



## PROSPECÇÃO CIENTÍFICA SOBRE ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE UTILIZADOS NA AGRICULTURA

### SCIENTIFIC PROSPECTION ON SUSTAINABILITY INDEXES USED IN AGRICULTURE

Ana Luiza Privado Martins<sup>1</sup>; Mayra Nina Araujo Silva<sup>2</sup>; Mayanna Karlla Lima Costa<sup>3</sup>; Alana das Chagas Ferreira Aguiar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Docente do Instituto Federal do Maranhão. Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA – Brasil.

[ana.lpm@ifma.edu.br](mailto:ana.lpm@ifma.edu.br)

<sup>2</sup>Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA – Brasil.

[mayraninapalino@gmail.com](mailto:mayraninapalino@gmail.com)

<sup>3</sup>Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede Bionorte, Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA – Brasil.

[mayannakarlla@hotmail.com](mailto:mayannakarlla@hotmail.com)

<sup>4</sup>Docente da Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA – Brasil.

[alanaaguiar@elointernet.com.br](mailto:alanaaguiar@elointernet.com.br)

#### Resumo:

*A avaliação dos impactos provocados pela agricultura é fundamental para o entendimento do nível de sua sustentabilidade. Nesse contexto, índices de sustentabilidade podem ser utilizados para medição, pois consistem em informações que facilitam a compreensão de dados. Este trabalho teve como objetivo realizar uma prospecção da utilização de índices para avaliação da sustentabilidade agrícola e apresentar uma visão geral das metodologias mais empregadas. Para isso, foram realizadas buscas sobre Índices de Sustentabilidade aplicados à Agricultura no banco de publicações científicas do Science Direct. A pesquisa coletou dados entre os anos de 2004 e 2015, em revistas de várias áreas. Os artigos foram analisados individualmente para certificação de que tratavam sobre o tema abordado. Foi encontrado um total de 496 resultados, sendo que destes, apenas 71 tratavam sobre a temática específica. O ano de 2015 foi o que apresentou maior porcentagem de artigos publicados. A China destacou-se com o maior número de publicações na área entre os anos da pesquisa, com um total de 24 artigos, enquanto o Brasil teve apenas 2 publicações para o mesmo período. Dentre as metodologias utilizadas, destaca-se o Índice*

*Sustentável de Emergia. Diante do número reduzido de manuscritos sobre a temática, conclui-se que este consiste em um assunto promissor para pesquisa e desenvolvimento.*

**Palavras-Chave:** desenvolvimento sustentável; metodologias; sistema agrícola; indicadores.

### **Abstract:**

*The assessment of impacts caused by agriculture is essential to understand the level of its sustainability. In this context, sustainability indexes can be used for measuring, because they consist of information that facilitate the understanding of data. This study aimed to conduct a prospection about the use of index to evaluate the agricultural sustainability and present an overview of the most commonly used methodologies. For this, searches were conducted on Sustainability Indexes applied to Agriculture in the bank of scientific publications of the Science Direct. The survey collected data between 2004 and 2015 in various areas magazines. The articles were analyzed individually for certification that they treated on the discussed topic. A total of 496 results were found, and of these, only 71 treated on the specific theme. The highest percentage of published articles occurred in 2015. China stood out with the highest number of publications in the area between the years of research, a total of 24 articles, while Brazil had only 2 publications for the same period. Among the methods used, Sustainable Emergy Index highlights. On the small number of manuscripts on the subject, it is concluded that this is a promising subject for research and development.*

**Keywords:** sustainable development; methodologies; agricultural system; indicators.

## **1. Introdução**

No final da década de 60 surgiu um novo modelo de agricultura, denominado Revolução Verde, o qual foi implantado em diversas partes do planeta, sobretudo em países subdesenvolvidos. Com o intuito de aumentar a eficiência em termos econômicos, houve uma simplificação dos sistemas agrícolas, com estreitamento das bases genéticas, o que implicou em maior vulnerabilidade às pragas e doenças, aumentando os custos de produção e os riscos ambientais (MOURA, 2002).

Visto que os problemas ambientais aumentavam, dentre eles os relacionados à agricultura, a concepção de que o fator econômico é o mais importante foi questionada, dando lugar à ideia de desenvolvimento sustentável. Segundo Ruscheinsky (2004), o termo “sustentabilidade” começou a ser usado pelos ecologistas modernos nos anos 80. O conceito mais divulgado e utilizado atualmente é o do Relatório de Brundtland – “Nosso Futuro Comum” – da Organização das Nações Unidas (ONU): “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BIDONE; MORALES, 2004).

De acordo com Hansen (1996), a “agricultura sustentável” pode ser conceituada como uma atividade que satisfaça de forma permanente um determinado conjunto de condições para um período indefinido de tempo. Para Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez (2010), estas condições estão relacionados com o carácter multidimensional inerente do conceito de desenvolvimento sustentável, que requer que essa atividade seja sustentável do ponto de vista triplo: economia (operação rentável), justiça social (distribuição justa e equitativa da riqueza) e respeito pelo ambiente (manutenção dos ecossistemas naturais). Devem, portanto, levar em consideração fatores relacionados à comercialização e ao acesso à alimentação e sua qualidade.

A urgência de avaliar se as práticas agrícolas atuais e futuras estão dentro dos limites da sustentabilidade levou à realização de modelagens do impacto da agricultura e das políticas agrícolas, as quais têm sido utilizadas para gestão da atividade (BOYLE *et al.*, 2015). A análise dos impactos provocados por este setor dentre os diferentes sistemas de produção é fundamental para avaliar mais precisamente os custos ambientais envolvidos (SILVA, 2007).

Nesse sentido, é importante também que estas avaliações possam ser agregadas sob a forma de indicadores e índices de sustentabilidade, de modo a proporcionar uma análise sistemática e contínua da situação em diversos contextos. Segundo Silva (2007), estas ferramentas são essenciais para orientar quais decisões serão acatadas, sendo que a necessidade de desenvolvê-las está expressa na Agenda 21 (documento que versa sobre como planejar sociedades sustentáveis). Para Siche *et al.* (2007), índices e indicadores funcionam como identificadores que informam a situação do sistema avaliado, pois como são valores estáticos, revelam a condição do momento.

Admite-se, portanto, que índices de sustentabilidade consistem em informações que facilitam a compreensão de dados, podendo ser utilizados como instrumentos para medição das condições ambientais, econômicas e sociais. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar uma prospecção baseada na busca de artigos científicos sobre a utilização de índices para avaliação da sustentabilidade no meio agrícola e, a partir disso, apresentar uma visão geral das metodologias mais empregadas para o desenvolvimento científico na área.

## **2. Material e métodos**

A pesquisa foi realizada durante o mês de março de 2016, quando foram feitas buscas utilizando-se o banco de artigos científicos do *Science Direct*. Este foi escolhido pelo fato de permitir um acesso facilitado e apresentar um significativo repositório da produção científica mundial.

Para refinamento da busca, foram utilizados os seguintes termos: *index AND sustainab\* AND agricultur\* OR farming OR tillage OR crop\* OR cultivation*. Foi selecionada a opção que mostrou apenas estas palavras encontradas no resumo, título e palavras-chave. Buscaram-se artigos publicados entre os anos de 2004 e 2015, em revistas de todas as áreas, pois a sustentabilidade consiste em uma temática multidisciplinar.

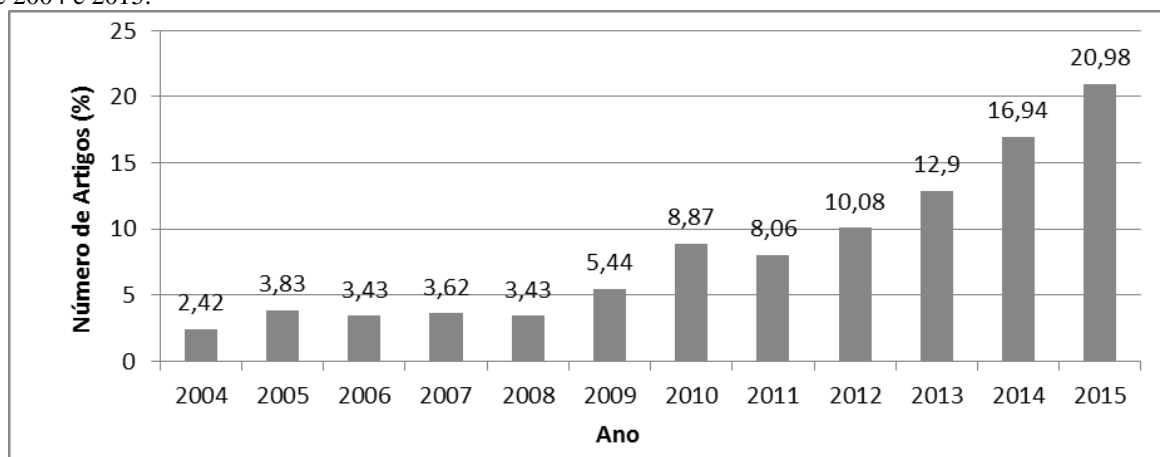
Além disso, cada artigo foi analisado para garantia de que tratava sobre o assunto em questão. Foram selecionados todos os artigos nacionais e internacionais que utilizaram um índice para análise da sustentabilidade agrícola.

### 3. Resultados e discussão

Na busca geral dos artigos, foram encontrados 496 resultados. Entretanto, após leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, detectou-se que havia apenas 71 artigos com abordagem específica sobre índices de sustentabilidade aplicados à agricultura.

No levantamento realizado, destacou-se o ano de 2015, com maior porcentagem de artigos publicados sobre a temática (20,98%). Por outro lado, a menor porcentagem de publicação foi observada no ano de 2004 (2,42%) (Figura 1).

Figura 1 – Porcentagem de artigos sobre “Índice de Sustentabilidade aplicado à Agricultura”, publicados entre os anos de 2004 e 2015.



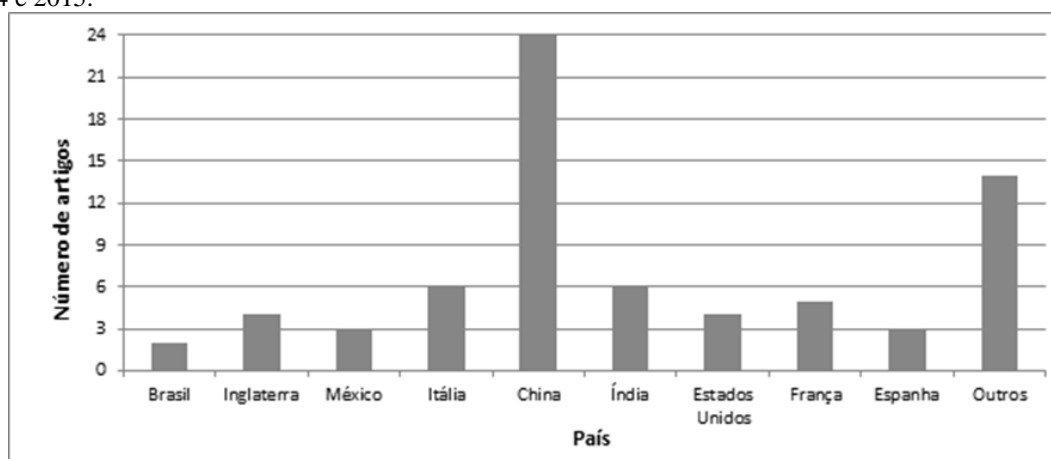
Fonte: Autores (2016)

Apesar do número de publicações sobre o tema em questão ter aumentado nos últimos anos, a quantidade de estudos ainda é ínfima se considerarmos a grande importância da utilização dessa ferramenta para a tomada de decisão e para o desenvolvimento científico. De acordo com Costa (2010), avaliar o desenvolvimento sustentável é atualmente um pré-requisito essencial para promover uma agricultura sustentável. Para Boyle *et al.* (2015), a procura por esse tipo de

agricultura e os seus serviços ecossistêmicos associados crescem, e a capacidade de quantificar essa atividade é de suma importância.

Com relação à quantidade de publicações sobre a temática por país, destacam-se China (24 artigos), Itália e Índia (ambas com 6 artigos) e França (5 artigos). O Brasil aparece com apenas 2 publicações durante todo o período (Figura 2).

Figura 2 – Número de artigos sobre “Índice de Sustentabilidade aplicado à Agricultura”, publicados por país, entre 2004 e 2015.

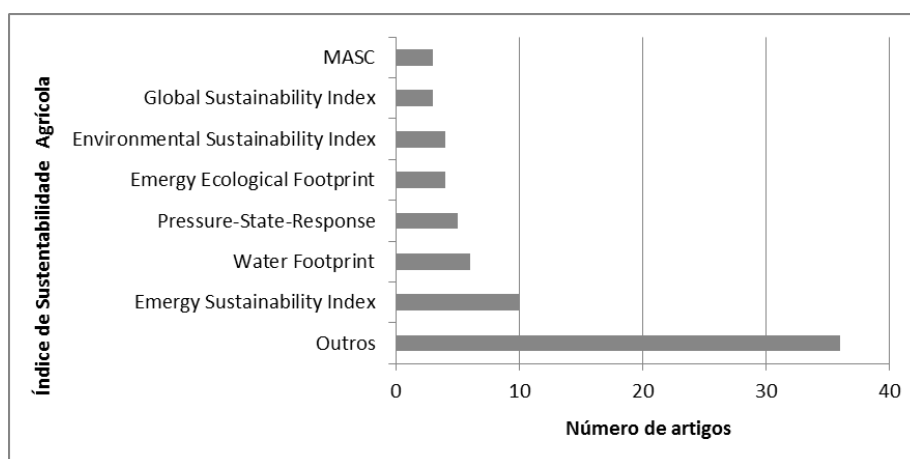


Fonte: Autores (2016)

De acordo com a FAO (2014), a República Popular da China é o país mais populoso do mundo (quase 20% da população terrestre) e um dos maiores produtores e consumidores de alimentos, além de destacar-se como maior produtor agrícola. Diante dessa realidade, o elevado número de pesquisas nesse país pode ser explicado pela maior necessidade e pressão da sociedade para investimentos em sustentabilidade agrícola.

Nos artigos encontrados, observou-se a utilização de diferentes metodologias, destacando-se dentre estas, o *Emergy Sustainability Index* (Índice Sustentável de Emergia), citado em dez publicações. Outras que se destacaram foram *Water Footprint* (Pegada Hídrica) e *Pressure-State-Response* (Modelo Pressão-Estado-Resposta), citadas em seis e cinco artigos, respectivamente (Figura 3).

Figura 3 – Índices de Sustentabilidade aplicados à Agricultura utilizados nos artigos, entre os anos de 2004 e 2015.



Fonte: Autores (2016)

Os principais índices utilizados são apresentados abaixo:

- *Emergy Sustainability Index* (ESI) – Índice Sustentável de Emergia (ISE)

Toda energia necessária para um ecossistema produzir um recurso é chamada de “emergia”. Segundo Odum (1998), esse termo também é utilizado como sinônimo de “energia incorporada” ou “memória energética”. Brown (1998) conceitua emergia como a energia que a biosfera investe para produzir seus bens e serviços, incluindo os bens e serviços da sociedade.

Liu *et al.* (2016) ressaltam que um índice de sustentabilidade baseado em emergia é utilizado para avaliar o estado de desenvolvimento sustentável de um ecossistema, combinando rendimento socioeconômico e impacto ambiental. Para Bastianoni *et al.* (2001), uma análise emergente é uma técnica de análise quantitativa que determina os valores dos recursos e é capaz de representar os valores ambientais e econômicos com uma medida comum. O índice utiliza princípios termodinâmicos e pode ser amplamente aplicado no setor agrícola.

- *Pressure-State-Response* (PSR) – Pressão-Estado-Resposta (PER)

Desde 1980, a OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – Organização para Economia, Cooperação e Desenvolvimento) tem trabalhado efetivamente na proposição de metodologias que sejam capazes de formular medidas de sustentabilidade, desenvolvendo ao longo do tempo, uma abordagem de pressão-estado-resposta. Essa organização estrutura as informações existentes em três tipos de indicadores: de Pressão (indicam as causas dos problemas ambientais); de Estado (descrevem a qualidade do ambiente) e de Resposta (propõem medidas mitigadoras ou protecionistas tomadas pela sociedade para reduzir ou evitar os impactos negativos da atividade humana sobre o ambiente) (SILVA, 2007).

Para Smeets e Weterings (1999), os condutores levam a atividades humanas que causam “pressões” ambientais, o que resulta em alteração no “estado” do meio ambiente, podendo causar um impacto, que eventualmente pode desencadear uma “resposta” política.

Essa metodologia tem sido bastante utilizada não somente na área agrícola, mas é extensamente aplicada em diversos setores.

- *Water Footprint* (WF) – Pegada Hídrica (PH)

No início de 1990, o conceito de Pegada Ecológica (PE) começou a ser utilizado (SILVA *et al.*, 2013). O lançamento do livro *Our ecological footprint*, de Wackernagel e Rees (1996), um estudo pioneiro sobre esse sistema, marca definitivamente a utilização dessa ferramenta para medir e informar sobre o desenvolvimento sustentável. Apesar desse trabalho não ter sido o primeiro a abordar explicitamente o conceito, foi ele que deu início aos diversos trabalhos de pesquisadores e organizações no desenvolvimento dessa ferramenta (SILVA, 2007).

Hoekstra e Huang lançaram, em 2002, um conceito similar denominado *Water Footprint*, com a finalidade de medir a apropriação humana da água doce global. Embora ambos os conceitos tenham origens e métodos de medição diferentes, apresentam alguns aspectos em comum, pois revelam o uso de recursos naturais pela humanidade. Enquanto a PE expressa o uso de espaço (em hectares), a PH mede o uso total de recursos de água doce (em metros cúbicos por ano) (HOEKSTRA, 2009).

A PH pode ser calculada para uma atividade específica, bem ou serviço (SILVA *et al.*, 2013). Dessa forma, tem sido bastante utilizada no setor agrícola, podendo ser citados os trabalhos de Chapagain *et al.* (2006), o qual elaborou a PH do algodão, e de Chapagain e Hoekstra (2007), que avaliou a PH do café e do chá.

- *Emergy Environmental Footprint* (EEF) – Pegada Ecológica Emergética (PEE)

Zhao *et al.* (2005) propôs o método da Pegada Ecológica Emergética. Essa ferramenta objetiva transformar a demanda humana de recursos naturais e a oferta da natureza em conceitos mais compreensíveis e quantificáveis. Esses autores visam ainda estimar a disparidade entre o consumo humano e a produção (baseada em recursos naturais).

A metodologia propõe que os dados de consumo possam ser transformados em fluxos emergéticos e que a biocapacidade seja uma função das fontes renováveis de energia (PEREIRA, 2008). Consiste em uma ferramenta de uso em várias áreas, inclusive na agricultura.

- *Environmental Sustainability Index* (ESI) – Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA)

O Índice de Sustentabilidade Ambiental é uma medida do progresso geral em direção à sustentabilidade ambiental. Essa metodologia foi desenvolvida em 2002, no Fórum Econômico



Mundial, em Genebra, e elaborada para 142 países (JHA; MURTHY, 2003), tendo despertado um interesse considerável.

A ferramenta reúne um conjunto de 68 indicadores básicos. Estes são agregados para a construção de 20 indicadores núcleo, incluindo qualidade do ar, quantidade e qualidade da água, biodiversidade, dentre outros. O processo de construção do ISA reúne esses indicadores em cinco grandes setores gerais de sustentabilidade, os quais são: Sistema de Gestão Ambiental; Redução do Estresse Ambiental; Redução da Vulnerabilidade Humana; Componente da Capacidade Institucional e Social; e Tendência Global. Em seguida, os indicadores são resumidos em um único índice (JHA; MURTHY, 2003), o qual pode ser utilizado nas mais diversas áreas, sendo comum seu uso no setor agrícola.

- *Global Sustainability Index (GSI)* – Índice Global de Sustentabilidade (IGS)

O Índice Global de Sustentabilidade foi criado por triagem em empresas, cuja divulgação e práticas sustentáveis correlacionavam a transparência dos investidores e o desempenho financeiro a longo prazo. Este também incorpora um ponto de partida triplo, ou seja, um conjunto de indicadores-chave com desempenho financeiro, ambiental e social (CRD ANALYTICS, 2012). Além de ser utilizado em outras áreas, o IGS é usado também para a agricultura.

- *Multiattribute Assessment of the Sustainability of Cropping Systems (MASC)* – Avaliação Multiatributo da Sustentabilidade dos Sistemas de Cultivo (AMSC)

O modelo AMSC tem em sua essência uma árvore de decisão que simplifica a avaliação da sustentabilidade, colocando-a em uma estrutura tridimensional (econômica, social e ambiental), gerando um vetor de 32 critérios holísticos elementares (quantitativos e qualitativos) dos sistemas de cultivo. O processo de avaliação envolve o cálculo destes critérios, sua homogeneização em informações qualitativas para incorporação no modelo e sua agregação em toda a árvore, com base em regras de decisão “se-então”, inseridos pelo usuário. Essa metodologia tem várias vantagens sobre os métodos existentes, devido à sua capacidade de lidar com a informação qualitativa, além de sua transparência, flexibilidade e viabilidade (SADOK *et al.*, 2009).

Algumas outras metodologias utilizadas nos artigos encontrados foram as seguintes: Índice de Produção Sustentável, Índice de Sustentabilidade Tamar, Índice de Rendimento Sustentável, APOIA-Novo Rural, MESMIS (Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de recursos naturais incorporando Indicadores de Sustentabilidade) e Índice de Sustentabilidade do Uso do Solo.

Para Melo e Cândido (2013), as diversas metodologias para avaliação da sustentabilidade da agricultura que vêm sendo desenvolvidas nos últimos anos ao redor do mundo mostram-se capazes de fornecer um diagnóstico sobre como estão ocorrendo as práticas no campo e de identificar os fatores que possam estar interferindo na sua sustentabilidade. Contudo, a escolha da



ferramenta a ser adotada é um dos aspectos críticos do processo, tanto com relação à sua determinação, quanto à sua leitura e interpretação. Independente da escolha, esta deve ser direta e precisa, não deixando dúvidas sobre quais os princípios que estão na base do processo (SICHE *et al.*, 2007).

Gallopín (1996) ressalta a importância da viabilidade financeira para direcionar a escolha de um bom índice de sustentabilidade, enquanto Verona (2010) afirma que é essencial um método em que haja transparência dos resultados. Nesse contexto, para viabilizar a decisão sobre qual ferramenta utilizar, é fundamental que sejam levados em consideração também o tempo e o lugar. Essas especificidades são fator chave para uma boa escolha, pois cada sistema agrícola requer uma metodologia distinta, visto que cada um deles possui características diferentes.

É importante destacar também que a aplicação de um índice de sustentabilidade resulta na explicação dos mecanismos e lógicas atuantes na área sob análise e na quantificação dos fenômenos mais importantes que ocorrem no sistema. Através destes dois itens é possível conhecer como a ação humana está afetando seu entorno, alertar sobre os riscos de sobrevivência humana e animal, prever situações futuras e guiar na tomada de melhores decisões políticas (SICHE *et al.*, 2007). Costa (2010) destaca que a elaboração dessas metodologias ainda apresenta problemas conceituais e lacunas, pois é relativamente recente.

Para Boyle *et al.* (2015), as medições da sustentabilidade agrícola devem incorporar não somente indicadores ambientais, como também econômicos e sociais. Segundo Masera *et al.* (2000), essas avaliações também necessitam de modelos multicritério baseados em indicadores qualitativos e quantitativos, sendo preciso unificar perspectivas temporais mais amplas que as usualmente consideradas na avaliação convencional. Dahl (1997) ressalta que conforme a dimensão e a complexidade do objeto, o desenvolvimento sustentável e a sua compreensão com a utilização de indicadores constituem um grande desafio.

#### **4. Conclusão**

Este estudo examinou índices de sustentabilidade que são aplicados à agricultura. A busca de artigos realizada na base de dados do *Science Direct* permitiu constatar que apesar do número de publicações sobre essa temática ter aumentado ao longo do tempo, ainda há poucas pesquisas sobre o assunto. Essa realidade pode ser verificada de forma bastante clara quando se toma o Brasil como exemplo. O tema consiste, portanto, em um assunto que ainda pode ser bastante explorado em pesquisa e desenvolvimento.

Os índices aqui apresentados demonstraram particularidades em sua metodologia. Diante disso, a escolha da ferramenta a ser utilizada deve sempre considerar o contexto do sistema agrícola a ser mensurado e do propósito do estudo. Além disso, quando possível, deve-se também considerar fatores sociais e econômicos, os quais compõem os principais pilares da sustentabilidade, juntamente com o fator ambiental.

Nesse sentido, faz-se necessário um maior incentivo à utilização e desenvolvimento de metodologias inovadoras para medição da sustentabilidade agrícola. Dentre elas, as que usam índices têm demonstrado bastante eficácia, pois um valor numérico pode facilitar a tomada de decisão pelo poder público.

## Referências

BASTIANONI, S.; MARCHETTINI, N.; PANZIERI, M.; TIEZZI, E. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). **Journal of Cleaner Production**, v. 9, p. 365-373. 2001.

BIDONE, E. D.; MORALES, P. R. D. **Desenvolvimento Sustentável e Engenharia** (Enfoque Operacional). Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 260 p. 2004.

BOYLE, P.; HAYES, M.; GORMALLY, M.; SULLIVAN, C.; MORAN, M. Development of a nature value index for pastoral farmland – A rapid farm-level assessment. **Ecological Indicators**, v. 56, p. 31-40. 2015.

BROWN, M. T. “**Environmental Accounting: Emergy Perspectives on Sustainability**”. Dialogo LI. Valoração económica en el uso de los recursos naturales y el medio ambiente. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico del Cono Sur (Procisur). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Montevideo, Uruguay, p. 47-70. 1998.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y.; SAVENIJE, H. H. G.; GAUTAM, R. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. **Ecological Economics**, v. 60, p. 186-203. 2006.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. **Ecological Economics**, v. 64, n. 1, p. 109-118. 2007.

COSTA, A. A. V. M. R. Agricultura Sustentável II: Avaliação. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 75-89. 2010.

CRD ANALYTICS. **Global Sustainability Index**. 2012.

DAHL, A. L. The big picture: comprehensive approaches. In: MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Eds.). **Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., p. 69-83. 1997.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations – **Agriculture Sector-Countries**. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/countryprofiles/%20index/en/?iso3=CHN>>. Acesso em: 26 de julho de 2015.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modelling & Assessment**, 1, 101-117. 1996.

- GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1062-1075. 2010.
- HANSEN, J. W. Is agricultural sustainability a useful concept? **Agricultural Systems**, v. 50, n. 1, p. 117-143. 1996.
- HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. **Ecological Economics**, v. 68, p. 1963-1974. 2009.
- JHA, R.; MURTHY, K. V. B. **A Critique of the Environmental Sustainability Index**. Australian National University Division of Economics Working Paper. Social Science Research Network. 2003. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=380160>>. Acesso em: 28 de junho de 2015.
- LIU, X.; LIU, G.; YANGA, Z.; CHENA, B.; ULGIATI, S. Comparing national environmental and economic performances through emergy sustainability indicators: Moving environmental ethics beyond anthropocentrism toward ecocentrism. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 1532-1542. 2016.
- MASERA, Ó.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales**. El marco de evaluación MESMIS. GIRA A. C. – Mundi-Prensa: México. 109 p. 2000.
- MELO, L. E de; CÂNDIDO, G. A. O uso do método IDEA na avaliação de sustentabilidade da agricultura familiar no município de Ceará-Mirim – RN. **REUNIR**, v. 3, n. 2, p. 1-19. 2013.
- MOURA, L. G. V **Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar: O caso dos fumicultores de Agudo – RS**. 2002. 230 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2002.
- ODUM, H. T. Emergy Evaluation, in Advances. In: ULGIATI, S.; BROWN, M. T., GIAMPIETRO, M.; MAYUMI, K. HENDERSON, R. **Emergy Studies: Energy Flows in Ecology and Economy**, Proceedings of International Workshop held at Porto Venere, Italy: Ed. MUSIS. p. 99-112. 1998.
- PEREIRA, L. G. P. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.
- RUSCHEINSKY, A. [org]. Sustentabilidade: uma paixão em movimento. In: RUSCHEINSKY, A. **No conflito das interpretações: o enredo da sustentabilidade**. Porto Alegre: Sulina. 181 p. 2004.
- SADOK, W.; ANGEVIN, F.; BERGEZ, J. E.; BOCKSTALLER, C.; COLOMB, B.; GUICHARD, L.; REAU, R.; MESSÉAN, A.; DORÉ, T. MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p. 447-461. 2009.
- SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148. 2007.
- SILVA, L. F. A. **Construção de um índice de sustentabilidade ambiental agrícola (ISA): Uma proposta metodológica**. 2007. 214 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.
- SILVA, V. DE P. R.; ALEIXO, D. DE O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. de. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 100-105. 2013.

SMEETS, E.; WETERINGS, R. **Environmental indicators: Typology and overview**, Copenhagen, 1999.

VERONA, L. A. F. A real sustentabilidade dos modelos de produção da agricultura: indicadores de sustentabilidade na agricultura. **Horticultura Brasileira**, 28, 2 (Suplemento - CD Rom), 2010.

ZHAO, S.; LI, Z.; LI, W. A. Modified Method of Ecological Footprint Calculation and its Application. **Ecological Modelling**, v. 185, p. 65-77. 2005.

Recebido: 17/05/2016

Aprovado: 19/03/2018