

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DA SOJA EM SISTEMA CONVENCIONAL E EM MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E DE DOENÇAS (MIP-MID) POR MEIO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

K. L. GARCIA¹, M. I. S. FOLEGATTI-MATSUURA², M. U. VENTURA¹, R. RALISCH¹, J. PICOLI², L. S. BARRANTES², A. ASSUMPCIÓ³

¹ Universidade Estadual de Londrina, kassiorgl@hotmail.com

² Embrapa Meio Ambiente

³ Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

Resumo: O controle fitossanitário sempre foi uma preocupação na atividade agrícola, entretanto, o risco que os agrotóxicos oferecem ao meio ambiente e à saúde humana é intensamente debatido pela sociedade. Uma alternativa para redução desses riscos são os sistemas integrados de controle, que diminuiriam o impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho ambiental, empregando a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), do controle calendarizado em soja, comparada à produção de soja em um sistema de Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIP-MID). O inventário do sistema convencional (calendarizado) foi produzido por meio de consultas a produtores da microbacia do Ribeirão Lagosta, no município de Rolândia – PR, e o inventário do sistema MIP-MID, por meio de dados obtidos junto ao programa estadual de boas práticas agrícolas. A modelagem de emissão dos pesticidas foi à recomendada pelo Ecoinvent, com emissão de 100% dos pesticidas para solo. A avaliação dos impactos foi realizada pelo software SimaPro v. 8.4.0.0. para quatorze categorias de impactos. O sistema MIP-MID apresentou melhor desempenho ambiental em todas as categorias de impacto, com destaque para as categorias de depleção da camada de ozônio, ecotoxicidade terrestre e de água doce e toxicidade humana. O desempenho ambiental do manejo convencional foi comprometido principalmente pela presença de um número maior de pesticidas, em particular Fipronil, Azoxistrobina e Cipermetrina. Portanto, conclui-se que adotar técnicas alternativas de controle, como MIP-MID, além da escolha adequada dos insumos, é fundamental para melhorar o desempenho ambiental na produção de soja.

Palavras-chave: Pesticida, manejo integrado de pragas, manejo integrado de doenças, toxicidade, meio ambiente.

Introdução

O controle fitossanitário sempre foi uma preocupação na atividade agrícola, devido ao risco que os pesticidas oferecem ao meio ambiente e à saúde humana, questões cada vez mais observadas pela sociedade. Os debates, que vão desde a falta de fiscalização à conscientização de produtores, sempre partem do fato de se estar utilizando quantidades excessivas e desnecessárias desses produtos e da preocupação de como lidar com suas consequências atuais e futuras ao meio ambiente e à sociedade.

O uso generalizado de pesticidas, em distintas condições ambientais, tem originado problemas que há tempos estão sendo notados, tais como a contaminação de solos e águas, intoxicação de trabalhadores rurais, entre outros. Além de ser encarado, do ponto de vista da comunidade científica, da imprensa e do grande público, como uma das principais problemáticas dos impactos ambientais da agricultura (RODRIGUES, 2003).

Por meio da conscientização sobre o risco do uso desses produtos, há uma tendência de se substituir os mais tóxicos por produtos mais seguros. Em certos casos, apenas a substituição de produtos, em outros, adotando práticas de manejos específicas, busca-se reduzir impactos ambientais e à saúde humana.

São alternativas para a redução desses riscos os sistemas integrados de controle – Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Manejo Integrado de Doenças (MID) – que propõem uma combinação de diferentes estratégias de proteção de plantas, potencialmente capazes de diminuir a toxicidade e outros impactos ambientais geradas pelo uso excessivo de agrotóxicos, sem comprometer a produção agrícola (CHENDLER et al., 2011).

Por ser uma metodologia que estima o desempenho ambiental por meio da quantificação de materiais consumidos e de emissões geradas nos processos produtivos envolvidos no ciclo de vida de um produto e por agregar um grande conjunto de impactos ambientais, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem sido uma importante ferramenta de avaliação ambiental no setor agrícola. Esta metodologia também possibilita a identificação e aperfeiçoamento de estratégias de manejo de maior eficiência ambiental - no caso deste estudo, os manejos integrados de controle.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho ambiental da produção de soja em sistema calendarizado e com os manejos integrados de pragas e doenças (MIP-MID).

Materiais e Métodos

Definição do objetivo e escopo

O estudo foi realizado conforme a norma ABNT NBR ISO 14044 (ABNT, 2009). Seu objetivo foi comparar o desempenho ambiental da soja em manejo calendarizado de pragas e doenças e adotando MIP-MID. Para o manejo calendarizado considerou-se o sistema produtivo modal representativo da região da microbacia do Ribeirão Lagosta, no município de Rolândia – PR; para o MIP-MID, adotou-se a recomendação do programa estadual de boas práticas agrícolas.

O escopo do estudo atende aos seguintes requisitos:

- a) Sistema de produto: corresponde aos processos produtivos de grãos de soja e seus insumos.
- b) Função: produzir grãos de soja.
- c) Unidade de referência: 1 de kg de grãos de soja.
- d) Fontes de dados: os dados da produção com manejo calendarizado de controle de grãos de soja foram obtidos por entrevista direta a produtores rurais da região em estudo. O sistema de produção modal foi definido por especialistas, analisando-se os resultados das entrevistas, e por consulta à literatura técnica. Os dados do inventário de MIP-MID foram obtidos junto ao programa estadual de boas práticas agrícolas. As informações sobre produção de insumos e diesel advieram da base Ecoinvent v. 3.3.
- e) Critério de qualidade dos dados.
Cobertura geográfica: microbacia do Ribeirão Lagosta, no município de Rolândia – PR.
Cobertura temporal: safras agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017.
Cobertura tecnológica: sistema de plantio direto e sistema de manejo integrado de pragas e doenças (MIP-MID).
- f) Fronteira do sistema de produto: adotou-se uma abordagem *Cradle to Gate* (do berço à porteira). Os processos abrangidos pelo sistema de produto foram a produção de grãos de soja e a produção de insumos agrícolas (incluindo óleo diesel).
- g) Método de avaliação dos impactos do ciclo de vida: foi adotado o método ReCiPe Midpoint (H) V1.13 / World ReCiPe H, desconsiderando-se as categorias de impacto não pertinentes à natureza dos processos principais em estudo. Foi usado como software de apoio o SimaPro, versão 8.4.0.0.

Inventário do Ciclo de Vida

Para a elaboração do inventário de produção de grãos, foram consideradas as práticas de correção do solo, aplicação de fertilizantes, semeadura, aplicação de pesticidas e colheita. Assumiu-se que as fontes de nitrogênio, fósforo e potássio das formulações de NPK foram amônia anidra, com 83% de N; ácido fosfórico, com 62% de P₂O₅; e cloreto de potássio, com 60% de K₂O. Quanto à produção de sementes, foi considerado o mesmo sistema de cultivo que o adotado para a produção de grãos. O consumo de diesel foi calculado para todas as operações agrícolas. Quanto ao manejo em que se aplicou MIP-MID, os dados de manejo da fertilidade foram os mesmo que no convencional, alterando apenas o manejo de pesticidas.

As emissões foram estimadas conforme os modelos presentes na literatura científica (CANALS, 2003; IPCC, 2006; NOVAES et al., 2017). Para as emissões de pesticidas foi considerada a modelagem recomendada pelo Ecoinvent, 100% das substâncias emitidas ao solo (NEMECEK & SCHNETZER, 2011). Em estudo posterior pretende-se, para as emissões de pesticidas, aplicar a modelagem do PestLCI (DJKMAN et al., 2012).

Os inventários da produção de insumos agrícolas e de óleo diesel corresponderam aos disponíveis na base de dados Ecoinvent v. 3.3, adequados para as condições brasileiras.

Resultados

Inventários do Ciclo de Vida

Nas tabelas 1 e 2 constam os inventários completos dos processos de produção de soja pelos manejo calendarizado e MIP-MID, gerados pelo estudo.

Como pode ser observado, o número de produtos fitossanitários e coadjuvantes é bem maior no manejo calendarizado (17 no total: 2 herbicidas; 8 inseticidas; 6 fungicidas; 1 óleo mineral), comparado ao manejo por MIP-MID (7 no total: 2 herbicidas; 2 inseticidas; 2 fungicidas; 1 óleo mineral). Quando ambos os sistemas empregam o mesmo pesticida (Glifosato, 2,4 D, Azoxistrobina, Benzovindiflupir), o volume de produto aplicado por quilograma de soja é o mesmo. Por empregar maior volume total de agrotóxicos, o manejo calendarizado consome um volume maior de agentes coadjuvantes e água (para calda). Pelo maior número de aplicações de agrotóxicos, o consumo de diesel do manejo convencional também é mais elevado.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

Das catorze categorias de impacto analisadas, onze foram pouco afetadas pela diferença de manejo na produção de soja. Isto é facilmente explicável pelo fato de os manejos diferirem apenas quanto ao número e volume de pesticidas empregados em cada sistema, assim como ao número de operações agrícolas e ao volume de diesel consumido (Figura 1).

Ao analisar as principais substâncias a contribuírem com as categorias de impactos nas quais os sistemas de produção divergiram, observa-se que para a categoria de depleção da camada de ozônio as principais são CFC-10 e Halon 1301, provenientes principalmente dos processos de produção de pesticidas e produção de fertilizantes e corretivos.

Quanto à categoria de ecotoxicidade terrestre as principais substâncias são pesticidas, destas, somente quatro (Cipermetrina, utilizado para a produção de sementes, Azoxistrobina, Lambda-cialotrina e 2,4D), são empregadas e geram impactos equivalentes em ambos os manejos. Os pesticidas Fipronil e Bifentrina que foram empregados apenas no sistema convencional, tiveram grande efeito neste impacto. Outros pesticidas, assim como alguns metais pesados, afetaram, mas com importância menor, a categoria EcT (Figura 2).

Já quanto à ecotoxicidade de água doce (Figura 3), dentre as principais substâncias impactantes, sete são metais pesados provenientes de fertilizantes e operações agrícolas e oito são pesticidas. Nota-se que a principal substância a diferenciar os desempenhos dos manejos dentro desta categorial é novamente o Fipronil.

Na categoria de toxicidade humana o manejo MIP-MID também apresentou menor impacto que o convencional, mesmo sendo os metais pesados provenientes dos fertilizantes as principais substâncias geradoras de impacto. O que diferenciou o desempenho dos manejos foi o uso de Fipronil, uma substância usada apenas no manejo convencional, com a função de inseticida.

Tabela 1. Inventário de produção de grãos de soja em manejo calendarizado: entradas.

Entradas do Sistema	Total
Saídas para tecnosfera	
Grãos de Soja (kg)	1,00E+00
Recursos da natureza	
Ocupação, cultura anual (m ² a)	2,38E+00
Área transformada, de cultura anual (m ²)	2,38E+00
Área transformada, para cultura anual (m ²)	5,95E-01
Área transformada, pastagem (m ²)	7,14E-01
Dióxido de carbono, no ar (kg)	1,40E+00
Energia, na biomassa (MJ)	2,05E+01

Tabela 2. Inventário de produção de grãos de soja em manejo MIP-MID: entradas.

Entradas do Sistema	Total
Saídas para tecnosfera	
Grãos de Soja (kg)	1,00E+00
Recursos da natureza	
Ocupação, cultura anual (m ² a)	2,38E+00
Área transformada, de cultura anual (m ²)	2,38E+00
Área transformada, para cultura anual (m ²)	5,95E-01
Área transformada, pastagem (m ²)	7,14E-01
Dióxido de carbono, no ar (kg)	1,40E+00
Energia, na biomassa (MJ)	2,05E+01



Recursos da tecnosfera	
Semeadura	
Sementes (kg)	1,19E-02
Inoculante (kg)	2,38E-05
Fertilizantes	
Calcário (kg)	4,93E-01
Nitrogênio (kg)	9,88E-04
Fósforo - P ₂ O ₅ (kg)	7,38E-03
Potássio - K ₂ O (kg)	6,21E-03
Enxofre (kg)	2,98E-03
Boro (kg)	1,19E-04
Agrotóxicos	
Glifosato (kg)	7,32E-04
2,4 D (kg)	1,59E-04
Fipronil (kg)	1,19E-05
Tiametoxam (kg)	1,34E-05
Lambda-Cialotrina (kg)	1,01E-05
Imidacloprido (kg)	2,38E-05
Bifentrina (kg)	4,76E-06
Clorantraniliprole (kg)	2,38E-06
Teflubenzurom (kg)	5,36E-06
Amabectina (kg)	3,21E-06
Piraclostrobina (kg)	1,70E-05
Metil Tiofanato (kg)	1,07E-05
Epoxiconazol (kg)	1,31E-05
Azoxistrobina (kg)	1,43E-05
Benzovindiflupir (kg)	7,14E-06
Óleo Mineral (kg)	4,28E-04
Total de pesticidas (kg)	1,46E-03
Água (m3)	3,35E-02
Operações Agrícolas	
Calagem (ha)	1,19E-04
Plantio (ha)	2,38E-04
Aplicação de pesticidas (ha)	1,67E-03
Colheita (ha)	2,38E-04
Tranporte Interno	
Transporte (tkm)	3,12E-03
Água Evaporada na Secagem de Grãos	
Água evaporada do grão de soja (kg)	3,35E-02

Recursos da tecnosfera	
Semeadura	
Sementes (kg)	1,19E-02
Inoculante (kg)	2,38E-04
Fertilizantes	
Calcário (kg)	4,93E-01
Nitrogênio (kg)	9,88E-04
Fósforo - P ₂ O ₅ (kg)	7,38E-03
Potássio - K ₂ O (kg)	6,21E-03
Enxofre (kg)	2,98E-03
Boro (kg)	1,19E-04
Agrotóxicos	
Glifosato (kg)	7,32E-04
2,4 D (kg)	1,59E-04
Acefato (kg)	1,25E-04
Azoxistrobina (kg)	1,43E-05
Benzovindiflupir (kg)	7,14E-06
Óleo Mineral (kg)	1,22E-04
Total de pesticidas (kg)	1,16E-03
Água (m3)	1,43E-03
Operações Agrícolas	
Calagem (ha)	1,19E-04
Plantio (ha)	2,38E-04
Aplicação de pesticidas (ha)	7,14E-04
Colheita (ha)	2,38E-04
Tranporte Interno	
Transporte (tkm)	3,12E-03
Água Evaporada na Secagem de Grãos	
Água evaporada do grão de soja (kg)	3,35E-02

Figura 1. Desempenho ambiental da soja produzida em manejo calendarizado e MIP-MID, por categoria de impacto.

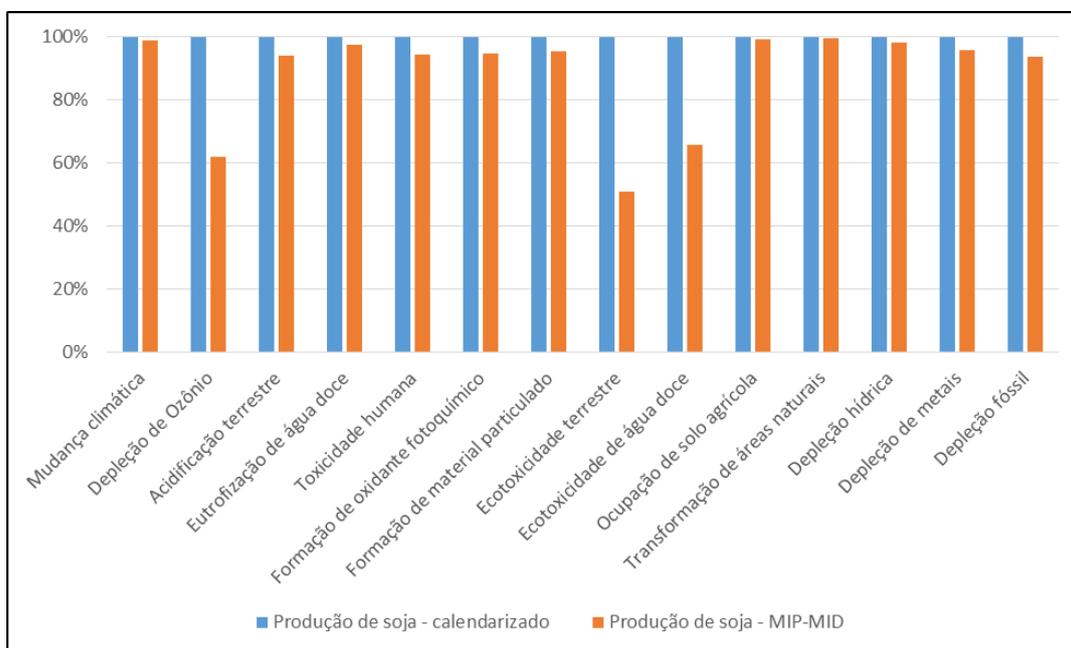


Figura 2. Principais substâncias a contribuir com a categoria de impacto ecotoxicidade terrestre.

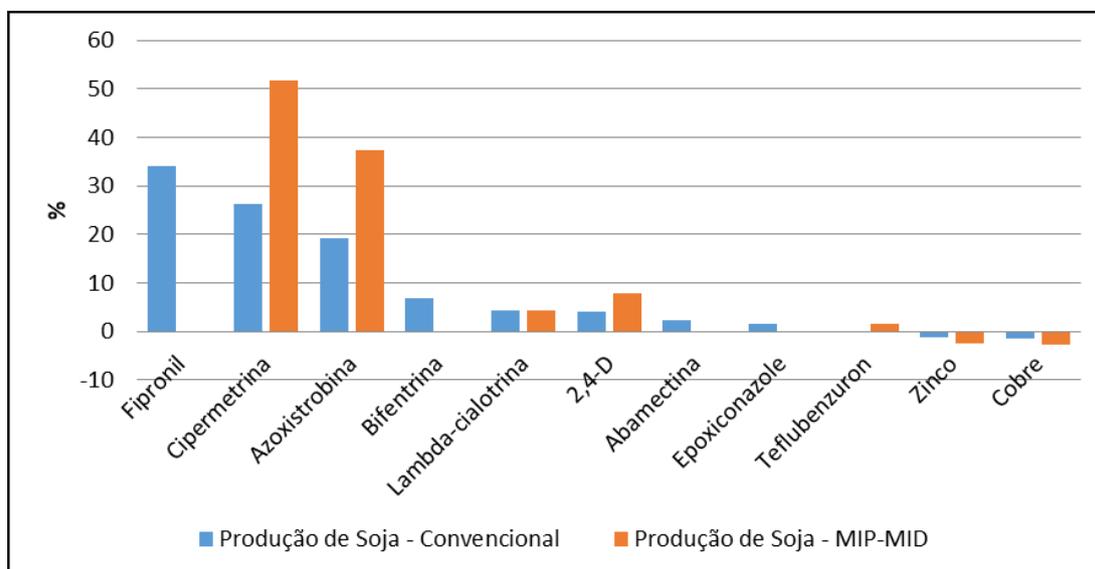
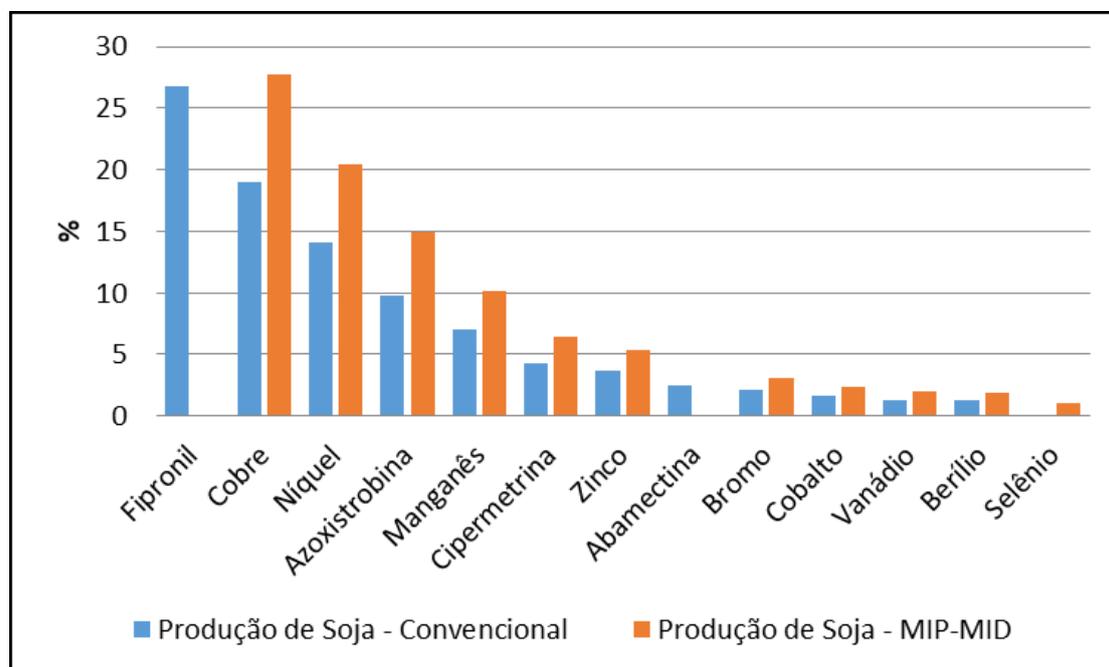


Figura 3. Principais substâncias a contribuírem com a categoria de ecotoxicidade de água doce.



Conclusões

Técnicas de manejos que visam diminuir o aporte de agrotóxicos, como o MIP-MID, pode melhorar o desempenho ambiental do cultivo da soja. A presença de agrotóxicos, em particular Fipronil, Azoxistrobina e Cipermetrina, no sistema de produção da soja compromete o seu desempenho ambiental, particularmente nas categorias ecotoxicidade terrestre e ecotoxicidade de água doce e toxicidade humana. Por tanto, além da importância de se adotar técnicas de controle alternativas, como MIP-MID, a escolha adequada dos insumos é fundamental para melhorar o desempenho ambiental na produção de soja.

Referências

- CANALS, L. M. **Contributions to LCA methodology for agricultural systems**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. 2003.
- CHANDLER, D.; BAILEY, A.S.; TACHELL, G. M.; DAVIDSON, G.; GREAVES, J.; GRANT, W. P. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. **Philosophical Transactions of the royal society B**. n. 366, p 1987-1998. 2011.
- DIJKMAN, T. J.; BIRKVED, M.; HAUSCHILD, M. Z. PestLCI 2.0: a second generation model for estimating emissions of pesticides from arable land in LCA. **International Journal of Life Cycle Assess**. n. 17, p 973-986. 2012.
- RODRIGUES, G. S. Agrotóxico e contaminação ambiental no Brasil. In: CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S.; SOARES, P. R.; GHINI, R.; BETTIOL, W.; **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. 1 ed. Jaguariúna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 217-266.
- IPCC. N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from lime and urea application. In: IPCC. **Guidelines for national greenhouse gas inventories: Agriculture, forestry and other land use**. Japan: IPCC, v. 4, p.11.1-11.54. 2006a.



NEMECEK, T.; ELIE, O. H.; DUBOIS, D.; GAILLARD, G.; SCHALLER, B.; CHERVET, A. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II, Extensive and intensive production. **Agricultural Systems**, v. 104, n. 3, p. 233-245, mar. 2011.

NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; BRANDÃO, M.; ALVEZ, B. J. R.; MAY, A.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Estimating 20-year land change and CO2 emission associated with crops, pasture and forestry in Brasil and each of its 27 states. **Global Change Biology**, 23, p. 3716-3728, fev. 2017.