

Estudo da variabilidade do impacto ambiental devido à produção de soja em relação ao tempo

José Tomadon Junior (UTFPR – CP) jtjunior@utfpr.edu.br
Giovanna Gabriela Crem Silva (UTFPR-CP) giovannacrems@hotmail.com
Ramon de Andrade Gonçalves (UTFPR – CP) ramon_deandrade@hotmail.com

Resumo:

O crescimento da produção de soja é perceptível ao longo dos anos, devido principalmente ao aumento da demanda do grão como fonte de proteínas, óleo comestível e como matéria-prima na produção de biocombustíveis. A produção da soja é baseada em um sistema de agricultura moderna, extremamente mecanizada, na qual o consumo de energia fóssil, fertilizantes químicos e agrotóxicos é bastante elevado. Neste contexto, a cada nova safra são utilizados diferentes tipos de defensivos agrícolas devido à necessidade de controlar diferentes pragas que podem acometer a plantação. Com isso é importante realizar uma avaliação dos impactos ambientais por eles causados. Este estudo pretende analisar a variabilidade do potencial impacto ambiental do sistema de produção de soja em relação ao tempo. Para tanto, foram coletados dados primários de defensivos agrícolas, fertilizantes, diesel e sementes. Logo, para realizar a avaliação dos impactos causados ao ambiente foi utilizada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Os dados obtidos foram organizados em um inventário. O potencial impacto ambiental deste sistema foi calculado pelo método ReCiPe em ponto médio. Com a análise dos resultados, observou-se uma variabilidade do impacto ambiental no tempo, principalmente nas categorias relacionadas à toxicidade. Como o sistema agrícola estudado constitui-se em um sistema aberto, é suscetível a diversas pragas o que requer tipos diferentes de defensivos entre as safras. Estes apresentam diferentes potenciais de toxicidade humana e ambiental, sendo necessário um maior cuidado ao se avaliar os impactos desse sistema ao longo do tempo.

Palavras-chave. Soja; Avaliação do Ciclo de Vida; Toxicidade Humana; Ecotoxicidade; Impacto Ambiental.

Study of the variability of the environmental impact due to the soybean production in relation to time

Abstract:

The growth of soybean production is noticeable over the years, mainly due to increased grain demand as a source of protein, edible oil and as a raw material in the production of biofuels. The soybean production is based on a modern agricultural system, highly mechanized, in which the consumption of fossil fuels, chemical fertilizers and pesticides is very high. In this context, every new crop are used different types of pesticides because of the need to control different pests that can affect planting. It is important to conduct an assessment of the environmental impacts caused by them. This study will analyze the variability of the potential environmental impact of soybean production system over time. Therefore, we collected primary data of pesticides, fertilizer, diesel and seeds. Therefore, to carry out the assessment of impacts on the environment was used Life Cycle Assessment (LCA). The data were organized in an inventory. The potential environmental impact of this system was calculated by ReCiPe method in midpoint. With the analysis of the results, there was a variability of the environmental impact in time, especially in the categories related to toxicity. As the agricultural system is an open system it is susceptible to various pests, which requires different types of pesticides

between crops. These have different potential human and environmental toxicity, requiring greater care in assessing the impact of this system over time.

Key-words: soybean; Life Cycle Assessment; Human Toxicity; Ecotoxicity; Environmental impact.

1. Introdução

Dentre todas as oleaginosas cultivadas mundialmente, a soja (*Glucine max. L. Merrill*) é a mais importante e participa também do conjunto das principais atividades agrícolas do mundo. Isto ocorre devido à demanda pelo grão como fonte de proteínas para consumo animal, através de farelo de soja, além da sua utilização na forma de óleo comestível e como matéria-prima na produção de biocombustíveis.

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de soja, tendo produzido, de acordo com o levantamento da Conab (2015), um volume de 96.243,3 mil toneladas na safra de 2014/15, representando um incremento de 11,8% em relação à produção total do grão na safra anterior. Isto deriva do aumento de área plantada: 32.093,1 mil hectares na safra de 2014/15, o que corresponde a um crescimento de 6,4% em relação ao ano anterior.

Na safra de 2004/05, a área utilizada para a cultura de soja no Brasil era de 23.301,1 mil hectares (CONAB, 2005). Observando-se juntamente à safra 2014/15, é possível verificar um acréscimo de 8.792 mil hectares, ou seja, a área destinada à produção de soja cresceu 37,7% em um período de 10 anos. Devido a esta expansão, o consumo de defensivos agrícolas para a cultura de soja cresceu continuamente, como apresenta a Figura 1. Destaca-se que o uso de defensivos agrícolas na agricultura brasileira é bastante elevado, sendo o cultivo de soja o seu principal consumidor (IEA, 2015).

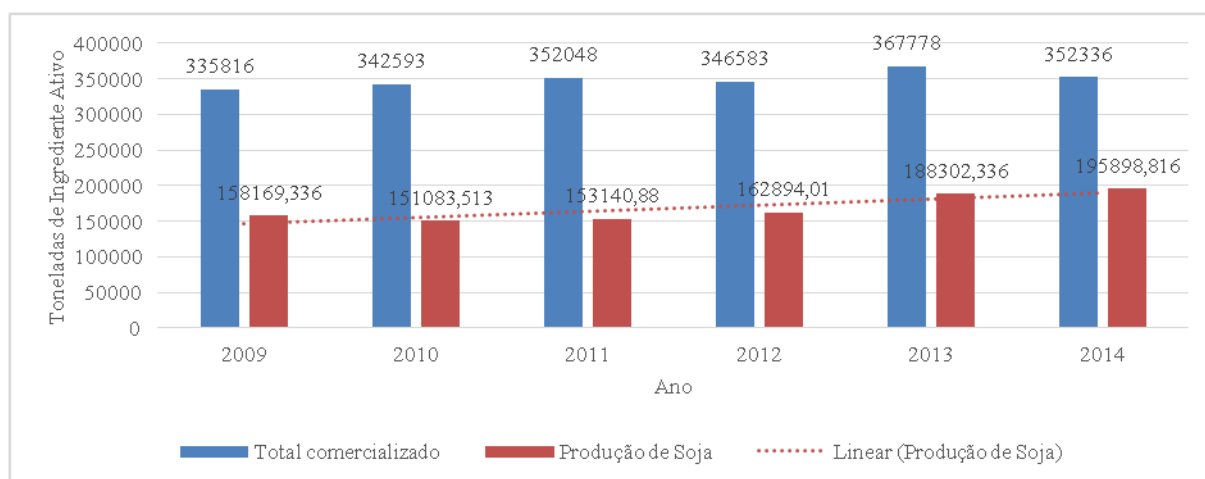


Figura 1 - Vendas de defensivos agrícolas no Brasil, nos anos de 2009 a 2014, em toneladas de Ingrediente Ativo total comercializado e montante destinado à cultura de soja.

Nota: Dados retirados do Instituto de Economia Agrícola (2015).

A produção de soja é realizada sob um sistema de agricultura moderna industrial, em que o consumo de energia fóssil, insumos industriais, fertilizantes químicos e agrotóxicos é extremamente elevado. É totalmente mecanizada, acarretando baixa necessidade de mão-de-obra, e faz uso de variedades geneticamente modificadas de alto potencial produtivo além de muitos outros recursos não renováveis. Os resultados apontam a produção agrícola de soja

como a etapa que utiliza a maior quantidade de recursos e, consequentemente, representa a maior parte impacto ambiental avaliado (CAVALETT, 2008).

Além disso, como observa-se nos dados apresentados pela Figura 1, a cultura de soja é responsável pelo consumo de mais da metade de todo o defensivo agrícola comercializado nacionalmente. Salienta-se, neste contexto, que a quantidade de insumos agrícolas utilizados, principalmente defensivos agrícolas, é variável a cada safra, a depender das diferentes pragas que podem acometer a plantação. A maioria destes produtos vendidos no Brasil atualmente apresenta elevado potencial toxicológico, sendo consideradas tanto a toxicidade humana quanto ambiental.

A partir das considerações realizadas, que mostram as altas taxas de utilização de defensivos agrícolas, a grande quantidade de recursos necessária para a produção da soja, aliadas à intensa expansão agrícola deste ramo, constata-se a necessidade de avaliar mais profundamente a variabilidade do impacto ambiental entre as safras da produção de soja em seu sistema agrícola.

Para realizar esta avaliação, pode-se utilizar a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Assim, sob a ótica da ACV, este estudo dará enfoque à variabilidade do impacto ambiental em relação ao tempo, causado pelo processo de produção de soja com sistema de Manejo Plantio Direto na região Oeste do Paraná, para as safras entre 2009 e 2013.

2. Materiais e Métodos

Para alcançar o objetivo deste estudo contou-se com a contribuição de uma Empresa (mantida anônima a pedido da mesma) que forneceu dados relativos às quantidades de insumos aplicados na produção de soja em fazendas para as quais prestava auxílio técnico. As informações obtidas correspondem às safras de 2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

As fazendas localizam-se na região Oeste do Paraná, sendo distribuídas entre os seguintes municípios:

- a) Cascavel;
- b) Cafelândia;
- c) Toledo;
- d) São Pedro do Iguaçu;
- e) Ouro Verde do Oeste;
- f) Assis Chateaubriand;
- g) Brasilândia do Sul.

Para compor o sistema agrícola de produção de soja foram coletados dados primários, ou seja, a quantidade real de insumo que foi aplicado nas safras estudadas. Nesta pesquisa foram consideradas as seguintes entradas da esfera tecnológica:

- a) Diesel;
- b) Fertilizantes químicos;
- c) Calcário;
- d) Defensivos agrícolas;
- e) Sementes.

Entre as entradas conhecidas da natureza, tem-se o dióxido de carbono presente no processo de sequestro de carbono da atmosfera. Para quantizá-lo considerou-se uma produção de 4,6 toneladas de matéria seca por hectare na produção de soja (PADUA, 2005), cujo teor de carbono é de 45%. Tem-se ainda que para cada quilo de carbono na matéria seca são necessários 3,66 kg de CO₂ da atmosfera. (EMBRAPA, 2011).

As saídas do sistema agrícola foram divididas em: efluentes líquidos, emissões atmosféricas, e emissões para o solo. Como efluente líquido foram identificadas emissões de nitrato, fósforo e de defensivos agrícolas. Para quantificar o montante de nitrato lixiviado utilizou-se o modelo SQCB, como recomendado por Nemecek e Schnetzer (2011). Da mesma forma, o cálculo da quantidade de fosfato perdida para a água foi realizado tendo em vista o modelo proposto por Nemecek e Schnetzer (2011).

No âmbito das emissões atmosféricas, a quantidade de nitrato emitida devido ao uso de fertilizantes orgânicos e minerais e aos resíduos das colheitas foi calculada baseando-se nas recomendações de Nemecek e Schnetzer (2011), de acordo com IPCC 1996/2001 vs. 2006, sendo desconsiderada a volatilização da amônia, uma vez que não houve aplicação de fertilizantes a base de amônia no estudo considerado. Também foi estimada a emissão de óxido nitroso, que é produzido durante os processos de desnitrificação do solo, de acordo com as propostas de Nemecek e Schnetzer (2011).

As emissões de dióxido de carbono na atmosfera, devido a oxidação da matéria orgânica, foram baseadas nas informações fornecidas por Cavalett (2010). De acordo com ele, são produzidos 230 kg de dióxido de carbono por hectare de soja cultivada.

As emissões geradas pela queima de diesel foram coletadas de Winther *et al.* (2013), como apresentado na Tabela 1 a seguir.

Substância	Emissões (g/t de diesel queimado)
N ₂ O	136
NO _x	35043
CO	10939
CO ₂	3160
CH ₄	55
NH ₃	8
NM VOC	3366
PM ₁₀	1738
PM _{2,5}	1738
TSP	1738

Tabela 1 – Emissões devido a queima de diesel
Fonte: Winther *et al.* (2013)

Neste estudo foram consideradas emissões de defensivos agrícolas para água e solo. Para determinar o destino dos defensivos aplicados na lavoura foi utilizada a heurística proposta por Lewis, Newbold e Tzilivakis (1999), de modo adaptado, considerando-se que:

- De todo o defensivo aplicado, estima-se que 40% destina-se à cultura de soja e 60% ao solo;
- Do total de defensivos que vai para a cultura, 20% é absorvido pela cultura e 80% é perdido por drenagem, podendo atingir águas subterrâneas e superficiais;
- Do total de defensivos destinado ao solo, 90% é absorvido por ele, 5% é perdido por drenagem e 5% é perdido por erosão.

Seguindo a heurística descrita acima, foram totalizadas as frações dos defensivos aplicados: 57% destes devem atingir o solo e cerca de 35% tem como destino águas subterrâneas e superficiais.

Os dados coletados foram organizados em tabelas com informações e quantidades dos insumos aplicados. A partir dos dados foi possível a construção de inventários da produção de

soja, sob a perspectiva da ACV, no qual estruturou-se as entradas e saídas do sistema agrícola. Os inventários foram feitos individualmente para cada safra, possibilitando a comparação do potencial impacto ambiental causado por cada uma delas, e o estudo da variabilidade deste impacto com o tempo.

O potencial impacto ambiental do sistema agrícola Produção de Soja foi calculado empregando o método ReCiPe para a Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV), em ponto médio, individualista. As categorias de impacto consideradas são: eutrofização de água doce; eutrofização marinha; toxicidade humana; ecotoxicidade terrestre; ecotoxicidade de água doce; ecotoxicidade marinha; ocupação do solo agrícola.

3. Resultados e Discussão

Devido à grande quantidade de dados obtidos, serão apresentados neste artigo apenas aqueles referentes às médias do potencial impacto de cada uma das safras estudadas e o resultado da avaliação normalizada, de modo a propiciar a análise da variabilidade temporal do impacto ambiental devido ao sistema agrícola de produção de soja.

Com os resultados da avaliação de impacto normalizada foi possível identificar as categorias que apresentam maior impacto ao sistema Soja. Estas foram:

- Eutrofização de água doce;
- Eutrofização marinha;
- Toxicidade humana;
- Ecotoxicidade terrestre;
- Ecotoxicidade de água doce;
- Ecotoxicidade marinha;
- Ocupação do solo agrícola.

A Figura 2 apresenta o resultado do impacto ambiental causado pelo sistema soja em cada uma das categorias mencionadas ao longo das safras consideradas no escopo do estudo.

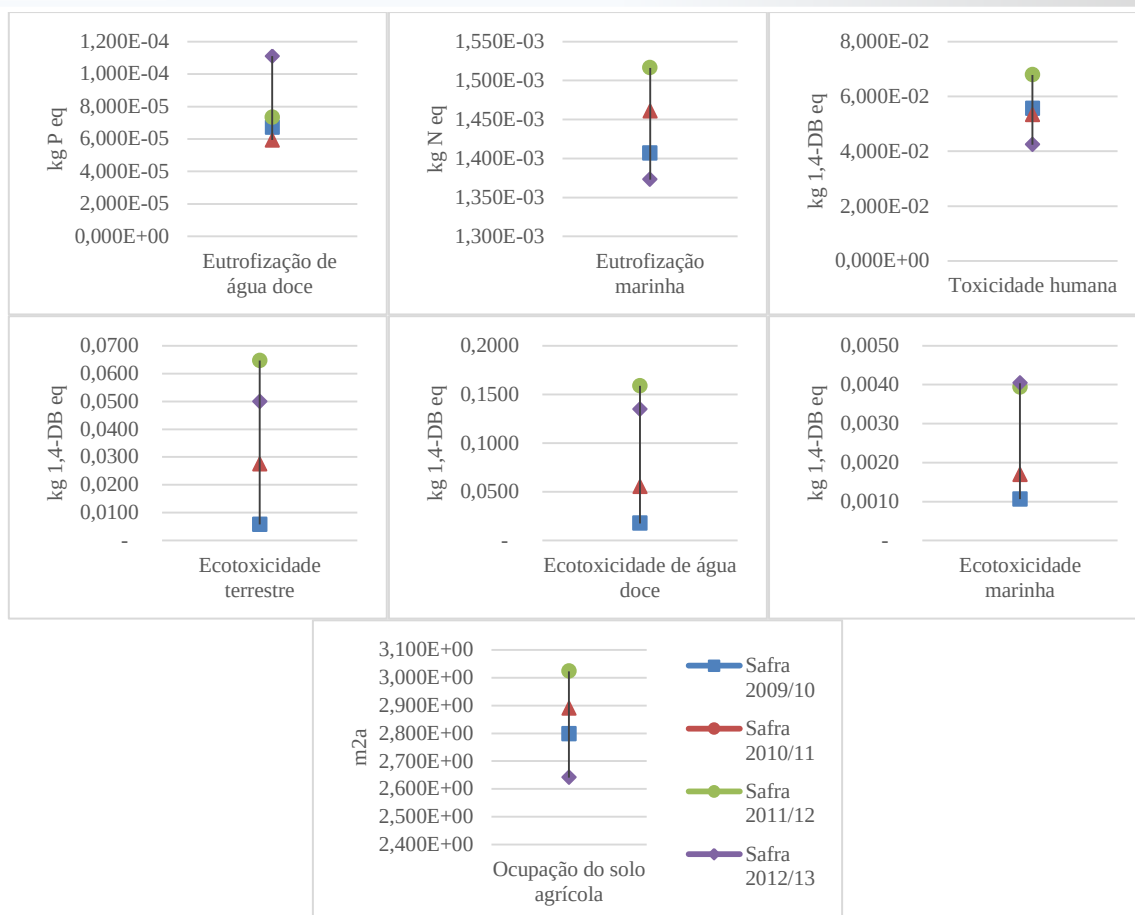


Figura 2 - Média do potencial impacto ambiental das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/13, nas categorias de impacto considerada.

Analisando-se a Figura 2, é possível perceber que existe uma variabilidade significativa no potencial impacto ambiental dentro das categorias de impacto, entre uma safra e outra. Verifica-se também que as categorias que obtiveram maior variabilidade entre as safras foram: ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade de água doce e ecotoxicidade marinha.

Tomando a categoria de impacto ecotoxicidade de água doce, enquanto na safra 2009/10 o impacto foi mínimo (de 0,0177 kg 1,4-DB equivalente), na safra 2011/12 o potencial impacto observado foi nove vezes maior, chegando a 0,1345 kg 1,4-DB equivalente. Para a ecotoxicidade terrestre, nota-se um impacto mínimo de 0,0058 kg 1,4-DB equivalente na safra 2009/10, enquanto na safra 2011/12 o potencial impacto foi onze vezes maior, no valor de 0,0646 kg 1,4-DB equivalente. Finalmente, para a categoria ecotoxicidade marinha constata-se nas safras 2009/10 e 2012/13 um impacto ambiental de 0,0011 e 0,0040 kg 1,4-DB equivalente, respectivamente, o menor e o maior potencial impacto observado para tal categoria.

Tais resultados confirmam a variabilidade esperada do impacto ambiental ao longo do tempo. Isso ocorre porque a produção de soja é uma atividade dinâmica de sistema aberto, que sofre a ação de diversos fatores capazes de provocar mudanças nas necessidades de insumos de uma safra para a outra. Também apontam a importância de monitorar o sistema agrícola de produção de soja, visto que este apresenta variabilidade de impacto significativa, permitindo assim realizar a intervenção correta, de modo a reduzir os impactos causados pelo sistema ao meio ambiente e à saúde humana.

A Figura 3 apresenta a avaliação de impacto normalizada das safras estudadas, possibilitando melhor compreender a magnitude relativa do potencial impacto ambiental observado em cada categoria de impacto.

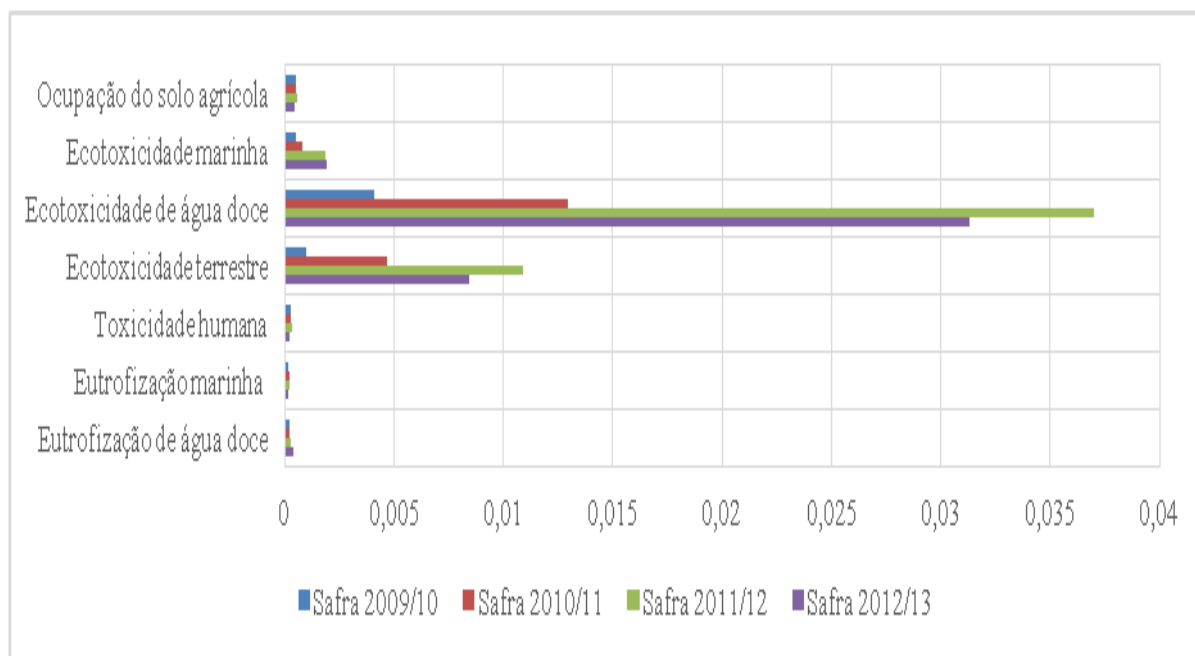


Figura 3 - Avaliação de Impacto normalizada das médias das safras consideradas.

A partir da Figura 3, observa-se que algumas categorias de impacto acabam sofrendo impactos ambientais muito maiores, quando comparadas às demais categorias, em uma avaliação normalizada. No cenário apresentado para a região Oeste do Paraná, as categorias relacionadas à toxicidade são as mais afetadas pelo uso dos defensivos agrícolas, principalmente ecotoxicidades de água doce e terrestre.

Constata-se ainda que nas safras 2011/12 e 2012/13 foram obtidos os maiores índices de impacto ambiental para as categorias de ecotoxicidade. Assim, procedeu-se com a análise das principais substâncias promotoras do potencial impacto ambiental nas safras estudadas, com o objetivo de detectar as possíveis causas da variabilidade temporal observada entre elas.

Para a categoria ecotoxicidade de água doce, verificou-se que a cipermetrina apresentou um impacto mínimo de 0,00003 kg 1,4-DB equivalente na safra 2009/10 e um impacto ambiental 290 vezes maior, de 0,00872 kg 1,4-DB equivalente, na safra 2011/12. O impacto desse defensivo agrícola nas safras 2010/11 e 2012/13 também foi bastante elevado. Da mesma forma, ele atuou no impacto das categorias ecotoxicidade terrestre e ecotoxicidade marinha.

Analisando-se, paralelamente, o potencial impacto ambiental causado pela cipermetrina e a informação trazida pela Figura 3, percebe-se que a utilização desta substância está diretamente relacionada com o impacto ambiental nas categorias de ecotoxicidade de água doce, terrestre e marinha. Assim, os dados apontam-na como o principal responsável pelo impacto ambiental nas categorias de ecotoxicidade.

Além da cipermetrina, outros defensivos agrícolas são apresentados como contribuintes para o impacto, tais como: metomil, carbendazim e tiram. O método ReCiPe aponta as emissões de

defensivos agrícolas como o principal agente causador do potencial impacto ambiental, com ênfase às categorias de ecotoxicidade.

Como a ecotoxicidade de água doce, terrestre e marinha foram as categorias de impacto mais afetadas, evidencia-se novamente a necessidade de monitorar o sistema agrícola de produção de soja, sem considera-lo estático, pois pôde-se notar que a variação na quantidade de determinados defensivos agrícolas utilizados nas safras resultou em grande variabilidade no potencial impacto causado pelas mesmas nestas categorias.

4. Conclusões

Os resultados apresentados por este artigo revelam a variabilidade do impacto ambiental em relação ao tempo, pois foram observadas variações significativas no impacto ambiental causado pelas safras 2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/13, da região Oeste do Paraná, em que as categorias de ecotoxicidade foram as mais afetadas.

A grande variabilidade de impacto apresentada nas categorias de ecotoxicidade entre as safras avaliadas (variação temporal), demonstra a necessidade de monitorar o sistema agrícola de produção de soja, principalmente no que se refere à utilização de defensivos agrícolas, pois estes foram apontados como os principais agentes promotores do potencial impacto ambiental ocasionado por este sistema. Para a região Oeste do Paraná, nas safras estudadas, destaca-se a substância cipermetrina como o maior contribuinte ao impacto nas categorias de ecotoxicidade.

O sistema de produção de soja é considerado aberto e, portanto, suscetível a diversos fatores externos. Entre estes, ressalta-se as diferentes pragas que podem acometer a plantação a cada safra, sendo necessária a aplicação de diferentes produtos (ingredientes ativos), em diferentes quantidades, para controla-las. Estes produtos terão potenciais de toxicidade diferentes, devendo-se a isto a variabilidade do impacto ambiental entre as safras.

Assim, percebe-se a importância da avaliação do impacto ambiental devido à produção agrícola de soja ao longo do tempo, servindo como base para a tomada de decisões, sobretudo no que compete à aplicação de defensivos agrícolas, pois estes apresentam elevado potencial toxicológico e podem atingir o meio ambiente, denegrindo seus ecossistemas e comprometendo a qualidade destes últimos.

5. Bibliografia

CAVALETT, O. *Análise do Ciclo de Vida da Soja*. 2008. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. *Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil*. Journal of Cleaner Production, Campinas, v. 18, p. 55-70, 2010.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 mar. 2016.

EMBRAPA. *Tecnologias de Produção de Soja – região central do Brasil 2012 e 2013*. Londrina: Embrapa Soja, 2011.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/>. Acesso em: 27 mar. 2016.

LEWIS, K. A.; NEWBOLD, M. J.; TZILIVAKIS, J. *Developing an emissions inventory from farm data*. Journal of Environmental Management, v. 55, p. 183-197, 1999.

NEMECEK, T.; SCHNETZER, J. *Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems*. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zurich, 2011.

PADUA, F. T. *et al.* *Produção de matéria seca e composição químico-bromatológica do feno de três leguminosas forrageiras tropicais em dois sistemas de cultivo*. Ciência Rural, v. 36, n. 4, p. 1253 – 1257, 2006.

WINTHER, M.; SAMARAS, Z.; ZIEROCK, K., LAMBRECHT, U. *Non-road mobile sources and machinery*. EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook. 2013.