<b>100,0%</b>

Para a matriz de risco ambiental, os fatores indicados como mais importantes, dentro da cultura da soja RR no Brasil vieram da revisão bibliográfica. Isso porque o sojicultor brasileiro ainda tem muita dificuldade em mensurar os riscos ambientais da cultura da soja.

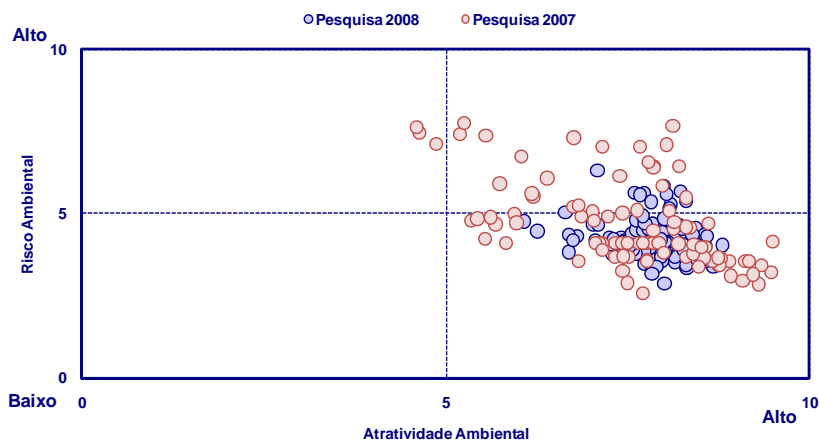
Figura 7. Matriz de risco ambiental para a cultura de soja RR no Brasil.

	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO*		Peso (0% a 100%)
	MIN	MÁX	
Uso inadequado do glifosato no manejo da cultura da soja	10	0	28,0%
Dependência do agricultor na aquisição da tecnologia	10	0	19,0%
Desconhecimento por parte dos produtores dos procedimentos de biossegurança	10	0	16,5%
Restrição quanto ao consumo dos produtos transgênicos	10	0	15,0%
Desenvolvimento de resistência pelas plantas daninhas	10	0	12,5%
Efeitos indesejáveis em organismos não-alvo	10	0	5,0%
Incertezas do local de inserção e expressão dos genes introduzidos	10	0	4,0%
<b>Risco Ambiental Ponderado</b>			<b>100,0%</b>

A análise das informações de campo e dos resultados das entrevistas não só evidenciaram, mas, sobretudo reforçaram os benefícios da soja RR. Sendo assim, a simples interpretação dos resultados obtidos por meio das matrizes de atratividade e risco sócio-ambiental, onde o somatório da relação entre peso e relevância da atratividade sobrepuja o somatório dessas variáveis, gerado a partir dos riscos ambientais, demonstra resultados favoráveis à adoção da soja RR no Brasil.

A comparação entre a pesquisa realizada no ano de 2007 e de 2008 (Figura 8) revela que a soja RR oferece risco ambiental mediano que vem diminuindo ano após ano e uma alta atratividade ambiental que continua em crescimento. A atratividade ambiental pode ser constatada por meio da forte aceitação da tecnologia expressa pela forte adoção da mesma desde sua aprovação no Brasil.

Figura 8. Matriz atratividade/risco ambiental da soja RR, no Brasil pesquisa do ano de 2007 e de 2008.



Fonte: Céleres Ambiental

Ao longo dos anos de adoção da soja RR os produtores consolidam a percepção quanto os benefícios alcançados com a tecnologia. No caso do algodão Bollgard, os cotonicultores brasileiros acreditam que tecnologias mais atuais trarão maior grau de benefícios uma vez que esta tecnologia tem mostrado resultados aquém dos previstos. Assim, ao passo que a soja RR, a despeito das diferenças observadas entre as regiões produtoras no Brasil, se mostra uma tecnologia efetiva, o algodão Bollgard tem deixado a desejar aos olhos dos produtores brasileiros.

### A ESTIMATIVA DOS BENEFÍCIOS SÓCIO-AMBIENTAIS DA SOJA RR NO BRASIL

Minimizar o uso de recursos naturais implica em redução de impactos negativos no meio ambiente favorecendo a preservação dos ecossistemas. A biotecnologia é uma ferramenta importante nesse contexto, pois permite o uso racional dos recursos naturais.

Tomando como exemplo regiões do Paraná e do Oeste do Mato Grosso e extrapolando os dados obtidos nestas regiões para o cenário nacional pode-se inferir uma redução da ordem de 3,1 bilhões de litros de água deixando de ser utilizados, nas lavouras com soja RR, na safra 07/08 (Figura 9). Estes valores foram calculados considerando uma média de 120 litros de calda pulverizada por hectare e uma redução de 2 aplicações de herbicidas, isso significa, uma redução de 240 litros de água por hectare. Neste cálculo, foi considerada a projeção de plantio de 13.092 mil hectares com soja RR na safra 07/08 (CÉLERES, 2008).

Figura 9. Redução do volume de água nas lavouras de soja RR no Brasil safra 07/08.

Calda Aplicada (l/ha)	Número de aplicações reduzidas com soja RR		
	1	2	3
Volume de água economizado (bilhões l/ano)			
100	1,3	2,6	3,9
110	1,4	2,9	4,3
120	1,6	3,1	4,7
130	1,7	3,4	5,1
140	1,8	3,7	5,5
150	2,0	3,9	5,9
160	2,1	4,2	6,3

Fonte: Céleres Ambiental

Considerando o consumo de óleo diesel utilizado para a alimentação do maquinário agrícola na cultura de soja RR nos estados do Mato Grosso e do Paraná, pode-se observar uma redução de 2 litros de combustível fóssil por hectare, num cenário onde ocorra uma diminuição de 2 aplicações de herbicidas na cultura transgênica.

Com base nos dados obtidos e sintetizados nos estados acima mencionados, e ainda, considerado a projeção de plantio de 13.092 mil hectares com soja RR na safra 07/08 (CÉLERES, 2008), pulverizador com rendimento médio de 12 hectares/hora é possível prever uma economia anual, para o Brasil, de 26,2 milhões de litros de óleo diesel com a simples adoção da soja RR (Figura 10).

Figura 10. Redução no volume de óleo diesel nas lavouras com soja RR no Brasil na safra 07/08.

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com soja RR		
	1	2	3
Volume de diesel economizado (milhões l/ano)			
10	15,7	31,4	47,1
11	14,3	28,6	42,8
12	13,1	26,2	39,3
13	12,1	24,2	36,3
14	11,2	22,4	33,7
15	10,5	20,9	31,4
16	9,8	19,6	29,5

Fonte: Céleres Ambiental

Ao admitir o potencial de redução na emissão dos gases de efeito estufa como decorrência da adoção da soja RR, no Brasil, chega-se a conclusão de que, mesmo assumindo uma estimativa conservadora, no que tange à redução do número de aplicações, a redução nas emissões de CO<sub>2</sub> mostra-se significativa dada à dimensão da área plantada com soja no Brasil.

Desta forma, o volume de gás carbônico que deixa de ser lançado na atmosfera por hectare ao ano (5,2 quilos de CO<sub>2</sub>) parece pequeno, no entanto, estimando uma área de plantio de 13.092 mil hectares de soja RR para a safra 07/08, e pulverizador com rendimento médio de 12 hectares/hora, observa-se uma redução de 67,5 mil toneladas de CO<sub>2</sub>, ao ano, deixando de ser lançadas na atmosfera (Figura 11).

**Figura 11. Redução da emissão de GEE em tCO<sub>2</sub> em decorrência do menor uso de diesel na cultura de soja RR no Brasil safra 07/08.**

Rendimento (ha/h)	Número de aplicações reduzidas com soja RR		
	1	2	3
Redução da emissão em tCO <sub>2</sub> (mil tCO <sub>2</sub> /ano)			
10	40,5	81,0	121,6
11	36,8	73,7	110,5
12	33,8	67,5	101,3
13	31,2	62,3	93,5
14	28,9	57,9	86,8
15	27,0	54,0	81,0
16	25,3	50,7	76,0

Fonte: Céleres Ambiental

Nas projeções dos benefícios ambientais deste estudo, para o período de 2008/09 a 2017/18, foram consideradas as premissas de área e adoção de soja RR mostradas na figura 12.

**Figura 12. Premissas de adoção de área consideradas no cálculo**

	Área total	Inferior	Superior	Potencial
06/07	20.685,3	10.175,3	11.750,0	17.996,2
07/08	21.284,8	11.246,8	13.092,5	18.730,6
08/09	21.933,0	12.205,0	13.933,9	19.739,7
09/10	24.161,1	16.682,3	18.259,2	21.986,6
10/11	25.904,9	19.636,3	21.326,5	23.573,5
11/12	26.715,1	21.332,7	23.136,2	24.310,8
12/13	28.237,1	23.030,6	24.787,4	25.695,8
13/14	30.089,5	25.041,5	26.784,9	27.381,4
14/15	30.913,7	25.846,8	27.623,5	28.131,5
15/16	31.708,7	26.697,5	28.391,9	28.854,9
16/17	34.038,9	28.658,0	30.533,7	30.975,4
17/18	35.143,1	29.641,1	31.588,6	31.980,2

Fonte: CÉLERES. Baseada em estimativas próprias. Valores em mil hectares

Avançando na análise dos benefícios ambientais alcançados por meio da adoção da soja RR, foram simulados dois cenários para o cálculo dos seguintes fatores: água, óleo diesel e gás carbônico, reduzidos ao longo dos próximos dez anos, ou seja, de 2008/09 a 2017/18 (Figura 13). Vale ressaltar que a adoção ou não da soja RR não altera em nada o total de área plantada com a cultura, pois a tecnologia da soja RR não prevê ganho em produtividade.

No primeiro cenário simulado, assumindo a adoção da soja RR, o total de área plantada com esta cultura chega a 288,8 milhões de hectares, sendo que deste total, 246,4 milhões de hectares referem-se à soja RR e somente 42,5 milhões de hectares a soja convencional (Figura 13). A taxa de adoção potencial da soja RR seria, portanto de até 85,3% do total plantado com tal cultura ao longo de dez anos, ou seja, entre 2008/09 e 2017/18.

No segundo cenário admitiu-se a área total plantada somente com soja convencional, perfazendo um montante de 288,8 milhões de hectares (Figura 13), visto que a tecnologia da soja RR não pressupõe o ganho de produtividade como é o caso do algodão Bollgard e do milho YieldGard.

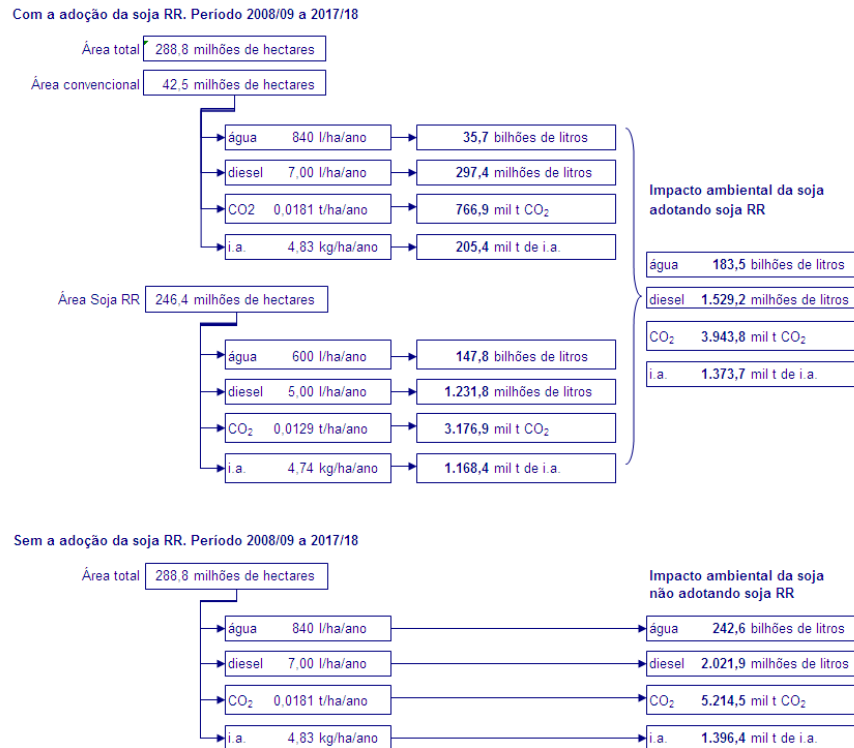
De posse desses dois cenários, com e sem a adoção da soja RR,

simulou-se inicialmente, o impacto ambiental de cada um dos cenários.

No caso do primeiro cenário, onde existe adoção da soja RR, foi feito o cálculo do impacto ambiental para a cultura convencional e para a transgênica analisando os fatores: utilização de água para preparo da calda pulverizada nas lavouras, consumo de óleo diesel necessário para alimentar as máquinas agrícolas, emissões de gás carbônico para a atmosfera com a queima de combustível fóssil e volume de ingrediente ativo utilizado. Por meio dos resultados de cada uma das culturas, convencional e transgênica, foi possível obter o impacto ambiental total da cultura da soja (Figura 13)

O cômputo do impacto ambiental total para o primeiro cenário, com a adoção da soja RR, foi calculado, somando os impactos da cultura convencional e da cultura transgênica.

**Figura 13. Sumário dos impactos ambientais da soja no Brasil período de 2008/09 a 2017/18.**



Notas:

<sup>1/</sup> Para o cálculo do impacto ambiental considerou-se apenas o consumo de diesel nas aplicações de defensivos agrícolas. Não foram consideradas operações de preparo de solo ou colheita.

<sup>2/</sup> Para a soja convencional, foram consideradas 7 aplicações de defensivos através de pulverizador autopropelido de 2.000 litros. Para a soja RR considerou-se 5,7 aplicações, baseado nos resultados de campo deste estudo

Fonte: Céleres Ambiental baseada na pesquisa de campo.

Considerando a diferença entre o impacto ambiental dos dois cenários, foi possível calcular o benefício ambiental líquido alcançado com o plantio da soja RR no Brasil nos próximos dez anos (Figura 14). Assim para a água, o benefício chega a 59,1 bilhões de litros deixando de ser utilizados, volume este suficiente para abastecer 1,35 milhão de habitantes ao longo de dez anos, ou aproximadamente 135 mil habitantes ao ano (Figura 14). Trata-se evidentemente de um volume significativo de água que deixa de ser consumido com a simples adoção de uma tecnologia que é comprovadamente segura e eficiente por diferentes países do mundo.

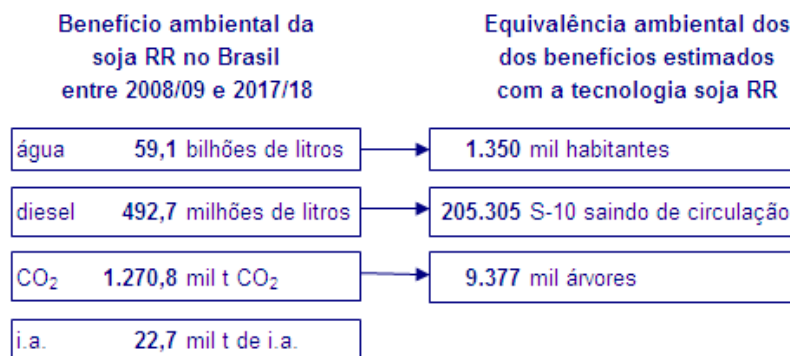
O benefício ambiental obtido com a soja RR não é menos importante e considerável analisando a redução possível no uso de óleo diesel. Dos cálculos, estimou-se este benefício em 492,7 milhões de litros de diesel,

que serão economizados ao longo dos próximos dez anos, assumindo as taxas de adoção da tecnologia já discutidas neste estudo. Tal volume de combustível fóssil seria suficiente para abastecer, mais de 205 mil camionetes de porte médio, como o modelo S-10 (Figura 14). Em tempos de combustível fóssil cada vez mais escasso e, por consequência, mais caro, trata-se de um benefício ambiental que possui todas as características para fomentar a adoção desta tecnologia, através do estímulo econômico.

Para as emissões de CO<sub>2</sub>, o benefício líquido da adoção da soja RR possibilita deixar de emitir 1,27 milhão de t CO<sub>2</sub> para a atmosfera ao longo dos próximos dez anos, que por sua vez equivalem a mais de 9,3 milhões de árvores sendo preservadas (Figura 14). As espécies da flora consideradas no cálculo da conversão foram as de floresta ripária. Diante do modismo atual de temas como a neutralização de carbono e a sustentabilidade, a adoção da soja RR e de outros eventos da biotecnologia está naturalmente alinhada com essa visão.

Por fim, o último item de avaliação do benefício ambiental considerado no estudo foi o uso de ingredientes ativos. Em função das reduções observadas em campo neste trabalho, o benefício ambiental deste item chega a 22,7 mil toneladas de produtos químicos que deixarão de ser lançados no meio ambiente, ao longo dos próximos dez anos, o que é, indiscutivelmente, um nítido benefício alcançado com a adoção da soja RR, no Brasil (Figura 14).

**Figura 14. Sumário dos benefícios ambientais da soja no Brasil período de 2008/09 a 2017/18.**



**Notas:**

Recomendação ONU para abastecimento de água: 120 litros/habitante/dia

Cálculo da quilometragem: 24.000 km/ano com rendimento de 10 km/l

Coefficiente de conversão de árvores: 7,38 árvores/tCO<sub>2</sub> economizada

Fonte: Céleres Ambiental baseada em pesquisa própria

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da soja requer a utilização em larga escala de herbicidas, devido a grande quantidade e diversidade de plantas infestantes que acometem essa cultura. A adoção da soja RR possibilita a substituição de herbicidas mais tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana pelo glifosato, beneficiando a preservação dos recursos naturais e minimizando os impactos gerados no ecossistema.

A adoção da soja RR, com a utilização do glifosato, é uma ferramenta propulsora e incentivadora de práticas conservacionistas como o plantio direto, propiciando menor revolvimento da terra e, portanto, maior conservação do solo, menor emissão de gases de efeito estufa e o uso de produtos cujo efeito residual no solo e na água é menor quando comparados aos produtos utilizados nas lavouras de soja convencional. Além disso, permite uma maior flexibilização da produção, exigindo menos tempo do produtor e maior otimização do maquinário agrícola.

O prejuízo ambiental da não adoção da soja RR, abordado nesse estudo, evidencia o alto impacto sócio-ambiental causado pela soja convencional quando comparada a soja RR, no que diz respeito aos

seguintes fatores: redução no consumo de água e de óleo diesel, redução das emissões de CO<sub>2</sub> e diminuição da quantidade de ingrediente ativo no solo.

O investimento em novos estudos para criação e liberação de outros eventos biotecnológicos, para a soja, só tende a potencializar os benefícios estimados neste trabalho, sendo necessária, portanto, a criação de um ambiente institucional favorável à pesquisa, como forma de otimizar os resultados líquidos da biotecnologia.

O Brasil é um dos países mais criteriosos quanto às análises de riscos ambientais para os cultivares transgênicos, onde várias medidas de segurança são exigidas para conter possíveis danos sócio-ambientais. Isso demonstra que os transgênicos liberados para utilização e comercialização são tão ou mais seguros que os cultivares convencionais, uma vez que estes não são submetidos aos mesmos critérios de segurança.

---

**Sobre a Céleres Ambiental**

É uma empresa de consultoria ambiental que atua no setor agrícola. Buscando se adaptar as exigências de mercado alcançou ainda, competência comprovada na gestão ambiental de projetos do setor sucroalcooleiro. Conta com uma equipe multidisciplinar de profissionais altamente qualificados capazes de se adaptar com maior velocidade às necessidades dos clientes na execução de diferentes tipos de projetos, entre eles:

- **Licenciamento Ambiental de empreendimentos agroindustriais**
- **Due Diligence Ambiental (DDA)**
- **Avaliação de Viabilidade Locacional de Empreendimentos**
- **Adequação à Legislação Ambiental.**

---

**Sobre a autora**

**Paula Carneiro** é sócia-diretora da Céleres Ambiental. Bióloga formada pela Universidade Federal de Uberlândia, especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (MG), em especialização em Direito Ambiental e Sustentabilidade pela PUC/São Paulo. Atualmente é consultora ambiental de usinas de Açúcar e Alcool em municípios do Triângulo Mineiro e Ribeirão Preto. Atuou na elaboração e coordenação de projetos de diagnóstico e avaliação de áreas para instalação de aterros sanitários e usinas de açúcar e álcool, licenciamento ambiental, projetos de recuperação de áreas degradadas, projetos técnicos de reconstituição da flora, projetos de controle ambiental, relatórios de controle ambiental, estudos de impacto ambiental, relatórios de impacto do meio ambiente entre outros. É conselheira do CIB (Conselho de Informações em Biotecnologia).

---

Para informações adicionais a respeito deste estudo, contate a Céleres Ambiental:

[ambiental@celeres.com.br](mailto:ambiental@celeres.com.br)

[www.celeresambiental.com.br](http://www.celeresambiental.com.br)

R. Eng. Hélio Felice, 119, Morada da Colina

Uberlândia (MG) – CEP: 38411-414

Tel.: (34) 3229-1313 – Fax: (34) 3229-4949

---