

Agricultura convencional *versus* sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas

JEAN SÉRGIO ROSSET^{1*}; GUSTAVO FERREIRA COELHO²; MARCELO GRECO³;
LEONARDO STREY²; AFFONSO CELSO GONÇALVES JUNIOR⁴

¹Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: jsrosset@hotmail.com. *Autor para correspondência

²Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA) – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon/PR

¹Biólogo, Mestre em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon/PR

⁴Pós-doutorado em Ciências Ambientais, Bolsista Produtividade CNPq, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: affonso133@hotmail.com

RESUMO

A agricultura mundial é muito representativa no que se diz respeito à utilização de áreas do planeta. Esta revisão objetivou avaliar os principais impactos negativos da agricultura convencional e relação aos modelos mais ecológicos de produção, evidenciando as formas de avaliação e possível substituição de um sistema tradicional por um sistema agroecológico. O modelo de agricultura convencional tradicional utilizado atualmente requer grandes quantidades de insumos externos, como fertilizantes inorgânicos e agrotóxicos para sua manutenção e, em muitos casos, esses insumos são utilizados de maneira inadequada, gerando riscos potenciais ao meio ambiente. Esse impacto ambiental causado pela agricultura convencional, além do aumento do uso de recursos naturais não renováveis, vem fazendo com que alternativas de substituição deste modelo atual sejam inseridas, como os modelos agroecológicos, dentre eles o cultivo orgânico. Vários são os indicadores que avaliam a qualidade dos diferentes sistemas de manejo adotados na agricultura atual, sendo importantes para validação ou não de novos métodos a serem empregados no cultivo agrícola. Existem grandes discussões a respeito das mudanças nos sistemas produtivos, de um lado o fator econômico e do outro as questões ambientais. A partir disso, o que se evidencia na agricultura atual, é a necessidade de mudança do sistema, buscando-se formas de agricultura mais sustentáveis, principalmente em relação aos custos ambientais causados pela agricultura intensiva e convencional.

Palavras-chave: agroecologia, poluição ambiental, sustentabilidade agrícola.

ABSTRACT

Conventional agriculture *versus* agroecological systems: models, impacts, quality assessment and prospects

The agriculture world is very representative concerning to the use of the planet areas. This review aimed at to evaluate the main negative impacts of conventional agriculture and the relation to the most ecological models of production, highlighting the forms of assessment and the replacement of a traditional system by an agroecological system. The traditional conventional agriculture model currently used requires large amounts of external inputs, such as inorganic fertilizers and pesticides, although these inputs are used improperly in many cases, causing potential risks to the environment. This environmental impact caused by the conventional agriculture, besides the increased use of non-renewable resources, favors the emergence of other alternatives, like the agroecological model and the organic farming. There are several indicators

SAP 7351

DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v13n2p80-94

Data do envio: 07/12/2012

Data do aceite: 28/05/2013

Scientia Agraria Paranaensis - SAP
Mal. Cdo. Rondon, v.13, n.2, abr./jun., p.80-94, 2014

that evaluate the quality of different soil management in agriculture today, becoming important elements for the validation, or not, of new methods to be employed in agricultural cultivation. There is a great debate about the changes in production systems, the economic factor on the one hand, and the environmental issues on the other. Hence, the need of the system changing aiming at more sustainable forms of agriculture, especially to the environmental costs caused by the intensive and conventional farming, is highlighted in the current agriculture.

Keywords: agroecology, environmental pollution, agricultural sustainability.

INTRODUÇÃO

O início da agricultura está ligado a uma série de transformações no conceito de produzir. A agricultura passou por várias revoluções agrícolas, que visavam diminuir as restrições do meio ambiente e necessidade de trabalho (ASSIS & ROMEIRO, 2002). A agricultura moderna, a partir dos anos 50, priorizou um modelo tecnológico com base no uso intensivo da mecanização, adubos minerais de alta solubilidade e agrotóxicos, denominado de revolução verde (KAMIYAMA et al., 2011), período no qual, a agricultura se desenvolveu expressivamente causando, via de regra, impactos ao meio ambiente (BARBOZA et al., 2012).

Visando minimizar os impactos sociais, econômicos e, principalmente, os ambientais ocasionados pela revolução verde, surge a agroecologia, se contrapondo ao sistema convencional e enfocando a agricultura sob uma perspectiva ecológica (LIMA & CARMO, 2006). A partir deste ponto, a pesquisa em agroecologia passou a diagnosticar e propor alternativas de manejo buscando a redução no uso de insumos químicos e práticas agrícolas intensivas nos agroecossistemas produtivos.

Assim, a agroecologia pode ser definida como uma ciência que visa estabelecer bases teóricas para os diferentes movimentos de agricultura alternativa. Busca entender o funcionamento de agroecossistemas complexos e as diferentes interações presentes nestes, tendo como princípio a conservação e a ampliação da biodiversidade como base para o desenvolvimento sustentável. Esse sistema propõe alternativas que visam minimizar a artificialização do ambiente natural onde são desenvolvidas as atividades agrícolas, apresentando uma série de princípios e metodologias que buscam estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar estes agroecossistemas (ASSIS & ROMEIRO, 2002).

Esta revisão tem como objetivo descrever os atuais modelos de agricultura, seus impactos com relação à degradação do solo e poluição do ar e água. Descrever ainda os benefícios da utilização de sistemas agroecológicos de produção agrícola, como a agricultura orgânica, a avaliação da qualidade do solo e, as possíveis implicações benéficas da transição de um sistema tradicional para um sistema agroecológico.

DESENVOLVIMENTO

Expansão das áreas de cultivo

Áreas de cultivo representam 12% da superfície terrestre, enquanto que as pastagens ocupam cerca de 26%, sendo juntos, o maior uso da terra no planeta (FOLEY et al., 2011). Áreas sob vegetações naturais foram convertidas em áreas agrícolas a partir de 1945, mais intensamente do que em qualquer outro período da história. Cerca de 24% da superfície terrestre foi transformada em sistemas de cultivo (CERRI et al., 2007). Estima-se que a agricultura foi responsável por conversão de 70% das áreas de pastagens nativas, 50% das áreas de savana, 45% da área de floresta decídua temperada e 27% das florestas tropicais. Nos trópicos, cerca de 80% das áreas de cultivo estão substituindo florestas nativas (GIBBS et al., 2010).

Entre os anos de 1985 e 2005, a área cultivada aumentou cerca de 7%, gerando grandes aumentos na produção de alimentos (FOLEY et al., 2011). Durante este período, a população humana aumentou exponencialmente, com isso a área agrícola aumentou em grande parte para atender as crescentes demandas por alimentos, madeira, fibras, e combustível (CERRI et al., 2007). Atualmente 62% da produção agrícola mundial visam à produção de alimentos para

alimentação humana, 35% para alimentação animal e 3% para produção de sementes, bioenergia e outros produtos industriais, existindo uma disparidade entre as regiões. Na América do Norte e Europa, 40% de suas terras agrícolas são dedicadas à produção de alimentos para alimentação humana, já na África e Ásia, isso representa mais de 80% (FOLEY et al., 2011).

Impactos causados pela agricultura convencional

A agricultura passa por um processo contínuo de modernização, via incorporação de novas tecnologias, gerando por um lado o crescimento econômico e, por outro, riscos potenciais ao meio ambiente. Esses riscos são causados principalmente por práticas inadequadas de manejo do solo e das culturas, desmatamento, perda da biodiversidade, salinidade, desertificação (FOLEY et al., 2011), erosão dos solos (STOCKING, 2003) e contaminação dos recursos naturais (BARBOZA et al., 2012).

O sistema convencional de agricultura convencional é considerado altamente dependente de insumos externos, como fertilizantes químicos e agrotóxicos (ADL et al., 2011), que podem, quando utilizados de forma inadequada, provocar contaminação de solos, água e ar, além de causar resistência de pragas e aumento das emissões de gases de efeito estufa (TSCHARNTKE et al., 2012). A agricultura é considerada responsável por 30 a 35% das emissões de GEE (DEFRIES & ROSENZWEIG, 2010). Aproximadamente 70% de todas as emissões antropogênicas de óxido nitroso (N_2O) são atribuídas à agricultura (LANA, 2009).

A alta dependência por fertilizantes, por exemplo, causa o aumento dos custos energéticos de conversão do nitrogênio atmosférico, além do processo de extração dos outros elementos, como o fósforo e potássio (MACDONALD et al., 2011). O excesso de nutrientes aplicados na agricultura convencional pode causar problemas ambientais em algumas partes do planeta. Custos ambientais de todas as perdas de nitrogênio na Europa foram recentemente estimados em € 70 a 320 bilhões de euros por ano, o que supera os benefícios econômicos diretos do nitrogênio na agricultura (FOLEY et al., 2011).

A agricultura é considerada uma das principais atividades humanas consumidoras de água, estima-se que 70% da água doce do planeta são dedicadas a irrigação (GORDON et al., 2005). A agricultura convencional é considerada uma das principais poluidoras dos recursos hídricos, sendo a salinidade e a contaminação por nitrato os principais indicadores de poluição (DIAZ & ROSENBERG, 2008). Sob determinadas condições de solo e clima, além do uso excessivo ou o manejo inadequado de fertilizantes, pode ocorrer também a eutrofização de águas (BRITO et al., 2005), como relatado em vários trabalhos da literatura nacional (SHIGAKI et al., 2006; MORI et al., 2009; MORETTO et al., 2012).

A erosão e outras formas de degradação do solo são os principais problemas que a agricultura intensiva enfrenta (STOCKING, 2003). Os processos de degradação do solo estão intimamente relacionados com as formas de manejo adotadas (LAL, 2009), assim, destaca-se a importância do manejo sustentável da agricultura (GADERMAIER et al., 2012). As perdas de solo em alguns locais do planeta, citando o centro-sul brasileiro, México, região central dos EUA, vários países da Europa, África, Índia, entre outros, atingem mais de $50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, 1 até 100 vezes mais rápido do que a taxa de formação do solo. Em outras palavras, perde-se cerca de meio centímetro de camada deste precioso recurso por ano em alguns lugares do planeta (BANWART, 2011).

Esta degradação tem sido estimada em 16-40% da área terrestre (CHAPPELL & LAVALLE, 2011) até mesmo na Europa, provocando significativas perdas de solo, conseqüentemente, os rendimentos das culturas serão reduzidos conforme previsão para o próximo século (BANWART, 2011). A cada ano cerca de 10 milhões de hectares de terras cultiváveis são perdidas devido aos processos erosivos (LAL, 2009). O problema é mais crítico quando percebemos que mais de 99,7% do alimento humano (calorias) vem da terra enquanto menos de 0,3% vem dos oceanos e outros ecossistemas aquáticos (PIMENTEL, 2006).

Nesse processo de agricultura, a eficiência de uso dos recursos limitantes (inclui também a água, fertilizantes e o petróleo) deve ser levada em consideração (LANA, 2009). Além disso,

os recursos naturais não renováveis apresentam sua extração de forma finita, ainda assim, sustentando a agricultura intensiva (PIMENTEL et al., 2005).

Um fenômeno preocupante sobre o uso dos recursos naturais não renováveis pode ser visualizado na chamada curva de Hubbert (Figura 1). Esta curva aplica-se à exploração de qualquer outro recurso natural não renovável, como o uso de fertilizantes, uso do solo e da água. A partir do pico de exploração (situação atual), se não houver novas alternativas para se produzir alimentos sem depender dos recursos vigentes, ou racionalização da exploração, consequências catastróficas podem ocorrer com a humanidade em algum momento neste século, citando a escassez de água potável e alimentos de qualidade (LANA, 2009).

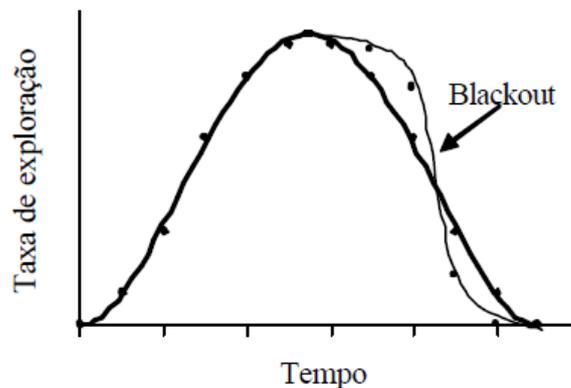


FIGURA 1 - Curva de Hubbert de exploração dos recursos naturais não renováveis e curva alterada pela manutenção artificial do pico de produção.

O uso indiscriminado de insumos agrícolas

Durante o processo de modernização agrícola surgiram tecnologias eficientes, com base em substâncias organossintéticas, para o controle de insetos, plantas daninhas e fitopatógenos indesejáveis aos cultivos agrícolas, contribuindo para a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo, bem como no aumento da produção de alimentos (STEFFEN et al., 2011).

A partir do grande sucesso desses insumos, novas moléculas foram produzidas, fortalecendo as grandes indústrias de agroquímicos presentes nos dias de hoje (PORTO & SOARES, 2012), e conseqüentemente tornando a agricultura brasileira cada vez mais dependente desses agrotóxicos, a ponto de colocar o Brasil no posto de maior consumidor mundial de agrotóxicos nos últimos três anos (CARNEIRO et al., 2012).

Entretanto os efeitos negativos do uso de agrotóxicos, como os danos associados à saúde humana, e o desequilíbrio ambiental, pelo aparecimento de novas pragas, doenças e plantas daninhas ou mesmo pela resistência destas, vêm sendo mascarado pelo aumento da produtividade nas lavouras, o que acaba retardando a introdução ou a continuidade de práticas mais ecológicas na agricultura (PORTO & SOARES, 2012).

No Brasil, o termo agrotóxico passou a ser utilizado em substituição ao termo defensivo agrícola, colocando em evidência a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e a saúde humana. Os efeitos nocivos do uso de agrotóxicos para a saúde humana têm sido objeto de diversos estudos elaborados por profissionais da saúde, os quais têm detectado a presença dessas substâncias em amostras de sangue humano, no leite materno e resíduos presentes em alimentos consumidos pela população em geral, apontando a possibilidade de ocorrência de anomalias congênitas, de câncer, de doenças mentais, de disfunções na reprodutividade humana relacionada ao uso de agrotóxicos (SIQUEIRA & KRUSE, 2008), como relatado nos trabalhos de Moreira et al. (2002); Araújo et al. (2007); Veiga et al. (2007); Recena & Caldas (2008).

As causas para o uso demasiado de agrotóxicos e os riscos de contaminação humana e ambiental por agrotóxicos observados no Brasil (RATTNER, 2009), estão associadas aos problemas sociais encontrados no meio rural (PERES, 2009), ao desrespeito às normas básicas

de segurança, a livre comercialização, e a pressão por parte das empresas que comercializam esses produtos (SOARES & PORTO, 2007; SOARES & PORTO, 2012).

Entretanto se não bastasse à contaminação por meio dos agrotóxicos, algumas empresas produtoras de fertilizantes químicos, com a finalidade de reduzir os custos de produção, passaram a incorporar resíduos industriais em seus adubos para fornecer elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. O maior problema encontra-se nas empresas que não tratam esses resíduos, não considerando que possam estar contaminados com elementos tóxicos para as plantas e animais, e acumulativos no meio ambiente. Esse problema também é relatado por Gonçalves Junior & Pessoa (2002). Segundo os autores, os adubos utilizados para suprir micronutrientes possuem composição, que além dos elementos desejáveis, também, em geral, contém metais pesados tóxicos, como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr).

Nava et al. (2011) estudaram a disponibilidade de metais pesados Cd, Pb e Cr no solo e no tecido foliar da cultura da soja após a adubação com diferentes fontes de zinco (Zn). Os autores constataram que os fertilizantes utilizados disponibilizaram esses elementos tóxicos para as plantas de soja e aumentaram as concentrações dos mesmos nos solos. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves Junior et al. (2011), avaliando a disponibilidade desses metais pesados tóxicos em plantas de trigo. Os autores constataram que mesmo aplicando esses fertilizantes na cultura anterior, foi possível obter valores significativos de Pb e Cr no tecido vegetal das plantas.

Esses resultados apontam para um grande problema ambiental, pois além de alguns fertilizantes disponibilizarem micronutrientes essenciais e benéficos às culturas, também disponibilizam metais pesados tóxicos à cadeia produtiva, pela contaminação cumulativa nos solos, podendo atingir a cadeia trófica, e causarem diversos problemas de saúde humana, inclusive por serem elementos com potencial cancerígeno (NAVA et al., 2011).

Contudo, uma das formas de evitar problemas como esses é incentivar o uso de sistemas integrados de controle de pragas, doenças, plantas daninhas, e de gestão de nutrientes, como ocorre na agricultura orgânica certificada, pois segundo Pimentel et al. (2005) essas práticas podem reduzir a dependência de insumos inorgânicos, além de tornar a agricultura ambientalmente e economicamente viável. Esses benefícios tendem a aumentar o interesse dos produtores a realizarem a transição de um sistema convencional de cultivo para um sistema agroecológico.

Há preocupações sobre a acelerada perda da biodiversidade em todo o mundo, afetando negativamente o funcionamento do ecossistema. A capacidade dos ecossistemas de fornecer bens e serviços está intimamente associada com a função do ecossistema, tais como a produção primária, ciclos de decomposição, nutrientes e uso da água (HUNT & WALL, 2002).

Diversos fatores estão encorajando os produtores a substituir o cultivo convencional por práticas sustentáveis (PANZENHAGEN et al., 2008). O impacto ambiental da agricultura moderna e o aumento do uso de recursos não renováveis têm levado muitos órgãos nacionais e internacionais a tomar várias iniciativas a fim de promover a adoção e expansão de técnicas agrícolas mais sustentáveis como a agroecologia e a agricultura orgânica (BAGIATIS & OXOUZI, 2011).

Sistemas agroecológicos e agricultura orgânica

Como base na utilização dos princípios agroecológicos, diferentes correntes de produção agrícola alternativas, desenvolvidas foram tomadas como base para os principais modelos de sistemas agroecológicos. Dentre estas, as principais são a agricultura biológica, a agricultura biodinâmica, a agricultura natural, a agricultura ecológica, a permacultura e a agricultura orgânica, sendo esta última a mais difundida e reconhecida junto à pesquisa e ao mercado como sinônimo de todas as outras (ASSIS & ROMEIRO, 2002; BARBOZA et al., 2012).

A agricultura orgânica, assim como os demais sistemas agroecológicos, tem sido sugerida como um meio de mitigar os efeitos negativos da intensificação agrícola. Neste sistema não são utilizados agroquímicos ou fertilizantes inorgânicos, além disso, a criação de animais é integrada

na gestão agrícola da propriedade orgânica, produzindo assim uma área de maior qualidade e produção em relação à áreas de cultivo intensivo (WINQVIST et al., 2012). A manutenção da cobertura permanente do solo, integração da adubação orgânica e verde, controle da erosão, manejo da fertilidade do solo, consequente equilíbrio nutricional das plantas, além do controle biológico de pragas, são outras práticas amplamente utilizadas nestes sistemas (AZADI et al., 2011).

No último levantamento realizado pelo Institute of Organic Agriculture, em cooperação com a International Federation of Agriculture Movements, no trabalho intitulado “The world of organic agriculture – Statistics and Emerging Trends 2012 (WILLER & KILCHER, 2012), no ano de 2012, cerca de 37,04 milhões de hectares de terras agrícolas foram destinados à produção orgânica. Esta área pode ser dividida entre os continentes da seguinte maneira: Oceania (12,0 milhões de hectares), Europa (10,0 milhões de hectares), América Latina (8,4 milhões de hectares), Ásia (2,8 milhões de hectares), América do Norte (2,7 milhões de hectares) e África (1,1 milhão de hectares). Neste cenário o Brasil ocupa a quinta posição entre os países com maior área destinada à produção orgânica, apresentando cerca de 1,77 milhões de hectares destinados à essa atividade.

Assim, enquanto a agricultura orgânica está se expandindo rapidamente, uma questão importante é compreender como essa atividade pode contribuir para um sistema sustentável de produção agrícola (AZADI et al., 2011).

Impactos benéficos causados pela agricultura orgânica

No topo dos impactos causados pela agricultura orgânica está a mitigação das causas e efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas. Além da maior resiliência dos sistemas orgânicos aos efeitos destas mudanças, devido principalmente à diversificação de espécies e técnicas de manejo, aliados à melhoria das condições de fertilidade do solo, esses sistemas apresentam baixa emissão de carbono (C) e nitrogênio (N) na atmosfera, principalmente pelo melhor aproveitamento destes elementos no sistema (AZADI et al., 2011). Em solos sob sistemas orgânicos, a dependência da fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas, e as quantidades relativamente altas de matéria orgânica, podem regular a disponibilidade de N e C no solo que seriam emitidos para a atmosfera (MORGERA et al., 2012).

As técnicas utilizadas na agricultura orgânica, quando efetuadas de forma correta, melhoram a fertilidade dos solos, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, diminuindo a erosão e a lixiviação, conseqüentemente, a perda de qualidade deste recurso (KAMIYAMA et al., 2011). Isso é possível devido à manutenção da cobertura do solo, rotação de culturas, incremento de matéria orgânica e favorecimento das atividades biológicas do solo, aplicando neste ponto, o conceito chave da agricultura orgânica, a conservação do solo (LYNCH, 2009).

A agricultura orgânica diminui os riscos de contaminação dos corpos hídricos, visto que se utiliza de fertilizações orgânicas e não utiliza nenhum tipo de agrotóxico ou outros produtos sintéticos que possam contaminar ou serem fontes de contaminantes para estes recursos (AZADI et al., 2011). Além disso, o solo em um sistema de produção orgânica apresenta maior capacidade de retenção de eventuais contaminantes no solo, diminuindo as chances de percolação destes (MORGERA et al., 2012).

A ausência de produtos sintéticos, como os pesticidas, oferece um habitat natural melhorado e adequado para aves, insetos e microorganismos presentes no solo. Além disso, o controle biológico de pragas favorece o desenvolvimento de inimigos naturais e mantém a população de insetos polinizadores (WINQVIST et al., 2012). A produção orgânica rejeita a utilização de organismos geneticamente modificados, utilizando-se para isso, maior diversidade genética de espécies cultivadas de forma a manter o *pool* genético da propriedade (LYNCH, 2009).

Do ponto de vista social, a agricultura orgânica surge como oportunidade para a geração de emprego em comunidades locais, visto que essa atividade requer maior acompanhamento e

mão-de-obra. Por se tratar ainda de um movimento novo e pouco desenvolvido, as oportunidades de investimento em produtos e serviços alternativos é maior. Este sistema, além de beneficiar a segurança do trabalhador, pela não utilização de produtos tóxicos, favorece também a segurança alimentar e a do consumidor, que ao preferir produtos orgânicos, estará menos suscetível ao contato com produtos tóxicos, além de ingerir produtos mais saudáveis (MORGERA et al., 2012).

Com isso, a agroecologia e todos os seus sistemas agroecológicos torna-se uma alternativa à produção sustentável, que proporciona além da preservação ambiental, uma mudança na relação homem-natureza. A adoção de práticas agroecológicas, quando feitas de forma correta, permite o desenvolvimento de uma agricultura ambientalmente consciente e, com isso, produtiva, econômica e socialmente viável (BARBOZA et al., 2012).

O sistema solo, um indicador de qualidade dos agroecossistemas

Para que um agroecossistema represente uma produção sustentável, os componentes do seu sistema (plantas, solos, nutrientes, luz solar, umidade e microrganismos coexistentes) devem estar em equilíbrio. Quando estes componentes não estão em equilíbrio, o agroecologista passar a ter o objetivo de restabelecer/restaurar o agroecossistema (ALTIERI, 2008).

Os sistemas intensivos de produção podem afetar negativamente, a qualidade do solo por mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas ao contrário do sistema orgânico, que apresenta o potencial de melhorar a qualidade do solo (MADER et al., 2002). O sistema solo é o meio onde ocorrem diversas reações complexas impondo-lhe vasta dinâmica física, química e biológica, tanto dos seus constituintes minerais e orgânicos, quanto dos elementos que lhe são adicionados constantemente (STEFFEN et al., 2011).

Nesse sentido, avaliar a qualidade dos solos e a biodiversidade dos sistemas é muito importante. Entender a dinâmica do solo é fundamental no manejo de agroecossistemas. Além disso, a diversidade biológica de um agroecossistema cria a base para as interações ecológicas, que são fundamentais para a manutenção dos mesmos (GLIESSMAN, 2009).

A qualidade do solo é um importante indicador da sustentabilidade de agroecossistemas. Seu monitoramento pode ser realizado a partir de indicadores ao longo do tempo, ou comparando seus desempenhos com valores de referência, que podem ser estabelecidos a partir de resultados de pesquisa ou obtidos em ecossistemas naturais, próximo aos locais de estudo (CASALINHO et al., 2007), ou seja, é necessário determinar valores para as variáveis dos indicadores (KAMIYAMA et al., 2011).

Os indicadores físicos do solo podem ser mensurados pelas variáveis como: textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação da água e sistema de cultivo (ARAÚJO et al., 2012). Indicadores químicos, segundo os mesmos autores, estão relacionados com as variáveis: teor de matéria orgânica, acidez, disponibilidade de macro e micronutrientes (Ca, Mg, P, K, Cu, Fe, Zn, e Mn), elementos fitotóxicos (por ex.: Al^{3+}), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%). No entanto, a maioria dessas variáveis necessita de maior tempo para verificar as mudanças significativas em função das práticas agrícolas utilizadas no solo.

Muitos estudos apontam o uso de parâmetros biológicos como bons indicadores de qualidade do solo. Estes parâmetros possuem maior grau de sensibilidade aos estresses ambientais e adversidades ou progressos na estrutura e na fertilidade do solo em um curto período de tempo (VALARINI et al., 2003). Os indicadores biológicos do solo podem ser: a biomassa microbiana, N mineralizável, respiração microbiana, atividade enzimática e o quociente metabólico (ARAÚJO et al., 2012).

A importância de todos estes indicadores, segundo Vezzani & Mielniczuk (2009), está na relação que possuem com as funções do solo, como: a habilidade de regular e compartimentalizar a absorção de elementos químicos, promover e sustentar o desenvolvimento de raízes, manter um habitat biológico adequado e responder ao manejo, resistindo à degradação. A utilização desses indicadores confere uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos,

sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente (ARAÚJO et al., 2012), e em trabalhos que visam a comparação entre diferentes sistemas de cultivo. Na Tabela 1, podem-se observar alguns trabalhos que utilizaram alguns dos indicadores para comparar diferentes sistemas de cultivo.

TABELA 1. Trabalhos publicados utilizando indicadores de qualidade do solo para comparar diferentes sistemas de cultivo.

Autores	Indicadores de qualidade do solo	Sistemas de cultivo
Costa et al. (2006)	Físico: Ds; PT; CAD; GF; RP; Químico: MO; CTC; P-rem; Biológico: CBM e C-CO ₂ .	Convencional e Plantio Direto
Xavier et al. (2006)	Químico: MO; Biológico: C-org; Cmic e Nmic; Cmol e Nmol; C-min.	Convencional e orgânico
Maluche-Baretta et al. (2007)	Químico: MO; pH; P ⁻ ; K ⁺ ; Ca ²⁺ ; Mg ²⁺ ; Al; CTC; V%. Biológico: CBM; C-CO ₂ ; C-org; qCO ₂ ; NBM.	Convencional e orgânico
Lima et al. (2007)	Físico: Ds; Dp; PT; RP; Químico: MO; P; K; Ca; Mg; Al; CTC; V%.	Convencional e orgânico
Lourente et al. (2011)	Físico: Ds; Dp; PT; Químico: MO; pH; P; K; Ca; Mg; Al; CTC; V%. Biológico: CBM; C-CO ₂ ; C-org; qCO ₂ ; qMIC.	Convencional; Pastagem; Plantio direto; Reflorestamento
Lisboa et al. (2012)	Biológico: CBM, e atividades enzimáticas (β -glicosidase, urease, fosfatase, ácida e arilsulfatase)	Convencional e Plantio Direto

Físicos: DS= densidade do solo; Dp= Densidade de partículas; PT= Porosidade total; CAD= Capacidade de água disponível; G.= Grau de floculação; RP= Resistência do solo à penetração; **Químico:** MO= Matéria Orgânica; CTC= Capacidade de troca catiônica; P-rem= fósforo remanescente; V%= saturação de bases. **Biológico:** CBM.= Carbono da biomassa microbiana; C-CO₂= Respiração Basal; C-org.=Carbono orgânico total; Cmic e Nmic= C e N microbiano; Cmol e Nmol; C e N da matéria orgânica leve; C-min.= C mineralizável; qCO₂= quociente metabólico; qMIC= quociente microbiano; NBM.= nitrogênio da biomassa microbiana.

Quando se trabalha com indicadores de qualidade do solo para comparar sistemas de cultivo, o ideal é que o estudo seja realizado durante um longo período de tempo, a fim de poder observar resultados expressivos dos indicadores físicos, químicos e biológicos. MÄDER et al. (2007) realizaram um dos estudos mais completos e de longa duração, avaliando durante 21 anos a biodiversidade e a qualidade do solo entre sistemas de cultivo convencional e orgânicos para a cultura do trigo, na Europa Central.

Dentre os diversos indicadores avaliados, o sistema de cultivo orgânico apresentou melhor estruturação e infiltração de água que os solos do sistema de cultivo convencional, esses indicadores físicos são difíceis de apresentarem variações em períodos curtos de avaliação, entretanto foi possível observar resultados significativos, além de melhorias nos atributos biológicos, como presença de micorrizas e maior atividade enzimática. Entretanto, a produtividade do trigo no sistema de cultivo orgânico foi 20% menor, porém compensada pela redução expressiva dos gastos com fertilizantes, energia e agrotóxicos, sendo 34%, 53% e 97%, respectivamente, mais econômico que o sistema de cultivo convencional (MÄDER et al., 2007).

Balanco energético

Uma medida para monitorar a sustentabilidade de um sistema agroecológico seria a estimativa dos balanços de energia e de eficiência energética, que constitui um importante instrumento no monitoramento da agricultura ante o uso de fontes de energia não renováveis (BUENO et al., 2000). Observando a importância e utilidade deste instrumento, vários pesquisadores têm se utilizado dos balanços de energia para avaliação de sistemas e atividades

agrícolas, nas mais diversas proporções, com distintas fronteiras (delimitações) do sistema (CAMPOS & CAMPOS, 2004).

Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem poderosas ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas (CAMPOS & CAMPOS, 2004). Determinar a melhor estratégia de manejo dos sistemas agrícolas depende da análise das condições ambientais específicas, bem como dos dados de balanços energéticos e econômicos (CAMPOS et al., 2004). A conversão dos atuais sistemas agrícolas para sistemas agroecológicos constitui uma importante iniciativa no sentido de se buscar a sustentabilidade. Neste contexto, as análises energéticas se apresentam como uma metodologia fundamental para a comparação dos sistemas convencionais e orgânicos (ASSENHEIMER et al., 2009), como relatado no trabalho de Souza et al. (2008) em cultivo de hortaliças.

Agroecologia e biodiversidade

Um dos objetivos e resultados da chamada agricultura agroecológica em todo o mundo é a ampliação e a manutenção da biodiversidade (BEECHER et al., 2002). A biodiversidade dessas áreas agrícolas é constituída por populações de espécies vegetais e animais que vivem nos agroecossistemas tropicais e variam em função do uso e da ocupação das terras e da estabilidade temporal e espacial dos sistemas de produção (SUÁREZ-SEOANE et al., 2002).

As preocupações com a biodiversidade não se limitam ao caso isolado de cada parcela ou campo cultivado certificado, mas consideram o uso e ocupação das terras na propriedade como um todo, bem como em seu entorno (GLIESSMAN, 2002). Trabalhos realizados em canaviais orgânicos, sem a utilização de agrotóxicos ou do fogo no momento da colheita, e o manejo agroecológico orgânico estabelecido ao longo do tempo, têm propiciado a estruturação de uma teia alimentar complexa, englobando desde consumidores primários, secundários, terciários, até predadores de topo de cadeia, como aves de rapina e mamíferos carnívoros. Os resultados obtidos permitem uma descrição qualitativa e quantitativa da biodiversidade faunística em diversos habitats associados ao uso e ocupação das terras, com um sistema agroecológico (MIRANDA & MIRANDA, 2004).

Além das relações tróficas, a manutenção e a restauração das áreas de matas nativas, de matas ciliares ao longo dos cursos d'água, além das áreas em regeneração espontânea associadas aos canaviais orgânicos formam um mosaico de habitats favoráveis ao desenvolvimento e à implantação de um povoamento faunístico extremamente rico (SUÁREZ-SEOANE et al., 2002), como relatado no trabalho de Miranda & Miranda (2004) em cultivos orgânicos de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Medidas de monitoramento visando à conservação da biodiversidade em um sistema agroecológico devem ser permanentes e seguir um planejamento orientado por pesquisadores. Além disso, a facilidade no acesso do agricultor a terra, água, recursos naturais, bem como a linhas de crédito, mercados e tecnologias apropriadas, são características de grande importância para assegurar o desenvolvimento sustentável. O controle e acesso a recursos só pode ser garantido por reformas políticas ou iniciativas comunitárias bem organizadas (ALTIERI, 2004).

CONCLUSÕES

Os modelos da agricultura convencional atual são altamente produtivos, porém muito dependentes de insumos externos, muitas vezes utilizados de forma errada causando impactos ambientais de grandes proporções. Assim, buscam-se modelos de agricultura mais sustentáveis como os modelos do sistema agroecológico, que visam diminuir a utilização massiva destes insumos ou a sua substituição dos mesmos.

A transição do modelo atual de agricultura intensiva, por modelos menos impactantes ao meio ambiente deve ocorrer de maneira gradativa nas propriedades rurais, visando o estabelecimento aos poucos do novo modelo de agricultura, trazendo benefícios econômicos e

ambientais para os produtores, além da produção de se produzir alimentos mais saudáveis e a geração de empregos no campo.

As mudanças devem iniciar em novas políticas agrárias com incentivos governamentais, incentivos a pesquisas, além do desenvolvimento e transferência de tecnologias eficientes, acessíveis e, acima de tudo, economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADL, S.; IRON, D.; KOLOKOLNIKOV, T. A threshold area ratio of organic to conventional agriculture causes recurrent pathogen outbreaks in organic agriculture. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.409, p.2192–2197, 2011.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 120p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 117p.

ARAÚJO, A.J.; LIMA, J.S.; MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; SOARES, M.O.; MONTEIRO, M.C.M.; AMARAL, A.M.; KUBOTA, A.; MEYER, A.; COSENZA, C.A.N.; NEVES, C.; MARKOWITZ, S. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais, Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.12, n.1, p.115-130, 2007.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, jan./abr. 2012.

ASSENHEIMER, A.; CAMPOS, A.T.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C. Análise energética de sistemas de produção de soja convencional e orgânica. **Ambiência**, v.5, p.443-455, 2009.

ASSIS, R.L.; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n.6, p.67-80, 2002.

AZADI, H.; SCHOONBEEK, S.; MAHMOUDI, H.; DERUDDER, B.; DE MAEYER, P.; WITLOX, F. Organic agriculture and sustainable food production system: Main potentials. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.144, p.92-94, 2011.

BAGIATIS, V.K.; OXOUZI, E.T. The evolution of the relative position of 15 eu member states regarding organic agriculture. **Journal of Agricultural Sciences**, Toronto, v.56, n.2, p.133-143, 2011.

BANWART, S. Save our soils. **Nature**, Londres, v.474, p.151–152, 2011.

BARBOZA, L.G.A.; THOMÉ, H.V.; RATZ, R.J.; MORAES, A.J. Para além do discurso ambientalista: percepções, práticas e perspectivas da agricultura agroecológica. **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.2, p.389-401, 2012.

BEECHER, N.A.; JOHNSON, R.J.; BRANDLE, J.R.; CASE, R.M.; YOUNG, L.J. Agroecology of birds in organic and nonorganic farmland. **Conservation Biology**, Boston, v.15, n.6, p.1620-1631, 2002.

BRITO, L.T.L.; SRINIVASAN, V.S.; SILVA, A.S.; GHEYI, H.R.; GALVÃO, C.O.; HERMES, L.C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.596-602, 2005.

BUENO, O.C.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: **AVANCES en Ingeniería Agrícola**. Buenos Aires : Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p.477-482.

CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1977-1985, 2004.

CAMPOS, A.T.; SAGLIETTI, J.R.C.; BUENO, O.C.; CAMPOS, A.T.; KLOSOWSKI, E.S.; GASPARINO, E. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1977-1985, nov./dez., 2004.

CARNEIRO, F.F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R.M.; AUGUSTO, L.G.S.; RIZOLLO, A.; MULLER, N.M.; ALEXANDRE, V.P.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M.S.C. **Dossiê ABRASCO** – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde - 1ª Parte. ABRASCO, Rio de Janeiro, abril de 2012. 98p.

CASALINHO, H.D.; MARTINS, S.R.; SILVA, J.B.; LOPES, A.S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.195-203, abr./jun., 2007.

CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W.E.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-99, 2007.

CHAPPELL, M.J.; LAVALLE, L.A. Food security and biodiversity: can we have both? **Agriculture and Human Values**, Nova York, v.28, p.3-26, 2011.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G.; Qualidade do solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul., 2006.

DEFRIES, R.; ROSENZWEIG, C. Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, Nova York, v.107, p.19627-19632, 2010.

DIAZ, R.J.; ROSENBERG, R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. **Science**, Nova York, v.321, p.926-929, 2008.

FOLEY, J.A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.A.; CASSIDY, E.S.; GERBER, J.S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N.D.; O'CONNELL, C.; RAY, D.K.; WEST, P.C.; BALZER, C.; BENNETT, E.M.; CARPENTER, S.R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D.P.M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, Londres, v.478, p.337-342, 2011.

GADERMAIER, F.; BERNER, A.; FLIEBACH, A.; FRIEDEL, J.K.; MÄDER, P. Impact of reduced tillage on soil organic carbon and nutrient budgets under organic farming. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v.27, n.1, p.68-80, 2012.

GIBBS, H.K.; RUESCH, A.S.; ACHARD, F.; CLAYTON, M.K.; HOLMGREN, P.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J.A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, Califórnia, v.107, p.16732–16737, 2010.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 653 p.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2009. 654p.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; SCWANTES, D.; NAVA, I.A.; STREY, L. Phytoavailability of toxic heavy metals and productivity in wheat cultivated under residual effect of fertilization in soybean culture. **Water, air & soil pollution**, v.220, n.1-4, p.205-211, 2011.

GONÇALVES JUNIOR., A.C.; PESSOA, A.C.S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em argissolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p. 19-23, jan./dez., 2002.

GORDON, L.J.; STEFFEN, W.; JONSSON, B.F.; FOLKE, C.; FALKENMARK, M.; JOHANNESSEN, A. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Nova York, v.102, n.21, p.7612-7617, 2005.

HUNT, H.W.; WALL, D.H. Modelling the effects of loss of soil biodiversity on ecosystem function. **Global Change Biology**, v.8, p.33-50, 2002.

KAMIYAMA, A.; MARIA, I.C.; SOUZA, D.C.C.; SILVEIRA, A.P.D. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.176-184, 2011.

LAL, R. Laws of sustainable soil management. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v.29, p.7-9, 2009.

LANA, R.P. Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.38, p.330-340, 2009.

LIMA, A.J.P.; CARMO, M.S. Agricultura sustentável e a conversão agroecológica. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v.4, n.7, p.47-72, 2006.

LIMA, H.V.; OLIVEIRA, T.S.; OLIVEIRA, M.M.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.J.B.F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 31, n.5, p.1085-1098, set./out., 2007.

LISBOA, B.B.; VARGAS, L.K.; SILVEIRA, A.O.; MARTINS, A.F.; SELBACH, P.A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.1, p.33-44, jan./fev., 2012.

- LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.20-28, 2011.
- LYNCH, D. Environmental impacts of organic agriculture: A Canadian perspective. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.89, p.621-628, 2009.
- MACDONALD, G.K., BENNETT, E.M., POTTER, P.A.; RAMANKUTTY, N. Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Nova York, v.108, p.3086-3091 2011.
- MÄDER, P.; FLIEBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, v.296, p.1694-1697, 2002.
- MÄDER, P.; HAHN, D.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; ALFOLDI, T.; BERGMANN, H.; OEHME, M.; AMADO, R.; SCHNEIDER, H.; GRAF, U.; VELIMIROV, A.; FLIEBBACH, A.; NIGGLI, U. Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21 year Field experiment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.87, n.10, p.1826-1835, ago., 2007.
- MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; KLAUBERG-FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, G.M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.655-665, jul./ago, 2007.
- MIRANDA, J.R.; MIRANDA, E.E. Biodiversidade e Sistemas de Produção Orgânica: Recomendações no Caso da Cana-De-Açúcar. **Documentos 27**. EMBRAPA, 2004. 93p.
- MOREIRA J.C.; JACOB, S.C.; PERES, F.; LIMA, J.S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J.J.; SARCINELLI, P.N.; BATISTA, D.F.; EGLER, M.; FARIA, M.V.C.; ARAÚJO, A.J.; KUBOTA, A.H.; SOARES, M.O.; ALVES, S.R.; MOURA, C.M.; CURI, R. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.7, n.2, p.299-311, 2002.
- MORETTO, D.L.; PANTA, R.E.; COSTA, A.B.; LOBO, E.A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, 2012, v.24, n.1, p.29-42, 2012.
- MORGERA, E.; CARO, C.B.; DURÁN, G.M. Organic agriculture and the Law: environmental and social benefits of organic agriculture. **FAO Legislative Studies**, Rome, v.107, p.6-10, 2012.
- MORI, H.F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; DIECKOW, J.; SANTOS, W.L. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquido bovino em latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.1, p.189-198, 2009.
- NAVA, I.A.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; GUERINI, V.L.; SCWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.884-892, set./out. 2011.

- PANZENHAGEN, N.V.; KOLLER, O.C.; VAQUIL, P.D.; SOUZA, P.V.D.; SOGLIO, F.K.D. Aspectos técnico-ambientais da produção orgânica na região citrícola do Vale do Rio Caí, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.90-95, jan./fev., 2008.
- PERES, F. Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.14, n.6, p.1995-2004, 2009.
- PIMENTEL, D. Soil erosion: a food and environmental threat. **Environment, Development and Sustainability**, Nova York, v.8, p.1119-1137, 2006.
- PIMENTEL, D.; HEPPELY, P.; HANSON J.; DOUDS D.; SEIDEL R. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. **Bioscience**, v.55, p.573-582, 2005.
- PORTO, M.F.; SOARES, W.L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.37, n.125, p.17-31, jan./jun., 2012.
- RATTNER, H. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.14, n.6, p.1965-1971, 2009.
- RECENA, M.C.P.; CALDAS, E.D. Percepção de risco, atitudes e práticas no uso de agrotóxicos entre agricultores de Culturama, MS. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.42, n.2, p.294-301, 2008.
- SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHNOW, L.I. ANIMAL-BASED Agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.63, n.2, p.194-209, mar./apr. 2006.
- SIQUEIRA, S.L.; KRUSE, M.H.L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v.42, n.3, p.584-590, 2008.
- SOARES, W.L.; PORTO, M.F.S. Pesticide use and economic impacts on health. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.46, n.2, p.1-8, 2012.
- SOARES, W.L.; PORTO, M.F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.12, n.1, p.131-143, 2007.
- SOUZA, J.L.; CASALI, V.W.D.; SANTOS, R.H.S.; CECOM, P.R. 2008. Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.26, n.4, p.433-440, 2008.
- STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v.15, n.1, p.15-21, jan./jun. 2011.
- STOCKING, M.A. Tropical soils and food security: the next 50 years. **Science**, Nova York, v.302, n.1356, p.1355-1359, 2003.

SUÁREZ-SEOANE, S.; OSBORNE, P.E.; BAUDRY, J. Responses of birds of different biogeographic origins and habitat requirements to agricultural land abandonment in northern Spain. **Biological Conservation**, Essex, n.105, p.333-344, 2002.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T.C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biological Conservation**, Amsterdam, v.151, p.53-59, 2012.

VALARINI, P.J.; ALVAREZ M.C.D.; GASCO, J.M.; GUERRERO, F.; TOKESHI, H. Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganisms incorporation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.519-525, mai./jun., 2003.

VEIGA, M.M.; DUARTE, F.J.C.M.; MEIRELLES, L.A.; GARRIGOU, A.; BALDI, I. A contaminação por agrotóxicos e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.32, n.116, p.57-68, 2007.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.743-755, jun./ago., 2009.

WILLER, H.; KILCHER, L. **The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2012**. BioFach, Nuremberg, 2012. 268p.

WINQVIST, C.; AHNSTRÖM, J.; BENGTSSON, J. Effects of organic farming on biodiversity and ecosystem services: taking landscape complexity into account. **Annals of The New York Academy of Sciences**, New York, v.1249, p.191-203, 2012.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.247-258, mar./abr., 2006.