

# MÉTODO GMP-RAM PARA AVALIAÇÃO CASO A CASO DOS RISCOS ALIMENTARES E AMBIENTAIS DA SOJA GENETICAMENTE MODIFICADA

FERNANDA L. MANZATO<sup>1</sup>; SIMONE M. N. CREMONEZI<sup>2</sup>; KATIA R. E. JESUS-HITZSCHKY<sup>3</sup>

N° 0803013

RESUMO – A avaliação da segurança é essencial para a pesquisa e desenvolvimento das Plantas Geneticamente Modificadas (PGMs). A análise dos riscos potenciais das plantas transgênicas ou das práticas relacionadas ao seu cultivo para o meio ambiente e para a saúde humana e animal, comparativamente com a variedade convencional, possibilita a adoção de medidas para evitar ou controlar tal risco. O método GMP – RAM é a primeira metodologia formulada para avaliação caso a caso dos riscos de PGMs. A possibilidade de inserir indicadores específicos para a avaliação da PGM em questão e a necessidade de elaborar a lista de recomendações a partir dos resultados levantados permite uma análise caso a caso do evento, neste trabalho foi realizado o estudo de caso da segurança alimentar e ambiental da Soja Roundup Read.

ABSTRACT – It is essential to the research and development of Genetically Modified Plants (GMPs) the safety assessment. The analysis of the potential risks of the transgenic plants or practices related to its cultivation on the environment, human or animal health, in comparison with the conventional variety enables the adoption of measures to prevent or control such risks. The GMP-RAM method (Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants) is the first GMP risk assessment methodology. The possibility of inserting specific indicators for the evaluation of GMP and the need to draw up a list of recommendations from the results raised allows a case by case study of the event. In this article it is shown a case study of the food and environmental safety of RR soybean.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância da avaliação dos riscos de PGMs consiste em identificar o perigo e avaliar o efeito acerca dos riscos potenciais. Para a adequada avaliação dos riscos são necessárias informações sobre a liberação e a descrição prévia do organismo geneticamente modificado

---

<sup>1</sup> Estagiária da Embrapa Meio Ambiente: Graduação em Engenharia Ambiental, PUC, Campinas-SP, ✉ fernandalm@cnpma.embrapa.br

<sup>2</sup> Colaboradora: Mestranda em Biotecnologia USP - Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

<sup>3</sup> Orientadora: Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP

(OGM). O primeiro procedimento é identificar a situação que poderia produzir algum dano. A análise de risco compreende as etapas de: avaliação, gerenciamento e comunicação do risco. Desta maneira, as avaliações de risco preenchem uma lacuna na área da segurança alimentar e nutricional considerando três eixos que são inseparáveis e complementares: acesso, educação e qualidade. De maneira geral, poderiam ser apresentadas as seguintes situações de risco: toxicidade, desenvolvimento de resistência a antibióticos, alergenicidade, capacidade de transferência de material genético, ou efeitos negativos sobre organismos não-alvo da modificação genética. A avaliação da segurança da soja GM resistente ao glifosato (CP4EPSPS) foi realizada a partir dos dados publicados na literatura especializada empregando-se o método GMP – RAM (Jesus et al., 2006; Jesus-Hitzschky et al., 2007).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia “Avaliação de Risco de Plantas Geneticamente Modificadas – GMP-RAM” desenvolvida por Jesus e colaboradores (2006) foi empregada para o caso da soja GM para a resistência ao glifosato. O método consiste de duas ferramentas: Planilhas de Evidência dos Riscos e Matriz de Avaliação conforme mostra a Figura 1 e 2 respectivamente. Na planilha de evidência dos riscos são sugeridos 15 indicadores, codificados de “a” até “p”, que representam os riscos mais questionados pela comunidade científica e sociedade de modo geral. A planilha prevê ainda a possibilidade do avaliador inserir os indicadores mais específicos para o transgênico em questão. Com o auxílio da primeira ferramenta busca-se uma análise criteriosa dos riscos através da atribuição de pesos. A partir desta análise são determinados os: “Índice de Risco = Magnitude x Exposição ao dano x Precedente” e “Índice de Significância = Extensão x Reversibilidade”. Nas Tabelas de 1 a 3 são apresentados os fatores que compõem os Índices.

Os resultados são apresentados na Matriz de Avaliação o que permite a visualização da faixa de risco, possibilitando estabelecer o nível em que as ações mitigatórias devem ser tomadas. A utilização do método pode ser feita através do Software GMP – RAM, disponível no site da Embrapa Meio Ambiente: [http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp\\_ram.php3](http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3). A partir dos resultados o avaliador deve elaborar a lista de recomendação específica para o evento em questão com o objetivo de minimizar os riscos para o meio ambiente, saúde humana e animal, tendo em vista a diminuição dos riscos associados à cultura e a PGM. Com vistas a levantar os indicadores mais condizentes com a avaliação dos riscos da Soja RR foram realizadas análises da literatura especializada sobre os riscos alimentares e ambientais da Soja RR e os dados foram inseridos no Software.

**Tabela 1** - Fatores de Ponderação:  
Magnitude / Exposição ao dano

Magnitude / Exposição ao dano	Valores
Baixa	1
Média	2
Alta	4

**Tabela 2** - Fator de Ponderação:  
Precedente

Precedente	Valores
Não	1
Sim	2

**Tabela 3** - Fator de Ponderação para o Índice de Significância

Fator de Ponderação	Níveis	Valores
Extensão	Pontual	1
	Local	2
	Entorno	4
Reversibilidade	Reversível Naturalmente	1
	Reversível com manejo simples	2
	Reversível com manejo complexo	4
	Irreversível	8

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo são apresentados os riscos potenciais (indicadores) específicos para garantir a segurança alimentar e ambientais desta PGM levantados a partir dos artigos científicos. Dentre os 15 indicadores gerais apresentados pelo Método GMP-RAM, somente os mais preocupantes para o caso da Soja RR foram analisados: (e) “Geração de linhagens com aspectos de planta daninha”; e (f) “Aparecimento de atributos adicionais – resistência e seletividade induzida pela modificação genética”. Para garantir a acuidade da avaliação da segurança associada à Soja foram inseridos indicadores mais específicos, no campo do Software “Potencial Fonte de Exposição: Avaliação Caso a Caso do Evento” apresentados na Figura 1.

*Potencial Fonte de exposição: Característica da Planta Geneticamente Modificada:* (e) Quanto à “Geração de linhagens com aspectos de planta daninha” - Os maiores problemas relacionados à Soja RR devem-se a possibilidade das plantas daninhas tornarem-se resistentes ao glifosato. Há registros, no Paraná e no Rio Grande do Sul, de lavouras de soja RR com problemas de resistência de plantas daninhas (azevem e buva) ao glifosato (GAZZIERO, 2006). Assim, o índice de risco é médio (8), uma vez que, esse efeito nas plantas daninhas alcança o entorno da plantação (peso 4) e o índice de significância é alto (32), já que, este dano dificilmente seria controlado tornando-se irreversível (peso 8). A faixa de risco da matriz recomenda restrições. (f) Quanto ao “Aparecimento de atributos adicionais – resistência e seletividade induzida pela modificação genética” – O glifosato é um herbicida pós - emergente, não seletivo em condições normais. Apenas PGM, com resistência induzida, apresenta seletividade (DUKE et al., 2003),

assim o índice de risco é (8), uma vez que dano, se vier a ocorrer, seria alto (peso 4), sua probabilidade de ocorrência é média (peso 4) e não há precedentes (peso 1). Já o índice de significância é (8), pois a extensão do risco apresenta valor médio (peso 2) e para haver reversão seria preciso um alto investimento ou uso de métodos não convencionais a cultura (peso 4), com base nesses dados a matriz recomenda manejo.

*Potencial Fonte de exposição: Avaliação da segurança alimentar:* (p) Quanto à “Análise Composicional” - Segundo Padgett et al. (1996) e Taylor et al. (1999) a composição da Soja RR é substancialmente equivalente às variedades de soja não-transgênica. As análises para tal comprovação incluíram: análise de proteína, gordura, fibras, cinza, carboidratos e umidade; antinutrientes; perfil de ácidos graxos; e composição do aminoácido. Dessa maneira, o índice de risco é baixo (2), não apresentando dano (peso 1), considerando fator de exposição médio (peso 2) e sem precedentes (peso 1) e o de índice de significância é médio (8), pois, se ocorresse, não ultrapassaria o limite de disseminação da espécie (peso 2) e seria reversível com manejo complexo (peso 4), a matriz requer monitoramento. (q) Quanto a “Equivalência Nutricional” - A Soja RR quando comparada à soja convencional através de análises de aminoácidos, ácidos graxos e antinutrientes apresenta a mesma integridade e equivalência nutricional. Estudos realizados com diversos animais comprovam esta equivalência na alimentação (ROGERS, 1998), assim os índices gerados são baixos (risco - 2; significância - 4) e a matriz não indica restrições. (r) Quanto ao “Grau de toxicidade – associado à possibilidade de aumento das aplicações do glifosato” – O glifosato é um herbicida tóxico para muitos patógenos de plantas, enquanto nem todos os fungos são suscetíveis ao glifosato (TOUBIA–RAHME et al., 1995; WYSS e MULLER–SCHARER, 2001). Assim, o índice de risco é baixo (4), o índice de significância é alto (16), pois, se ocorresse, não ultrapassaria o limite de disseminação da espécie (peso 2), mas seria irreversível (peso 8). Assim, a matriz indica a necessidade de manejo. Os parâmetros para a avaliação da segurança alimentar da soja RR utilizando o *Software* GMP-RAM são apresentados conforme mostra a Figura 1. Na matriz de avaliação de risco verificamos os principais parâmetros analisados para a segurança alimentar da Soja RR conforme mostra a Figura 2:

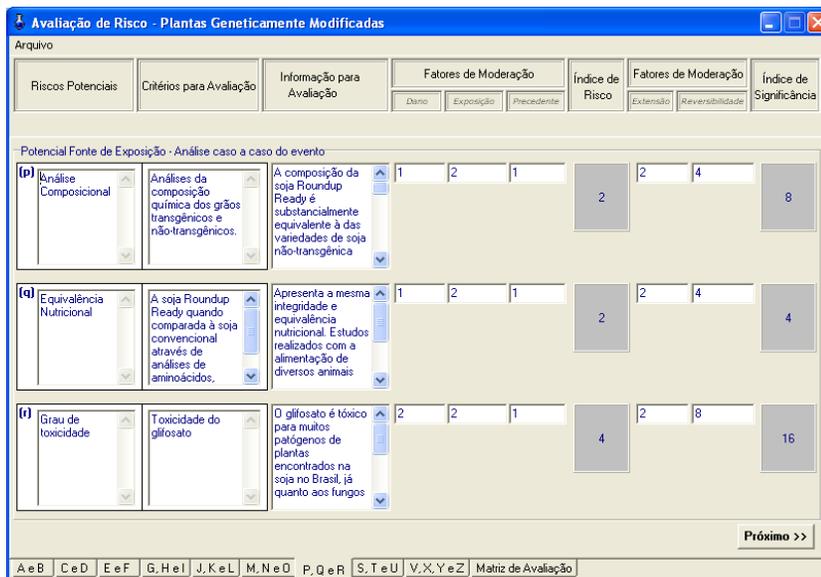


Figura 1 – Parâmetros analisados para o estudo de caso da Soja RR



Figura 2 – Matriz de avaliação de risco

#### 4. CONCLUSÕES

A partir da análise do caso da soja GM resistente ao glifosato com o Método GMP-RAM foi possível concluir que não existe risco potencial para a segurança alimentar e ambiental, caso algumas medidas de manejo e monitoramento sejam seguidas. No caso dos parâmetros gerais da avaliação de risco montamos a seguinte lista de recomendação: quanto à possibilidade de “Geração de linhagens com aspectos de planta daninha” (parâmetro ‘e’), não existe a possibilidade de retorno à condição anterior a este dano. Neste caso é recomendada a

diminuição da quantidade de herbicida aplicado. Já com relação ao parâmetro (f) que aborda resistência e seletividade: o manejo recomendado seguiria no sentido de garantir o isolamento e a segurança da propriedade com o objetivo de diminuir a probabilidade de fluxo gênico que ocasionaria a disseminação da característica de resistência e comprometeria o manejo e o controle de espécies daninhas. As recomendações referentes aos parâmetros específicos: parâmetro (p): a matriz sugere o monitoramento constante, pois, embora haja equivalência substancial, a utilização do transgênico para a alimentação humana inspira acompanhamento. Parâmetro (r): como o glifosato é tóxico para muitos patógenos de plantas e fungos, seu emprego excessivo pode afetar o ecossistema de modo irreversível. Portanto, recomenda-se maior controle na aplicação do glifosato.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUKE, S. O.; SCHEFFLER, B. E.; BOYETTE, C. D.; LYDON, J.; OLIVA, A. HERBICIDES: BIOTECHNOLOGY FOR CONTROL OF WEEDS. IN: J. R. PLIMMER; D. W. GAMMON; N. N. Ragsdale. (Org.). Encyclopedia of Agrochemicals. New York: John Wiley & Sons, v. 2, p. 733-744, 2003.

GAZZIERO, D. L. P. Soja transgênica: o que muda no manejo de plantas daninhas. In: Congresso Brasileiro de Soja, 4, 2006, Londrina, PR. Anais... Londrina, PR: Embrapa Soja, p. 156, 2006.

JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. A proposed Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants. Applied Biosafety (<http://www.absa.org>), v. 11(3), pp. 127-137; 2006.

JESUS-HITZSCHKY, K.R.E.; CREMONEZI, S.M.N. ; LIMA, D.U. Método GMP-RAM para avaliação dos riscos ambientais de plantas geneticamente modificadas (PGM): estudo de caso do mamão resistência ao vírus da mancha anelar. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 60 p. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim\\_45.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_45.pdf)>. Acesso em: 7 jan. 2008.

PADGETTE, S. R.; TAYLOR, N. B.; NIDA, D. L.; BAILEY, M. R.; MACDONALD, J.; HOLDEN, L. R.; FUCHS, R. L. 1996. A composição de sementes de soja tolerantes ao glifosato é equivalente à da soja convencional. Journal of Nutrition 126:702-716.

ROGERS, S. G. Biotechnology and the soybean. Am. J. Clin. Nutr, v. 68, p. 1330-1332, 1998.

TAYLOR, N. B.; FUCHS, R. L.; MACDONALD, J.; SHARIFF, A. R.; PADGETTE, S. R. Análise composicional de soja tolerante ao glifosato tratada com glifosato. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 47, p. 4469-4473, 1999.

TOUBIA-RAHME H. ; ALI-HAIMOUD D.-E. ; BARRAULT G. ; ALBERTINI L. ; Inhibition of *Drechslera teres* sclerotoid formation in barley straw by application of glyphosate or paraquat. *Plant Dis.* 79, 595-598.

WYSS, G. S.; MULLER-SCHARER, H. Effects of selected herbicides on the germination and infection process of *Puccinia lagenophora*, a biocontrol pathogen of *Senecio vulgaris*. Biol.