

3

Desenvolvimento sustentável – nossos filhos, nossos netos

*Joelcio Eurich
Pedro Henrique Weirich Neto
Carlos Hugo Rocha*

1. Introdução

“... Revolução Verde, feita à base de tecnologia, e não do sofrimento do povo”, frase dita por William Gown, em 1966, na conferência realizada em Washington e que oficializou a fase “Revolução Verde” (ANDRADES e GANIMI, 2007).

Amparada pela necessidade de geração de alimentos a Revolução Verde se tornou definitivamente um “caminho sem volta” que modernizou o meio rural e o tornou extremamente competitivo. Porém, a ideia de “...não sofrimento do povo” passou a ser sua contradição, caso contrário o termo sustentabilidade não seria moda.

O combate à fome no mundo não deveria ser tão simplista, pois se há problema, há causa. A fome no mundo deveria ser enfrentada em três etapas distintas e ininterruptas, ou seja, a ajuda alimentar, a segurança alimentar e, por fim, a soberania alimentar (SACHS, 1990). Pode-se dizer que até a década de 60 o mundo vivia uma era de ajuda alimentar, onde países ricos ajudavam a alimentar os países pobres. Essa ajuda, no entanto, se configurava como mais uma maneira de manutenção da exploração econômica do que preocupação com a fome propriamente dita. A Revolução Verde seria a fase de subsidiar a segurança alimentar no mundo, pois os países desenvolvidos vendiam para os países em desenvolvimento uma tecnologia capaz de alcançar altas produtividades agrícolas, não sendo permitido, neste conceito, questionar a qualidade.

Do ponto de vista lógico, se a dinâmica estabelecida pela Revolução Verde fosse plena e acertada, atualmente, exatos 40 anos após a frase de Gown, já haveria a soberania alimentar, ou seja, todos os países estariam com domínio e sendo soberanos da sua geração de alimentos o que não é verdade, e não se estaria discutindo sustentabilidade. Retornando a análise histórica observa-se que o desenvolvimento estabelecido pela Revolução Verde não teve preocupação com as consequências do modelo.

Também na década de 60, já com visão crítica do modelo desenvolvimentista em curso, Carson (1962) publica o livro *“Silent Spring”* – Primavera silenciosa – tido como marco do chamado ativismo ecológico, mais tarde também discutido por Meadows et al. (1972) no livro *“The Limits to Growth”* – Os limites do crescimento. Neste fica clara a dúvida: “existem recursos naturais suficientes para permitir o desenvolvimento econômico atual para toda a população mundial”?

Pode-se então perceber que as discussões dos benefícios e malefícios da Revolução Verde se iniciaram concomitantemente, porém, enquanto a Revolução Verde se multiplicava ao longo do tempo em expressão logarítmica, impulsionada pelo poderio econômico, a discussão de seus malefícios engatinhava. Em 1980 ainda se discutia a terminologia correta para esta vertente, o hoje tão comentado “Desenvolvimento Sustentável” (IUCN, 1980).

Com o problema da fome não resolvido e com relatos de problemas em decorrência de eventos climáticos adversos, surge, em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) criado e gerido pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A partir do estabelecimento do IPCC o mundo passou a observar através de seus relatórios a comprovação de que o modelo de desenvolvimento em curso, puramente econômico, estaria longe do ideal.

O primeiro relatório publicado pelo IPCC, em 1990, serviu como marco de alerta mundial, culminando com um encontro mundial realizado no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992. A Eco-92 tratou de possíveis estratégias de mitigação dos impactos do estilo de vida do mundo “desenvolvido”. A sequência de relatórios, mais contundentes ainda, têm enfatizado as mudanças que o clima ainda vem sofrendo, bem como as consequências que o mundo sente e sentirá caso atitudes não sejam, praticamente, tomadas por todos.

Como essa preocupação é recente, existem ainda muitos equívocos na sua dimensão, até mesmo sobre conceitos do que é sustentabilidade. A primeira tentativa foi dada pela *“World Commission on Environment and Development”* (WECD, 1987), onde se definiu sustentabilidade como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações em satisfazerem suas necessidades”.

Dentre as várias tentativas de conceituar desenvolvimento sustentável, talvez a mais coerente e completa, teoricamente, seja a apresentada por Sachs (1990). Para este autor a sustentabilidade tem como base 5 componentes (dimensões) principais que são as sustentabilidades social, cultural, ecológica, geográfica e econômica. A sustentabilidade social está vinculada ao padrão estável de crescimento, melhor distribuição de renda e redução das diferenças sociais. Já a sustentabilidade econômica está vinculada ao “fluxo constante de inversões públicas e privadas” além da destinação e administração corretas

dos recursos naturais. A dimensão ecológica seria o uso efetivo dos recursos existentes nos diversos ecossistemas com mínima deterioração ambiental. A sustentabilidade geográfica está ligada à má distribuição populacional no planeta, sendo “necessário buscar uma configuração rural/urbana/mundial mais equilibrada”. A componente cultural se fundamentaria na realização de mudanças em harmonia com a cultura vigente.

Em 2000, este mesmo autor acrescenta mais quatro dimensões ou critérios de sustentabilidade: ambiental, territorial, política nacional e política internacional. A sustentabilidade ambiental permitiria que ecossistemas naturais realizassem autodepuração e a “conservação da biodiversidade pelo ecodesenvolvimento”. A territorial visa à eliminação de disparidades inter-regionais, com destinação justa de investimentos públicos. A sustentabilidade no âmbito das políticas nacionais passaria por “nível razoável de coesão social”, democracia e capacidade institucional do Estado “para implementar o projeto nacional”. Quanto as políticas internacionais a paz deveria ser assegurada pelo fortalecimento da ONU, com controle do sistema financeiro internacional, implementação de verdadeira cooperação científica e diminuição das disparidades sociais norte-sul (SACHS, 2000).

De maneira geral, a busca da sustentabilidade em pouco se aproxima as ideias relatadas. Em muitos casos nem tampouco se aproximam a sua definição mais simplificada estabelecida na WECD em 1987. Na realidade, atualmente o maior uso do termo “sustentabilidade” é como chavão de marketing, utilizado para impulsionar e/ou reafirmar as formas tradicionais de desenvolvimento, o consumismo, o poderio econômico, entre outros conceitos e fatos no mínimo contraditórios.

Fato é que, mesmo as discussões mais primárias vivenciadas no início do relato histórico, a fome ainda assombra e nem sequer é lembrada nas principais discussões acerca de modelos de desenvolvimento “sustentável”.

Tentando discutir o sustentável nos processos agrícolas, talvez uma primeira aproximação seria elencar os impactos do uso dos recursos naturais (e suas transformações) nestes processos e os impactos destes nos recursos naturais.

Por exemplo:

Qual o impacto da fabricação de fertilizantes químicos (extração mineral, transformações com ácidos, transportes a longas distâncias, entre outros) na natureza?

Ou:

Qual o impacto de um determinado processo de produção agrícola (com preparo convencional, com mínimo de área de preservação permanente conforme novo código florestal, uso sem critérios de agrotóxicos, entre outros) na natureza?

Esses impactos, que podem ser prejudiciais ou benéficos, podem ser chamados de externalidades (GLIESSMAN, 2001; LAL, 2004; SOARES e PORTO, 2007).

2. Externalidades na agricultura

Vários exemplos de externalidades dos processos agrícolas atuais podem ser listados. Com relação as externalidades negativas, podem ser citados a degradação dos solos, poluição do ar, perda da diversidade genética, perda do controle local sobre a produção agrícola, contaminação da água com o uso descontrolado de moléculas sintéticas, aumento de custo de recuperação, além de problemas de saúde de consumidores destes alimentos e água (GLIESSMAN, 2001; MANN e WÜSTEMANN, 2008). Quanto às externalidades positivas podem ser elencadas a captura e armazenamento de carbono no solo – o sequestro de carbono ou os sistemas agroflorestais (GÖTSCH, 1997; LAL, 2004; MANN e WÜSTEMANN, 2008).

Visando qualificar e quantificar essas externalidades, algumas ferramentas estatísticas, matemáticas, econômicas e/ou “bioeconômicas” já foram trabalhadas (LOPÉZ, 1997; CACHO, 2001; NORDBLON et al., 2012).

Duas ferramentas têm destaque na avaliação de externalidades em sistemas de produção agrícola: a avaliação de índices emergéticos (ODUM, 1996) e a análise de ciclo de vida (MACHADO-DA-SILVA et al., 1998). Existem ainda estudos/ usos com simplificação como dimensionamento da emissão de carbono equivalente (HOLDEN e HOYER, 2005), ou ainda a combinação dos dois métodos (JAMALI-ZGHAL et al., 2012).

Estes métodos são utilizados também pela iniciativa privada. Principalmente na Europa, existem inúmeras empresas investindo em conhecer/melhorar seus processos à luz deste novo enfoque, embora existam interesses diferentes, geralmente conflitantes, conforme o ator que participa do processo (AZAPAGIC e PERDAN, 2005).

3. Análise Emergética

Os chamados Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPI (*Emergy Performance Index*), consideram o sistema a ser estudado como um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidade de energia agregada (ODUM, 1996). A Teoria Geral de Sistemas, estabelecida por Von Bertalanffy em 1968 permitiu a Odum (1996) desenvolver e aplicar a análise emergética nas questões relativas à sustentabilidade dos ecossistemas.

A emergia é definida como toda a energia disponível utilizada (*embodied*) na transformação e/ou fabricação de um determinado produto, expresso em unidade de um tipo de energia (ODUM, 1996). O uso de uma única unidade para a qual são convertidos os diversos tipos de energia permite a álgebra destes valores e, por conseguinte, as comparações (BARRELLA et al., 2005).

De posse dos dados emergéticos é possível o cálculo da transformidade (Tr), essa é definida como a quantidade de energia solar empregada (direta e indiretamente) na obtenção de um joule de um produto ou serviço ($seJ J^{-1}$, Joules de emergia solar por Joule).

Quanto mais alto o valor de transformidade menos eficiente é o sistema. Os sistemas de produção apresentam diferentes transformidades de acordo com as circunstâncias ambientais e econômicas (ODUM, 1996).

O primeiro passo para a aplicação da análise emergética é conhecer detalhadamente o sistema em estudo. De acordo com Odum (1996), denomina-se como sistema o conjunto de elementos com atributos e funções específicas, que interagem entre si e com o meio externo de forma organizada (natural ou artificialmente), conformando assim um ente funcional (Figura 1). Os símbolos utilizados têm diferentes conceitos.

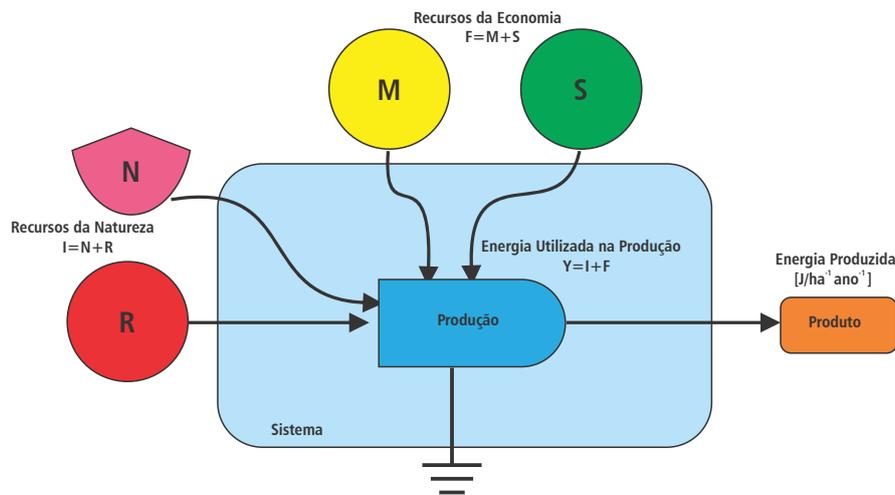


Figura 1. Diagrama ecossistêmico de fluxos emergéticos
Fonte: adaptado de ODUM (1996)

Observam-se que fluxos de entrada em um sistema de produção são divididos em reservas não-renováveis (N), serviços e produtos do ambiente renováveis (R) e fluxos provenientes da economia (F) (materiais e serviços) (ODUM et al., 2000).

A proposta do diagrama sistêmico é conduzir a um inventário crítico dos processos, estoques e fluxos que são importantes para o sistema sob estudo, os quais serão então valorados.

Quando delimitados e valorados os fluxos emergéticos específicos, pode-se obter alguns índices que facilitam o estudo e podem servir de indicadores, como a importância do produto ou serviço para o consumidor através do rendimento emergético, que é a razão entre energia incorporada no produto pela energia dos insumos que provém da economia ($EYR=Y/F$). Quanto ao uso de recursos da economia (investimento monetário) pode-se calcular a razão de investimento de energia (*Emergy Investment Ratio*), que mede a proporção de energia retro-alimentada do setor econômico em relação às entradas de energia do ambiente ($EIR=F/I$). O índice de carga ambiental (ELR) relaciona os recursos financeiros e não renováveis com os renováveis.

Para análise mais completa de um sistema que produz um bem ou um serviço pode-se calcular sua *renovabilidade emergética*, que é a razão entre a emergia dos recursos renováveis usados e a emergia total usada no sistema (ORTEGA, 2002). O conceito de sustentabilidade, máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos inerentes ao sistema, pode ser representado pelo índice de sustentabilidade SI (EYR/ELR) (ULGIATI e BROWN, 2002).

Alguns autores consideram a análise emergética o indicador de valor mais apropriado para o estudo das relações ecossistêmicas e econômicas (ALBUQUERQUE et al., 2006; SINISGALLI, 2006).

Estudos que correlacionam os índices emergéticos com avaliações da sustentabilidade já são bem comuns: sistemas de geração de energia (BROWN e ULGIATI, 2004); comparação entre sistemas orgânico e convencional de produção de laranja (ROSA et al., 2008); produção de aço chinesa (ZHANG et al., 2009); produção de banana nas antilhas (BARROS et al., 2009); evolução agrícola dinamarquesa (RYDBERG e HADEN, 2006); modernização da agricultura chinesa (JIANG et al., 2007); comparação entre sistemas de produção, como agroindústria de leite americano e familiar brasileiro (WADA e ORTEGA, 2003); sistema de produção de leite convencional e pastejo racional Voisin (EURICH, 2011).

4. Análise de Ciclo de Vida e pegada de Carbono

A análise de ciclo de vida de um produto procura qualificar e quantificar externalidades, desde o impacto nos recursos naturais utilizados na fabricação até o destino de sua embalagem após uso ("*from cradle to grave*"). É um estudo completo e complexo, sendo necessárias equipes qualificadas e quantificadas conforme produto ou processo.

Uma simplificação da análise de ciclo de vida é a quantificação de emissão de carbono equivalente - pegada de carbono (*Carbon Footprint*) (UNITED NATIONS, 1998). Esta assume importância, pois seria fundamentada em estudos de mudanças climáticas que são associadas às emissões de gases de efeito estufa (SOLOMON et al., 2007).

Um dos primeiros estudos, e talvez um dos mais famosos, data de 1969, quando se procurou identificar qual o destino de embalagens de um determinado refrigerante após a sua venda. Durante vários anos o método foi utilizado por empresas a fim de mitigar impactos econômicos (HUNT e FRANKLIN, 1996).

Atualmente, o *Carbon Footprint* pode ser definido como a medida da quantidade total das emissões de gases de efeito estufa causadas diretamente ou indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto, transformados em poder de impacto de um único gás (Co₂). Isso facilita compreensão e comparação entre etapas ou entre processos (FINKBEINER, 2009).

O inventário crítico do processo a ser estudado é peça fundamental, estoques e fluxos, que são, também, a espinha dorsal do método emergético, são valorados quanto a emissões de gases do efeito estufa.

Atualmente a metodologia segue normatizações internacionais como as apresentadas pelo *International Organization for Standardization* (ISO) e do *British Standards Institution* (BSI). Estas normatizações auxiliam nos trabalhos comparativos, West et al. (2010) estudaram variabilidade espacial de externalidades, emissão e/ou sequestro de carbono em termos mundiais, os quais foram correlacionados com sistema de manejo adotado e clima.

Inúmeros trabalhos nas mais diversas áreas foram realizados utilizando esse método. Estimativa da emissão da produção de carne em áreas desmatadas da Amazônia brasileira (CEDERBERG et al., 2011), avaliação do potencial de sequestro de carbono em gramados residenciais dos EUA (SELHORST e LAL, 2013) são exemplos. Em estudos com cana-de-açúcar observaram-se grande contribuição na emissão quanto ao uso exagerado de fertilizantes e de combustíveis fósseis (YUTTITHAM et al., 2011). Esta conclusão também se aplica ao estudo sobre a evolução da agricultura chinesa entre 1993 e 2010 (CHENG et al., 2011).

O setor do leite tem sido amplamente estudado através deste método. Neste caso já se sabe que de todas fases (produção, processos, empacotamento e transporte) a produção (fase agrícola) é responsável por 70% das emissões de gases de efeito estufa (HOSPIDO et al., 2003; MENESES et al., 2012; GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013).

5. Considerações Finais

Os métodos descritos são complexos e trabalhosos e tem o agravante negativo de utilizarem valores muitas vezes gerados em outras condições ambientais e culturais. Porém, os métodos são ponto de partida principalmente para a comparação, bem como caracterização qualitativa de potenciais e limites da sustentabilidade ambiental dos processos.

Adotando-se rigor científico que baliza ou deveria balizar a pesquisa agrícola e que, portanto, teria a função de encontrar alternativas e transformá-las em soluções tecnológicas para os processos produtivos, não existe sustentabilidade. No entanto, em alguns casos é fácil observar escalas de sustentabilidade. Atualmente existe um tipo de produção denominado de sistema agroecológico, o qual é significativamente menos impactante que os processos e princípios preconizados pela Revolução Verde.

O desafio do sustentável ambiental a agricultura de base familiar já entende e está sedenta para praticar. Neste sentido, entende que solo e água são recursos importantes e tem bem claro o conceito de interesse coletivo.

Bem, como valorar o sustentável? Ainda se está muito distante, pois os métodos descritos são incompletos, tendo como maior desafio de dimensionamento a sustentabilidade social. A qualidade de vida representada por aspectos de desigualdade social, distribuição de renda, representatividade político-social talvez sejam dimensionáveis, porém, como qualificar e quantificar o bem-estar advindo da alimentação saudável à base de frango caipira com mandioca, do vinho colonial, da fruta no pé, do lazer proporcionado pelo banho de rio e pelo andar a cavalo?

Referências

- ALBUQUERQUE, T. C.; RODRIGUEZ, E. O.; MURGUEITIO RESTREPO E. Avaliação energética de propriedades agrosilvipastoris do Brasil e da Colômbia. Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 6. Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. **Anais...**, 2006.
- ANDRADES T. O.; GANIMI R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, v. 21, p. 43-56, 2007.
- AZAPAGIC, A.; PERDAN, S. An integrated sustainability decision-support framework - Part I: Problem structuring. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 12, n. 2, p. 98-111, 2005.
- BARRELLA, B. A.; ALMEIDA, C. M. B.; GIANNETTI, B. F. Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente. **Revista Produção**, v. 15, n. 1, p. 87-101, 2005.
- BARROS, I.; BLAZY, J. M.; RODRIGUES, G. S.; TOURNEBIZE, R.; CINNA, J. P. Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies) Agriculture. **Ecosystems and Environment** v. 129 p. 437-449, 2009.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, v. 2, p. 329-354, 2004.
- CACHO, O. An analysis of externalities in agroforestry systems in the presence of land degradation. **Ecological Economics**, v. 39, p. 131-143, 2001.
- CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1962. 305 p.
- CEDERBERG, C.; PERSSON, U. M.; NEOVIUS, K.; MOLANDER, S.; CLIFT, R. Including carbon emissions from deforestation in the carbon footprint of Brazilian beef. **Environmental Science and Technology**, v. 45, p. 1773-1779, 2011.
- CHENG, K.; PAN, G.; SMITH, P.; LUO, T.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X.; HAN, X.; YAN, M. Carbon footprint of China's crop production—An estimation using agro-statistics data over 1993-2007. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 142, p. 231-237, 2011.
- EURICH, J. **Balço emergético em agrossistemas de produção familiar**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2011.
- FINKBEINER, M. Carbon footprinting - opportunities and threats. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, p. 91-94, 2009.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; CASTANHEIRA, E. G.; DIAS, A. C.; ARROJA, L. Using Life Cycle Assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal. **Science of the Total Environment**, v. 442, n. 1, p. 225-234, 2013.

GÖTSCH, E. **Homem e Natureza: Cultura na Agricultura**. Recife: Centro de Desenvolvimento Agroecológico Sábida, 1997. 14 p.

HOLDEN, E.; HOYER, K. G. The ecological footprints of fuels. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 10, n. 5, p. 395-40, 2005.

HOSPIDO, A.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 10, p. 783-796, 2003.

HUNT, R. G.; FRANKLIN, W. E. LCA - How it came about. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 1, n. 1, p. 4-7, 1996.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES/UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM/WORLD WIDE FUND FOR NATURE/IUCN/UNEP/WWF. **The World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development**. Gland, Switzerland, 1980. 48 p.

JAMALI-ZGHAL, N.; AMPONSAH, N. Y.; LACARRIERE, B.; CORRE, O. L.; FEIDT, M. Carbon footprint and energy combination for eco-environmental assessment of cleaner heat production. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 446-456, 2012.

JIANG, M. M.; CHENB, B.; ZHOUA, J. B.; TAOC, F. R.; LIA, Z.; YANGB, Z. F.; CHENA, G. Q. Emergy account for biomass resource exploitation by agriculture in China, **Energy Policy**, v. 35, p. 4704-4719, 2007.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

LOPÉZ, R. Environmental externalities in traditional agriculture and the impact of trade liberalization: the case of Ghana. **Journal of Development Economics**, v. 53, p.17-39, 1997.

MACHADO-DA-SILVA, C. L.; VIEIRA, M. M. F.; DELLAGNELO, E. H. L. Ciclo de vida, controle e tecnologia: um modelo para análise das organizações. **Organização e Sociedade**, v.5, n. 11, p. 77-104, 1998.

MANN S.; WÜSTEMANN, H. Multifunctionality and a new focus on externalities. **The Journal of Socio-Economics**, v. 37, p. 293-307, 2008.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **The limits to Growth: a report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. New York: Universe Books, 1972. 390 p.

MENESES, M.; PASQUALINO, J.; CASTELLS, F. Environmental assessment of the milk life cycle: the effect of packaging selection and the variability of milk production data. **Journal of Environmental Management**, v.107, n. 18, p. 76-83, 2012.

NORDBLOM, T. L.; FINLAYSON, J. D.; HUME, I. H. Upstream demand for water use by new tree plantations imposes externalities on downstream irrigated agriculture and wetlands. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 56, p. 455-474, 2012.

ODUM, H. T. **Environmental accounting, emergy and environmental decision-making**. New York: J. Wiley, 1996. 370 p.

ODUM, H.T; BROWN, M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Introduction and Global Budget, Folio #1**. In: Handbook of Emergy Evaluation. Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000. 17 p.

ORTEGA, E. **Contabilidade e Diagnóstico de Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Emergia** - 2002. Disponível em: <www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2014.

ROSA, L. A. D.; SIRACUSA, G.; CARVALHO, R. Emery evaluation of Sicilian red orange production: a comparison between organic and conventional farming. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1907–1914, 2008.

RYDBERG, T.; HADEN, A. C. Emery evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 117, n. 2-3, p.145-158, 2006.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 95 p.

SACHS, I. Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas: Los casos de India y Brasil. **Pensamiento Iberoamericano**, v. 46, p. 235-256, 1990.

SELHORST, A.; LAL, R. Net Carbon Sequestration Potential and Emissions in Home Lawn Turf grasses of the United States. **Environmental Management**, v. 51, p. 198–208, 2013.

SINISGALLI P. A. A. A Emergia como Indicador de Valor para a Análise Econômica-Ecológica. **Megadiversidade**, v. 2, n. 1-2, p. 18-23, 2006.

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**, v. 12, n. 1, p. 131-143, 2007.

SOLOMON, S. D.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Eds.). **Climate change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 335- 348, 2002.

UNITED NATIONS. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**. United Nations: New York, USA, 1998.

WADA, D. K.; ORTEGA, E. Comparação dos Balanços de Emergia de Dois Sistemas de Produção de Leite. In: ORTEGA, E. (Org.). **Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável: uma introdução à metodologia emergética usando estudos de casos brasileiros**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas: Unicamp, 2003.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT/WCED. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987. 383 p.

WEST, P. C.; GIBBS, H. K.; MONFRED, C.; WAGNER, J.; BARFORD, C. C.; CARPENTER, S. R.; FOLEY, J. A. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. **PNAS**, v. 107, n. 46, p.19645–19648, 2010.

YUTTITHAM, M.; GHEEWALA, S. H.; CHIDTHAISONG, A. Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 2119-2127, 2011.

ZHANG, X.; JIANG, W.; DENG, S.; PENG, K. Emery evaluation of the sustainability of Chinese steel production during 1998–2004. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1030–1038, 2009.