



Risco tóxico e potencial perigo ambiental no ciclo de vida da produção de milho

Toxic risk and potential environmental hazard at the life cycle of the corn production

Rafael Pazeto ALVARENGA [1](#); Timóteo Ramos QUEIROZ [2](#); Jeniffer de NADAE [3](#)

Recibido: 21/07/16 • Aprobado: 20/08/2016

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia: escopo e procedimentos da ACV simplificada](#)
- [3. Agrotóxicos consumidos no ciclo de vida da produção de milho](#)
- [4. Potencial perigo ambiental e risco tóxico no ciclo de vida da produção de milho](#)
- [5. Considerações finais](#)

Referências

RESUMO:

O artigo faz uma Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada da produção de milho. Considera no ciclo avaliado a produção do grão e também um dos estágios da produção de sua semente. Mostra que a extrema maioria (99,5%) dos agrotóxicos consumidos possui potencial para causar muito e moderado perigo ambiental e que apenas 30% dos agrotóxicos representam baixo risco de toxicidade. Herbicidas e inseticidas devem ser aplicados e manuseados com maior cuidado, já que estes são os agrotóxicos que mais oferecem perigo ao meio ambiente e riscos de intoxicação.

Palavras-chave: Impacto Ambiental; Agrotóxico; toxicidade; agricultura; ACV

ABSTRACT:

The paper does a Simplified Life Cycle Assessment of corn production in Brazil. At the life cycle, is considered the grain production and the production of its seeds. It shows that the high majority (95,5%) of pesticides consumed has the potential to cause very and moderate environmental hazard and that only 30% of the pesticides represent low toxicity risk. At corn life cycle, special care must be directed to herbicides and insecticides. These pesticides are the most dangerous regarding the potential environmental hazard as well as regarding the toxicity risk.

Keywords: Environmental Impact; Toxic Agricultural Product; agriculture; LCA

1. Introdução

Esta pesquisa pretende indicar o risco de toxicidade e o potencial de perigo ambiental presente no ciclo de vida da produção de milho utilizando como técnica uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) Simplificada.

Considera no ciclo de vida tanto um dos estágios da produção da semente do milho como também o próprio estágio da produção do grão de milho. São escassos os exemplos práticos de aplicabilidade de ACV na agricultura do Brasil e também pesquisas focadas em problemas ambientais e tóxicos na cultura do milho. Então, o artigo contribui oferecendo um exemplo de aplicação simplificada de ACV e também respondendo relevantes questões associadas à temática ambiental e tóxica da produção de milho, cultura que é a segunda maior consumidora de agrotóxicos do Brasil.

1.1 Problemas ambientais e tóxicos causados pelos agrotóxicos na

agricultura do Brasil

No Brasil, os problemas ambientais e tóxicos associados aos agrotóxicos requerem especial atenção. O país é o maior consumidor destes insumos no planeta (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA - ABRASCO, 2012; COSTA; NOMURA, 2016) e também o país que mais utiliza agrotóxicos proibidos em outros países (ABRASCO, 2012). A maior parte dos agrotóxicos utilizados na agricultura brasileira são consumidos nas culturas de soja (32,6%), milho (12%), citros (10%), cana (7,6%) e café (7%), respectivamente (SPADOTTO et al., 2004).

Agrotóxicos causam sérios problemas ambientais na agricultura (TILMAN et al., 2002). Entre os mais comuns estão: degradação da matéria orgânica e eutrofização de solos (MORENO-MATEOS et al., 2015), de águas superficiais e de águas subterrâneas, bem como redução da biodiversidade e da qualidade do solo (TILMAN et al., 2002) e da água (PIMENTEL et al., 2004; TILMAN et al., 2002; WATTS et al., 2015). No Brasil, pesquisas já comprovaram danos ambientais que foram causados por agrotóxicos, tais quais: contaminação de solo e água em área agrícola do cerrado do país (SOARES; PORTO, 2007); contaminação de água subterrânea e superficial propícia para consumo humano (VEIGA et al., 2006); morte de plantas urbanas devido à pulverização agrícola (PIGNATI; MACHADO; CABRAL, 2007); redução de polinização por abelhas (PACÍFICO-DA-SILVA; MELO; SOTO-BLANCO, 2016), bem como também envenenamento (ROSSI et al., 2013) e morte de abelhas (LIMA; ROCHA, 2012).

Os agrotóxicos de uso agrícola também estão entre os insumos que mais causam intoxicação humana no Brasil (BOCHNER, 2007). Pesquisas que foram desenvolvidas com trabalhadores rurais mencionam os seguintes casos de malefícios causados à saúde por agrotóxicos: doenças crônicas (NEVES; BELLINI, 2013), problemas auditivos e na qualidade de vida (SENA; VARGAS; OLIVEIRA, 2013), problemas reprodutivos, ardência nos olhos, tonturas, cefaleia e náuseas (MARTINS et al., 2012) e morte (MIRANDA; MOREIRA; PERES, 2007). Entre os trabalhadores rurais, existem uma série de motivos que contribuem para suas intoxicações, como por exemplo: não utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), manuseio prolongado do agrotóxico e falta de informação sobre a maneira correta de aplicar e manusear o insumo tóxico (FARIA; FASSA; FACCHIN, 2007).

1.2 Classificações de periculosidade ambiental e de risco tóxico dos agrotóxicos utilizados na agricultura do Brasil

No Brasil, os agrotóxicos são classificados em quatro categorias que os relacionam aos seus potenciais de causarem perigos ambientais e riscos de toxicidade. Os Potenciais de periculosidade ambiental (PPP) dos agrotóxicos são avaliados e classificados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) nas seguintes classes: I, produto altamente perigoso; II, produto muito perigoso; III, produto perigoso; IV, produto pouco perigoso (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA, 1996). A classificação do PPP ocorre por meio dos seguintes parâmetros: toxicidade a organismos não alvos do insumo (organismos do solo, organismos aquáticos, aves, abelhas, mamíferos); transporte (solubilidade, mobilidade e absorção); persistência (hidrólise, fotólise e biodegradabilidade); bioacumulação; potencial teratogênico, mutagênico e carcinogênico (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA, 1996; ZERBETTO, 2009).

Já potenciais dos agrotóxicos para causar riscos de toxicidade são avaliados e classificados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nas seguintes classes: I, produto extremamente tóxico; II, produto altamente tóxico; III, produto moderadamente tóxico; IV, produto pouco tóxico. Os parâmetros para classificação da toxicidade dos agrotóxicos estão associados às concentrações (quilogramas ou litro) dos agrotóxicos capazes de provocar corrosão, ulceração e opacidade na córnea. A forma de aplicação dos agrotóxicos também é levada em consideração como parâmetro para classificação. É considerado como mais propenso a causar problemas devido à toxicidade os produtos aplicados da seguinte forma, respectivamente: i) fumigação de ambientes fechados para tratamento de grãos; ii) pulverização de partes aéreas de culturas altas por via terrestre; iii) pulverização de partes de culturas altas por avião; iv) pulverização de culturas baixas; v) tratamento de solo (SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 1992).

1.3 Aplicações de ACVs, ACVs agrícolas no Brasil e ACVs Simplificadas

A depender do contexto, as classes de risco tóxico e de periculosidade ambiental podem servir como apoio em avaliações sobre problemas tóxicos e ambientais na agricultura. Tal como é o caso, por exemplo, da ACV Simplificada deste artigo.

A ACV é uma técnica que possui como principais guias de execução as normas ligadas à temática ambiental da série ISO 14040 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2009a, 2009b), que no Brasil, é amparada pela ABNT. A ACV tem sido aplicada em muitos setores porque ela contribui para o alcance de objetivos variados focados no ciclo de vida de produtos, serviços ou processos, entre os quais : analisar e comparar os impactos ambientais e o uso de energia (PENG; LU; YANG, 2013); avaliar perfil ambiental e benchmark (ZHAO et al., 2010); avaliar recursos e potenciais impactos (FINNVEDEN et al., 2009); obter indicativo ambiental de cada processo (KRIKKE; BLOEMHOF-RUWAARD; WASSENHOVE, 2001); quantificar impactos ambientais (SAHAY; IERAPETRITOU, 2013); quantificar fluxo de substâncias, como insumos, lançamentos ao meio ambiente e entrada e saída de energia (SCANLON; CAMMARATA; SIART, 2013). Nas pesquisas internacionais sobre o setor agrícola a ACV é bastante utilizada. Apenas no ano de 2011, por exemplo, só o "The International Journal of Life Cycle Assessment" publicou nove pesquisas envolvendo ACVs focadas na agricultura em segmentos como: suinocultura, piscicultura, produção de energia, produção orgânica, horticultura e produção de cevada (ALVARENGA et al., 2012).

Contrariamente, no Brasil, a ACV ainda é muito pouco utilizada em pesquisas com foco na agricultura (ALVARENGA et al., 2012; CLAUDINO; TALAMINI, 2013; RUVIARO et al., 2012; WILLERS; RODRIGUES, 2014). Em revisão bibliográfica sobre ACVs na agricultura brasileira publicadas em periódicos científicos, desenvolvida em 2011 por Ruviaro et al (2012), os autores encontraram somente doze pesquisas divulgadas até aquele ano. Entre elas, haviam publicações com focos metodológicos e também focadas na produção de biocombustíveis, cana, ração para frango, soja, suco de laranja, frangos, ostras, café e peixes. Talvez, a pouca presença de ACVs agrícolas desenvolvidas no Brasil esteja relacionada as suas dificuldades de execução. As principais dificuldades encontradas para a realização de ACVs estão relacionadas à inexistência de Inventários do Ciclo de Vida adequados às realidades do Brasil (CLAUDINO; TALAMINI, 2013; RUVIARO et al., 2012) e também à complexidade (mais demoradas e mais demoradas e requerem mais recursos) de desenvolvimento (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003; JACOVELLI; FIGUEIREDO, 2003; PIGOSSO; SOUSA, 2011).

Como alternativa a tais dificuldades, às vezes, ACVs Simplificadas podem ser viáveis. Uma ACV simplificada é como uma variedade simplificada de uma ACV detalhada. Também é desenvolvida de acordo com diretrizes, mas não necessariamente em conformidade total com as normas da série ISO. Basicamente, existem três tipos de ACVs Simplificadas: qualitativa, quantitativa e semi-quantitativa (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003). Além de oferecer respostas mais imediatas sobre os problemas investigados (HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003; JACOVELLI; FIGUEIREDO, 2003), ACVs Simplificadas podem também servir como base para condução de ACVs completas. Resultados de ACVs Simplificadas são comunicados mais facilmente (BYGGETH; HOCHSCHORNER, 2006; HOCHSCHORNER; FINNVEDEN, 2003) e também interpretados com mais facilidade por pessoas envolvidas com o objeto avaliado, mas sem profundos conhecimentos sobre a problemática total envolvida na avaliação (JACOVELLI; FIGUEIREDO, 2003).

Não há um único método de elaboração de ACVs Simplificadas e a maior parte delas são desenvolvidas através de matrizes. Geralmente, os métodos de desenvolvimento estão associados às peculiaridades de cada sistema avaliado (dados válidos disponíveis, atributos avaliáveis, necessidades emergentes, entre outros) bem como também aos próprios objetivos das avaliações concebidas. Em função disso, existem diversos exemplos de métodos para condução de ACVs Simplificadas, tal como comprova os casos apresentados nestas três (BRIBIÁN; USÓN; SCARPELLINI, 2009; BYGGETH; HOCHSCHORNER, 2006; PIGOSSO; SOUSA, 2011) pesquisas.

1.4 ACV Simplificada da produção de milho: principal guia de condução, justificativas e indagações da pesquisa

Diante da diversidade de possibilidades existentes, o presente artigo foi conduzido amparado pelas normas ISO sobre ACV (ABNT,2009a,2009b) e contou com as classificações de periculosidade ambiental e de risco de toxicidade para desenvolver matrizes que foram úteis na ACV Simplificada da produção de milho.

Existem duas principais justificativas para o fato da pesquisa ter sido desenvolvida focada na produção do milho. A primeira justificativa é que muito pouco se conhece sobre as implicações ambientais e tóxicas associadas à produção de milho no Brasil. A maior parte das pesquisas feitas no Brasil sobre milho são desenvolvidas objetivando melhoramentos em variedades de sementes e também adequações da cultura aos diferentes climas e regiões. A segunda justificativa está relacionada à própria representatividade que

a produção de milho possui para país. O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2016) e a região centro-oeste é a maior produtora de milho do país (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2016). Na safra de 2014, por exemplo, foram produzidas no país aproximadamente 80 milhões toneladas de milho. Destas, 45% foram produzidas na região centro-oeste, sendo os estados de Mato Grosso (região centro-oeste), Paraná (região sul) e Goiás (região centro-oeste) os três maiores produtores de milho do Brasil (MT,23%; PR, 20%; GO, 11%), respectivamente (IBGE,2016).

Assim, focado nesta realidade, o artigo responde três questões a respeito dos riscos de toxicidade e do potencial de periculosidade ambiental presente no ciclo de vida do milho: 1) Quais são os tipos de agrotóxicos consumidos em seu ciclo de vida que mais possuem chances de causarem problemas por toxicidade e perigo ambiental?; 2) Qual é o total de agrotóxico consumido (valores concentrados dos elementos ativos) no ciclo de vida pertencente a cada uma das respectivas classes de risco tóxico e perigo ambiental? 3) Quais são as etapas do ciclo de vida que mais possuem potencialidade para causar perigo ambiental e riscos de intoxicação?

2. Metodologia: escopo e procedimentos da ACV simplificada

Dado que a pesquisa considera como pertencente ao ciclo de vida da produção do milho também um dos estágios da produção de sua semente, utiliza-se os termos “milho semente” para identificar o estágio de produção da semente do milho e o termo “milho grão” para identificar o estágio de produção do grão de milho. Neste contexto, são descritos os principais elementos que contribuíram para o desenvolvimento desta ACV, tendo como guia duas normas (ABNT,2009a,2009b) sobre ACV.

O objeto da pesquisa é a produção do milho grão, cuja função é ser utilizado pela indústria para produção de ração, principalmente. De maneira simplificada, o ciclo de vida total do milho grão é composto por oito estágios, tal como mostrado na Figura 1. O primeiro estágio contém as atividades de pesquisa e desenvolvimento, que é operacionalizada pela indústria com o propósito de formar a variedade da semente. Após este estágio, as sementes são plantadas em áreas maiores como intuito de serem reproduzidas. Posteriormente, as espigas são destinadas à indústria processadora para receberem novos tratamentos visando melhoria da variedade. Repetem-se os estágios de reprodução da semente em campo e tratamento pela indústria. Subsequente, as sementes estão prontas para serem plantadas. Colhido, o milho grão tem como destino a indústria, onde é processado para se fabricar ração. Tal ração é utilizada na alimentação de suínos e aves, principalmente.



Figura 1 - Estágios do ciclo de vida do milho grão (simplificado).

Deste ciclo, foram avaliados os dois estágios que estão destacados na Figura 1, ou seja: “segunda produção da semente em campo agrícola” e “produção do milho grão”. Portanto, as fronteiras do sistema da pesquisa, ou seja, seus principais limites, foram todos os processos associados às etapas que não estão destacadas na Figura 1, bem como também: a produção dos insumos consumidos (agrotóxicos, fertilizantes, combustíveis, entre outros) nas áreas estudadas, o transporte dos insumos até a lavoura, o transporte do grão até a indústria e o uso do milho como ração.

Os dados foram coletados em uma grande unidade de produção localizada na região centro-oeste do Brasil, no município de Cristalina- GO (3º maior produtor de milho do estado). Os dados da pesquisa não estão relacionados aos sistemas de produção de milho frequentemente encontrados nas lavouras operacionalizadas por agricultores familiares brasileiros. Mas sim, aos grandes empreendimentos agrícolas produtores de grãos da região, empregadores de alto nível tecnológico na agricultura e que possuem as seguintes características: i) lavoura plantada em sistema de plantio direto; ii) utilização de pivôs centrais para irrigação da lavoura; iii) acompanhamento frequente da lavoura por técnicos agrícolas e agrônomos, desde o plantio até a colheita; iv) utilização de equipamentos e implementos agrícolas modernos. No

total, foram acompanhadas, desde o plantio até a colheita, a produção de 120 hectares. Em 60 hectares foram produzidas 162 toneladas de sementes (segunda produção da semente em campo agrícola, Fig. 1). Em 60 hectares foram produzidas 684 toneladas de grãos (produção do milho grão, Fig. 1).

A unidade funcional adotada na pesquisa foi a produção de uma tonelada de milho grão para produção de ração. A premissa básica considerada foi que o milho grão só pôde ser produzido porque previamente houve a produção da sua semente. Logo, os dados do inventário do ciclo de vida se relacionaram aos insumos que foram necessários para se obter a unidade funcional. No estágio da produção da semente (segunda produção da semente em campo agrícola, Fig.1), os dados do inventário se relacionaram aos insumos que foram gastos na área proporcional (7,45 m²) de tal estágio, necessários para originar as sementes que foram plantadas na área do milho grão e que resultaram na colheita de uma tonelada de milho grão. No estágio da produção do grão (produção do milho grão, Fig.1), os dados do inventário foram associados aos insumos que foram consumidos na área proporcional (877,2 m²) de tal estágio, necessários para se colher uma tonelada de milho. Para os cálculos da proporcionalidade, levou-se em consideração a quantidade de sementes que foram plantadas em cada área e as respectivas produções (Um saco de milho, que contém exatamente 60 mil sementes, tem o peso de, aproximadamente, 20 kg).

Esta pesquisa não faz uma ACV comparativa entre as produções da semente e do grão porque estes sistemas produtivos entregam produtos diferentes. Um sistema entrega a semente para ser usada no plantio do grão. O outro sistema entrega o grão para ser usado na indústria de ração, principalmente. Mesmo resultando em produtos diferentes, os dois sistemas possuem processos de manejo e etapas semelhantes. Ambos possuem em comum as seguintes etapas: preparo do solo, plantio, tratamentos culturais e colheita. Apenas na produção da semente existe a etapa de retirada do pendão da planta. Além disso, mesmo etapas semelhantes requerem mais intervenções no processo de produção da semente [ou também diferenciações em insumos (tipos e/ou concentrações), métodos de aplicação e equipamentos] do que no processo de produção do grão.

Neste contexto, foram avaliadas nesta ACV nove etapas associadas aos estágios destacados na Figura 1. Tais etapas estão apresentadas na Figura 2.

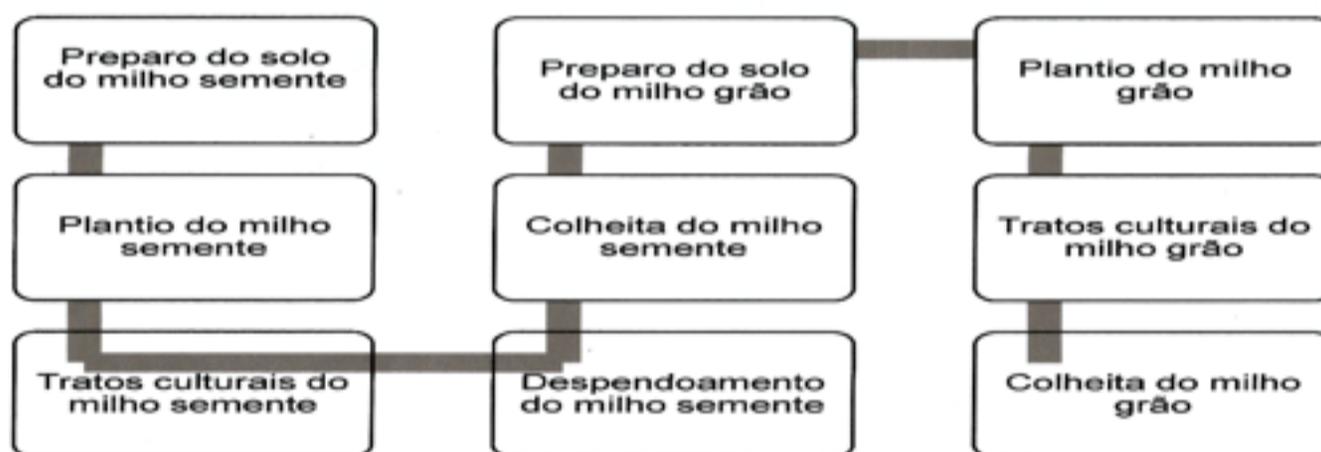


Figura 2 - Etapas do ciclo de vida da produção de milho que foram avaliadas.

As categorias dos impactos desta ACV foram relacionadas aos riscos de toxicidade e aos potenciais de periculosidade ambiental envolvidos nas etapas apresentadas na Figura 2. Os procedimentos metodológicos empregados na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida ocorreram de modo simplificado, baseados em dados do inventário que foram registrados de forma quantitativa e qualitativa.

A potencialidade de periculosidade ambiental e os riscos de toxicidade foram avaliados de maneira qualitativa, com base nas classes de periculosidade ambiental e nas classes de toxicidade dos agrotóxicos que foram utilizados. Todos os agrotóxicos que foram utilizados na produção da semente e do grão foram agrupados e associados as suas respectivas: i) classes de toxicidade e classes de periculosidade ambiental; ii) concentrações de seus elementos ativos constituintes. As referências para a consulta das classes de toxicidade e periculosidade ambiental, bem como das concentrações dos elementos ativos dos produtos utilizados foram o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT), vinculado ao Ministério da Agricultura do Brasil (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2015) e um compêndio agrícola (ANDREI, 2013). De modo quantitativo, cada etapa do ciclo de vida (Fig.2) teve contabilizada a totalidade dos elementos ativos consumidos pertencentes a cada uma das classes de periculosidade ambiental e toxicidade. Os cálculos foram feitos com base nos valores concentrados (gramas por litro ou gramas por quilo) dos elementos ativos dos agrotóxicos.

Para a avaliação dos impactos do ciclo de vida, foram construídas matrizes simplificadas associando cada etapa do sistema de produto (Fig. 2) ao consumo total de elementos ativos pertencentes a cada uma das

quatro classes de periculosidade ambiental e de toxicidade. Foi considerado como agrotóxico todo insumo que foi utilizado no ciclo de vida do milho que possuía ordenação em alguma das classes de periculosidade ambiental e de toxicidade.

3. Agrotóxicos consumidos no ciclo de vida da produção de milho

No ciclo de vida da avaliado foram consumidos os seguintes agrotóxicos: adjuvantes, acaricidas, fungicidas, herbicidas e inseticidas. Foram utilizados agrotóxicos que possuíam funções semelhantes e diferenciações em seus elementos ativos constituintes e também em suas classes de toxicidade e de periculosidade ambiental. Tal como é o caso, por exemplo, dos dois tipos de herbicidas a seguir que foram consumidos no ciclo de vida:

1. Herbicida A: elemento ativo, tembotriona; classe de periculosidade ambiental, III; classe de toxicidade, III; concentração, 480 gramas por litro;
2. Herbicida B: elemento ativo, carfentrazona-etílica; classe de periculosidade ambiental, II; classe de toxicidade, II; concentração, 400 gramas por litro.

Considerando todo o ciclo de vida avaliado, e tal como apresentado também na Figura 3, foram consumidas as seguintes quantidades de cada tipo de agrotóxico: dois tipos de adjuvante, um tipo de acaricida, quatro tipos de fungicida, sete tipos de herbicida, treze tipos de inseticida e um produto com tripla função (inseticida, acaricida e adjuvante).

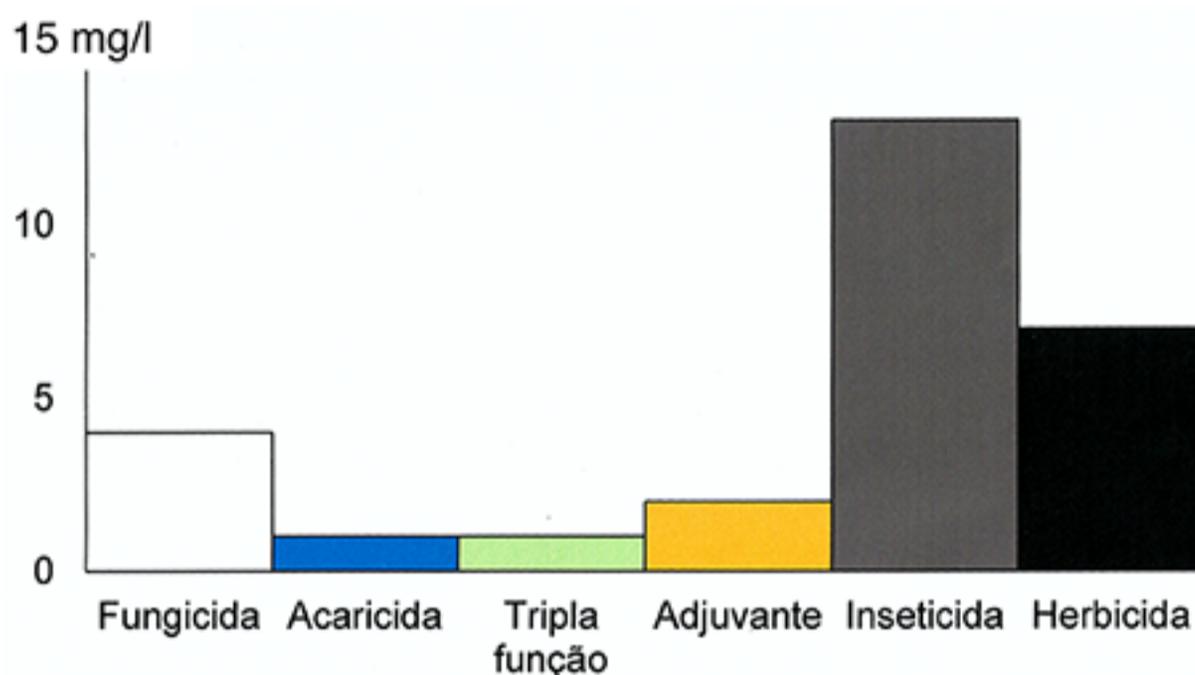


Figura 3 - Quantidade de cada tipo de agrotóxico consumido no ciclo de vida da produção de milho.

4. Potencial perigo ambiental e risco tóxico no ciclo de vida da produção de milho

No ciclo de vida avaliado, cada tonelada de milho grão produzido demandou 705,23 gramas de agrotóxicos que podem causar algum nível de perigo ao meio ambiente. A maior parte dos produtos que foram consumidos no ciclo de vida do milho grão representam muito perigo (63,8% dos insumos consumidos no ciclo de vida são da classe ambiental II) e médio perigo (35,7% dos produtos utilizados no ciclo de vida pertencem à classe ambiental III) ao meio ambiente. Cerca de 0,5% dos produtos representam extrema periculosidade ambiental (classe I). Quase não existe (0,00455%) no ciclo de vida do milho agrotóxicos que causam pouco perigo ambiental (classe IV). Portanto, cerca de 99,5% dos agrotóxicos estão associados às classes que representam muito e médio perigo ao meio ambiente.

As etapas do ciclo de vida "tratos culturais do milho grão" e "preparo do solo do milho grão" são as etapas que mais representaram potencialidade para causar perigo ambiental no ciclo de vida do milho grão. Por volta de 70% dos agrotóxicos do ciclo de vida que possuem alguma classificação de periculosidade ambiental foram utilizados na etapa "tratos culturais do milho grão" e cerca de 21% na etapa "preparo do solo do milho grão". A maioria dos produtos que foram consumidos na etapa "tratos culturais do milho grão" oferecem muito perigo (50,8% dos insumos utilizados nesta etapa estão inseridos na classe II) e médio perigo (48,5% dos insumos consumidos nesta etapa pertencem à classe

III) ao meio ambiente. Já na etapa "preparo do solo do milho grão", a extrema maioria (99,98%) dos produtos que foram consumidos oferecem muito perigo ao meio ambiente (classe II). Os dados apresentados no Quadro 1 contribuem para o entendimento do potencial de periculosidade ambiental envolvido na produção de milho.

Quadro 1 - Periculosidade ambiental nas etapas do ciclo de vida da produção de milho

	Etapas do ciclo de vida	Periculosidade Ambiental			
		Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
		Extremo perigo	Muito perigo	Médio perigo	Pouco perigo
Concentração (gramas) por unidade funcional	Preparo do solo do milho semente	0	1,29459	0,28802	0
	Plantio do milho semente	0	0,04548	0,11938	0
	Tratos culturais do milho semente	0,14553	2,95058	3,05943	0,000545
	Preparo do solo do milho grão	0	149,82456	0	0,031578
	Plantio do milho grão	0	45,75	8,96053	0
	Tratos culturais do milho grão	3,36842	250,26316	239,122	0
% de consumo em cada etapa em cada classe	Preparo do solo do milho semente	0,00%	81,80%	18,20%	0,00%
	Plantio do milho semente	0,00%	27,59%	72,41%	0,00%
	Tratos culturais do milho semente	2,36%	47,93%	49,70%	0,01%
	Preparo do solo do milho grão	0,00%	99,98%	0,00%	0,02%
	Plantio do milho grão	0,00%	83,62%	16,38%	0,00%
	Tratos culturais do milho grão	0,68%	50,79%	48,53%	0,00%

No que diz respeito à toxicidade, cada tonelada de milho produzida consumiu 685,95 gramas de agrotóxicos que podem causar algum risco de toxicidade. Aproximadamente 34,5% dos insumos que foram utilizados no ciclo de vida são muito tóxicos (classe II). Cerca de 32% dos produtos são medianamente tóxicos (classe III), 30% são pouco tóxicos (classe IV) e 3,6% extremamente tóxicos (classe I). Portanto, aproximadamente 65,5% dos agrotóxicos usados no ciclo de vida avaliado estão vinculados às classes que oferecem muito e médio risco de toxicidade.

Tal como no caso da periculosidade ambiental, as etapas "tratos culturais do milho grão" e "preparo do solo do milho grão" são as etapas que mais representaram potencialidade de toxicidade. Aproximadamente 72% dos agrotóxicos do ciclo de vida com algum nível de toxicidade foram usados na etapa "tratos culturais do milho grão" e cerca de 26% foram consumidos na etapa "preparo do solo do milho grão". Quase metade (47%) dos agrotóxicos que foram utilizados na etapa "tratos culturais do milho grão" são muito tóxicos (classe II) e aproximadamente 41% são pouco tóxicos (classe IV). Já na etapa "preparo do solo do milho grão", todos os produtos que foram consumidos são moderadamente tóxicos (classe III). Os dados apresentados no Quadro 2 contribuem para o entendimento da do risco de

toxicidade atribuída à produção de milho.

Quadro 2 - toxicidade nas etapas do ciclo de vida da produção de milho

	Etapas do ciclo de vida	Risco de toxicidade			
		Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
		Extrema toxicidade	Muita toxicidade	Média toxicidade	Pouca toxicidade
Concentração (gramas) por unidade funcional	Preparo do solo do milho semente	0	1,30	0	0,288023
	Plantio do milho semente	0,00568	0,15917	0	0
	Tratos culturais do milho semente	0,27044	2,31	1,67085	2,63
	Preparo do solo do milho grão	0	0	181,41	0
	Plantio do milho grão	0,00568	0,15917	0	0
	Tratos culturais do milho grão	22,63	231,57	35,65	202,89
% de consumo em cada etapa em cada classe	Preparo do solo do milho semente	-	81,80%	-	18,20%
	Plantio do milho semente	3,45%	96,55%	-	-
	Tratos culturais do milho semente	3,93%	33,53%	24,25%	38,29%
	Preparo do solo do milho grão	-	-	100%	-
	Plantio do milho grão	3,45%	96,55%	-	-
	Tratos culturais do milho grão	4,59%	47%	7,23%	41,18%

Neste contexto, no ciclo de vida avaliado, foram as etapas pertencentes ao estágio de produção do milho grão as que mais indicaram potencialidade para causar perigo ambiental e risco por toxicidade. No entanto, algumas etapas do estágio de produção da semente lidaram com agrotóxicos que podem causar mais perigo ambiental e maiores riscos de intoxicação do que etapas similares do estágio de produção do grão. Na etapa "tratos culturais do milho semente", por exemplo, foram utilizados mais agrotóxicos com periculosidades extrema, moderada e baixa do que na etapa similar do estágio de produção do milho grão, por exemplo. Tal fato é comprovado pelas proporcionalidades dos agrotóxicos que foram utilizados por cada etapa do ciclo de vida em cada uma das classes de periculosidade ambiental e tóxica (Quadros 1 e 2). Além disso, no estágio de produção da semente também foram lançados mais agrotóxicos por hectare das quatro classes de periculosidade ambiental (agrotóxicos a mais das classes de periculosidade ambiental I, II, III e IV, respectivamente: 409%, 13%, 65% e 103%) e de três classes de toxicidade (agrotóxicos a mais das classes I, II e IV, respectivamente: 44%, 91% e 70%) do que no estágio da produção do grão.

No que diz respeito ao conjunto de agrotóxicos que foram consumidos no ciclo de vida total avaliado, herbicidas e inseticidas foram os agrotóxicos que mais contribuíram por oferecer perigo ambiental e riscos de toxicidade. O único agrotóxico extremamente perigoso ao meio ambiente (classe I) presente no ciclo de vida foi um tipo de herbicida. Dos agrotóxicos muito perigosos ao meio ambiente (classe II), cerca de 72 % foram herbicidas e inseticidas (9 tipos de inseticida e 4 tipos de herbicida). Da mesma forma, entre os agrotóxicos moderadamente perigosos ao meio ambiente (classe III), aproximadamente 72% foram herbicidas e inseticidas (2 tipos de herbicida e 3 tipos de inseticida). Em relação à toxicidade, cerca de 80% dos agrotóxicos extremamente tóxicos (classe 1) presentes no ciclo de vida foram inseticidas (4 tipos de inseticida). Dos agrotóxicos muito tóxicos (classe II), 50% foram herbicidas e 50% inseticidas (4 tipos de herbicida e 4 tipos de inseticida). Entre os agrotóxicos moderadamente tóxicos, cerca de 65% foram herbicidas e inseticidas (3 tipos de herbicida e 3 tipos de inseticida).

Apesar de herbicidas e inseticidas terem sido os agrotóxicos mais nocivos em ambos os casos, foram os herbicidas os mais consumidos. Tal como mostra a Figura 4, as concentrações por unidade funcional de cada tipo de agrotóxico utilizado no ciclo de vida avaliado foram: tripla função, 69,39; acaricida, 42,77; adjuvante, 164,73; fungicida, 15,51; herbicida, 403,06; inseticida, 42,85.

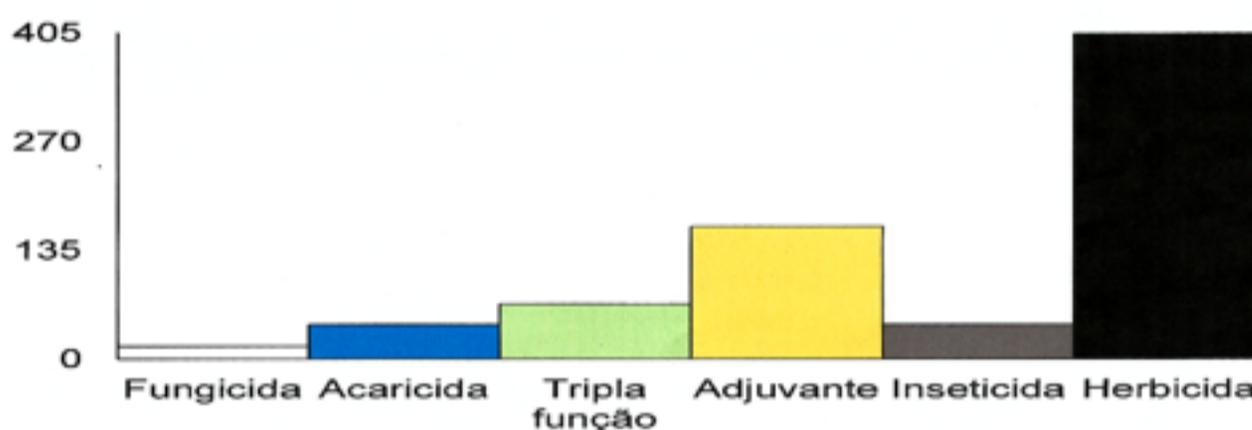


Figura 4 - Concentração (gramas por unidade funcional) de cada tipo de agrotóxico consumido no ciclo de vida da produção de milho.

No ciclo de vida, adjuvantes e o agrotóxico com tripla função possuíram maiores concentrações por unidade funcional do que os inseticidas. No entanto, a maior parte destes agrotóxicos presentes no ciclo de vida da produção de milho estavam relacionados às classificações de menor perigo ambiental e de menor risco de toxicidade. Inseticidas, apesar de presentes no ciclo de vida em menores concentrações do que inseticidas e o agrotóxico com tripla função, estiveram, tal como afirmado, associados às classes mais nocivas em ambos os casos, assim como também os herbicidas.

5. Considerações finais

Em um contexto de existência de sérios problemas ao meio ambiente e à saúde humana decorrentes ao uso de agrotóxicos, o artigo conclui respondendo as questões que motivaram o seu desenvolvimento e que estão associadas ao ciclo de vida da produção de milho, cultura que é a segunda que mais consome agrotóxicos no país que é o maior consumidor destes insumos do mundo.

Neste contexto, cada tonelada de milho destinado ao mercado de ração demanda em sua produção diferentes tipos de agrotóxicos que possuem potencial para causar diferentes níveis de periculosidade ambiental e risco de toxicidade. No seu ciclo de vida, considerando-se tanto o estágio da produção do grão como também um dos estágios da produção de sua semente, estão presentes os seguintes agrotóxicos: um tipo de acaricida e um tipo de um agrotóxico que possui função tripla (acaricida, adjuvante e inseticida), dois tipos de adjuvante, quatro tipos de fungicida, sete tipos de herbicida e treze tipos de inseticida. Em conjunto, estes agrotóxicos são responsáveis para que exista no ciclo de vida 705,23 gramas (por tonelada produzida) de elementos ativos que podem causar algum grau (I, extremo perigo; II, muito perigo; III, perigo moderado; IV, pouco perigo) de perigo ao meio ambiente e 685,95 gramas (por tonelada produzida) de elemento ativos que podem causar algum grau de risco tóxico (I, extrema toxicidade; II, muita toxicidade; III, moderada toxicidade; IV, pouca toxicidade). Apesar de existirem no ciclo de vida de sua produção agrotóxicos que pertencem a todas as classes de periculosidade ambiental e tóxica, a extrema maioria (99,5%) dos agrotóxicos podem causar muito e médio perigo ao meio ambiente e apenas 30% dos agrotóxicos oferecem baixo risco de toxicidade. Entre todas as etapas do ciclo de vida da produção do milho, as etapas "tratos culturais do milho grão" e "preparo do solo do milho grão" são as que mais podem causar danos em ambos os casos avaliados,

respectivamente. No ciclo do milho, herbicidas e inseticidas são os agrotóxicos mais nocivos, tanto no caso da periculosidade ambiental quanto no caso do risco de toxicidade. Por causa disso, necessitam de mais cuidados nos seus manuseios e também em suas aplicações.

Referências

- ALVARENGA, R.P.; RENÓFIO, A.; CARAHO, T.C.; ARAÚJO, A.T.; QUEIROZ, T.R. (nov, 2012). Avaliação do ciclo de vida na agricultura: um levantamento bibliográfico envolvendo publicações nacionais e internacionais. In: *XIX Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru. Anais...Bauru: SIMPEP, 2012.
- ANDREI. (2013). *Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola*. 9º ed. São Paulo: Andrei.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2009a). *NBR ISO 14044:2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2009b). *NBR ISO 14040:2009 Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA – ABRASCO (2012). *Dossiê ABRASCO - um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde*. Rio de Janeiro: ABRASCO.
- BOCHNER, R. (2007). Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas SINITOX e as intoxicações humanas por agrotóxicos no Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 73–89, 2007.
- BRIBIÁN, I. Z.; USÓN, A. A.; SCARPELLINI, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: state-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, v. 44, n. 12, p. 2510–2520.
- BYGGETH, S.; HOCHSCHORNER, E. (2006). Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 15-16, p. 1420–1430.
- CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. (2013). Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada ao agronegócio - uma revisão de literatura. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 77–85.
- COSTA, R. N.; NOMURA, F. (2016). Measuring the impacts of Roundup Original Ò on fluctuating asymmetry and mortality in a Neotropical tadpole. *Hydrobiologia*, v. 765, n. 1, p. 85–96.
- FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHIN, L. A. (2007). Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 25–38.
- FINNVEDEN, G.; Hauschild, M.Z.; EKAVAL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, v. 91, n. 1, p. 1–21, 2009.
- HOCHSCHORNER, E.; FINNVEDEN, G. (2003). Evaluation of Two Simplified Life Cycle Assessment Methods. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 8, n. 3, p. 119–128.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de recuperação Automática - SIDRA* (2016). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: maio. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA. *Portaria normativa IBAMA no 84, de 15 de outubro de 1996*. (1996). Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/servicosonline/phocadownload/legislacao/portaria_84.pdf>. Acesso em: maio. 2016.
- JACOVELLI, S. J.; FIGUEIREDO, P. J. M. (out,2003). Avaliação de ciclo de vida simplificada aplicada a evolução de tornos. In: *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto: ENEGEP, 2003.
- KRIKKE, H.; BLOEMHOF-RUWAARD, J.; WASSENHOVE, L. N. VAN. Design of closed loop supply chains: a production and return network for refrigerators (2001). *Erasmus Research Institute of Management*. Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=370902>. Acesso em: maio. 2016.
- LIMA, M. C. DE; ROCHA, S. A. (2012). *Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento*. Brasília: IBAMA.

- MARTINS, M. K. S.; CERQUEIRA, G.S.; SAMPAIO, A.M.A.; LOPES, A.A.; FREITAS, R.M. (2012). Exposição ocupacional aos agrotóxicos: um estudo transversal. *Revinter Revista de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 5, n. 3, p. 6–27.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (BRASIL). *SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS – AGROFIT* (2015). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>>. Acesso em: out. 2015.
- MIRANDA, A. C. DE; MOREIRA, J. C.; PERES, F. (2007). Neoliberalismo, uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 01, p. 7–14.
- MORENO-MATEOS, D.; MELI, P.; VARA-RODRÍGUEZ, M.I.; ARONSON, J. (2015). Ecosystem response to interventions: lessons from restored and created wetland ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 6, p. 1528–1537.
- NEVES, P. D. M.; BELLINI, M. (2013). Intoxicações por agrotóxicos na mesorregião norte central paranaense, Brasil – 2002 a 2011. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 18, n. 11, p. 3147–3156.
- PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M. M.; SOTO-BLANCO, B. (2016). Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 10, n. 1, p. 142–157.
- PENG, J.; LU, L.; YANG, H. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 19, p. 255–274.
- PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. (2007). Acidente rural ampliado: o caso das “ chuvas ” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde - MT Major rural accident. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 105–114.
- PIGOSSO, D. C. A.; SOUSA, S. R. (maio, 2011). Life Cycle Assessment (LCA): discussion on full-scale and simplified assessments to support the product development process. In: *3º International Workshop Advances in Cleaner Production*, São Paulo. Anais...São Paulo: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011.
- PIMENTEL, D.; BERGER, B.; FILIBERTO, D.; NEWTON, M.; WOLFE, B.; KARABINAKIS, E.; CLARK, S.; POON, E.; ABBETT, E.; NANDAGOPAL, S.; (2004). Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. *BioScience*, v. 54, n. 10, p. 909–918.
- ROSSI, C. A.; ROAT, T. C.; TAVARES, D.A.; CINTRA-SOCOLOWSKI, P.; MALASPINA, O. (2013). Brain Morphophysiology of Africanized Bee *Apis mellifera* Exposed to Sublethal Doses of Imidacloprid. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 65, n. 2, p. 234–243.
- RUVIARO, C.F.; GIANEZINI, M.; BRANDÃO, F.S. WINCK, C.A.; DEWES, H. (2012). Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production*, v. 28, p. 9–24.
- SAHAY, N.; IERAPETRITOU, M. (2013). Supply Chain Management Using an Optimization Driven Simulation Approach. *AIChE Journal*, v. 59, n. 12, p. 1547–5905.
- SCANLON, K. A.; CAMMARATA, C.; SIART, S. (2013). Introducing a streamlined life cycle assessment approach for evaluating sustainability in defense acquisitions. *Environment Systems and Decisions*, v. 33, n. 2, p. 209–223.
- SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992*. (1992). Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1992/prt0003_16_01_1992.html>. Acesso em: junho 2016.
- SENA, T. R. R.; VARGAS, M. M.; OLIVEIRA, C. C. C. (2013). Saúde auditiva e qualidade de vida em trabalhadores expostos a agrotóxicos. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 18, n. 6, p. 1753–1762.
- SOARES, W. L.; PORTO, M. F. (2007). Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 131–143.
- SPADOTTO, C. A.; GOMES, M.A. F.; LUCHINI, L.C.; ANDRÉA, M.M. (2004). Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. *Documentos - Embrapa Meio Ambiente*, v. 42, n. Dezembro, p. 1–29.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, n. 8, p. 671–677.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. *World Agricultural Production. Circular Series. WAP 5-6. May 2016*. (2016). Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: maio. 2016.

VEIGA, M.M.; SILVA, D.M.; VEIGA, L.B.E.; FARIA, M.V.C. (2006). Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do sudeste do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 22, n. 11, p. 2391–2399.

WATTS, G. et al. *Agriculture's impacts on water availability* (2015) .Disponível em: <<http://www.foodsecurity.ac.uk/assets/pdfs/farming-availability-water-report.pdf> >. Acesso em: maio. 2016.

WILLERS, C. D.; RODRIGUES, L. B. (2014). A critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, n. 1, p. 144–152.

ZERBETTO, M. *Registro de Agrotóxicos e Afins . 5o Reunião do GT / GONAMA-agrotóxicos. Brasília, abril de 2009.* (2009) Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E392D222/Apres_Aquaticos_5aGTAgrotox_29abr09.pdf>. Acesso em: maio. 2016.

ZHAO, F.; BERNSTEIN, W.Z.; NAIK, G.; CHENG, G.J. (2010). Environmental assessment of laser assisted manufacturing: case studies on laser shock peening and laser assisted turning. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 13, p. 1311–1319.

1. Doutorando pela Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Brazil. E-mail: rafael.pazeto@feagri.unicamp.br

2. Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD) - Universidade Estadual Paulista (UNESP, Campus Tupã) - Brazil. E-mail: timoteo@tupa.unesp.br

3. Professora no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Cariri (UFCA, Campus Juazeiro do Norte)- Brazil . E-mail: jeniffer.nadae@ufca.edu.br

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 01) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados