

**Eixo: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores**

**A TEORIA DA EMERGIA E O NOVO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE E RENOVABILIDADE DOS SISTEMAS. RESULTADOS PRELIMINARES DE UMA PESQUISA.**

**THE THEORY OF *EMERGIA* AND NEW INDICATOR OF SUSTAINABILITY AND RENEWABILITY OF THE SYSTEMS. PRELIMINARY RESULTS OF A INVESTIGATION.**

José Paulo Fagundes e Lisandra Dos Santos Zorzella

**RESUMO**

A crise da relação economia-meio ambiente remonta à revolução industrial. O modelo herdado do século passado, contaminado pelo crescimento a qualquer preço, continua com a mesma dinâmica de avanços acelerados de desenvolvimento industrial, causando custos ambientais severos ao meio. Na década de 70 esse relacionamento entrou em pauta e, passou-se, então, a buscar a melhor compreensão da noção do que seja desenvolvimento sustentável para gerações atuais e, especialmente, futuras, e a compreensão das relações sistêmicas. A adoção de indicadores de sustentabilidade, como a teoria da *Emergia* aponta para novos paradigmas de relações entre produção e consumo.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, indicadores e *emergia*.

**ABSTRACT**

The crisis of economy-environment relationship dates back to the industrial revolution. The model inherited from the past century, contaminated by growth at any price, continues with the same dynamics of rapid advances in industrial development, causing severe environmental costs in half. In the 70s this relationship came under discussion, and it moved, then, to seek a better understanding of the notion of what is sustainable development for generations present and especially future, and understanding of the systemic relations. The adoption of sustainability indicators, as the theory points to the *Emergia* new paradigm of relations between production and consumption.

**Keywords:** Sustainability, indicators and *Emergia*.

## 1. Estado da Arte

A dificuldade em definir “desenvolvimento sustentável” é resultado da sua própria ambiguidade. A tentativa de uma definição genérica esbarra na diferença de entendimento do que seja desenvolvimento. Segundo Almeida (2000), as definições variam conforme os objetivos dos agentes do desenvolvimento.

Quanto à Leff (1998), o autor sugere uma nova teoria de desenvolvimento baseada nos valores do ambientalismo. Embora limitado pelos conceitos e paradigmas racionais do sistema econômico, esse novo modelo internalizaria custos ambientais e adotaria indicadores de sustentabilidade sobre os recursos naturais.

Em Sachs (1986, 1998, 2004), o desenvolvimento sustentável se interpreta por duas polaridades: uma em que há injustiça social e outra em que há ameaça ao desenvolvimento pela deterioração ambiental. Sob esses dois pilares, constroem-se os diversos conceitos de desenvolvimento sustentável.

As linhas de definição sobre sustentabilidade baseiam-se na manutenção do desenvolvimento econômico com certa preservação ambiental e melhoria social. A natureza passa a ser capital que necessita ser conservado, precificado e contabilizado, como custo na produção, por indicadores e índices de sustentabilidade. Esse fato representa uma franca evolução da teoria Neoclássica, que considera as externalidades falhas de mercado e, que fazem com que determinados efeitos de atividades econômicas não sejam contabilizados no processo de transação.

## 2. Indicadores de sustentabilidade

A partir da década de 90, particularmente na sua segunda metade, intensificou-se o interesse pela busca de indicadores que ratifiquem os processos de desenvolvimento sustentável.

Conforme ensina Ferraz (2003), não existem indicadores universais e sim um conjunto de indicadores que se associam a cada categoria e elementos envolvidos no sistema. E, como ensina Toews (1987 *apud* Ferraz et al, 2003), pode ter, ainda, quatro categorias principais de indicadores:

Indicadores gerais (estado geral do sistema); □□ Indicadores de diagnóstico (porque mostram sinais de degradação); □□ Indicadores de estimativa de risco (fatores que conduzem, com alta probabilidade, ao desenvolvimento não sustentável); □ Indicadores de *fitness* (robustez).

Os indicadores devem possuir características como: ser aplicáveis a um grande número de sistemas ecológicos, sociais e econômicos; ser mensuráveis e de fácil medição e ser sensíveis às mudanças do sistema e indicadores tendências; representar os padrões ecológicos, sociais e econômicos de sustentabilidade; e, permitir o cruzamento com outros indicadores.

A construção de indicadores está atrelada ao que se busca como desenvolvimento e aos objetivos acerca da sustentabilidade. Considerar as características temporais, o foco e a integração são as variáveis que classificam as ferramentas de análise entre indicadores e índices. Otton (1978 *apud* Ferraz et al, 2003) ensina que indicadores são modelos matemáticos com uma variável poluente e índices, o modelo matemático com duas ou mais variáveis poluentes. Ainda, indicadores e índices podem ser divididos em integrados e não integrados, isto é, envolvem mais de uma dimensão: social, ambiental e econômica.

Marzall (1999) corrobora quando ressalta a abordagem sistêmica que deve ter um indicador. A autora considera que um único indicador não é representativo; seriam necessários cruzar as informações de indicadores que contemplem o enfoque sistêmico. Marzall, ainda, destaca que um indicador não apenas se alimenta de informações, mas também as produz.

Portanto, a pesquisa buscou analisar a teoria da emergência como indicador de sustentabilidade e renovabilidade dos sistemas integrados e, sua aplicabilidade adequada aos usuários da informação produzida. A revisão do método de quantificação da produção e a

conversão dos índices em indicadores de energia baseiam esse estudo acerca aplicabilidade da teoria à produção-consumo.

## 2.1 Teoria da Energia como indicador de sustentabilidade dos sistemas

Todo e qualquer fenômeno que aconteça na natureza necessita de energia para ocorrer. A vida requer, basicamente, matéria, que é algo que ocupa lugar no espaço e energia, que é a capacidade de realização de trabalho. Esses dois conceitos são essenciais para o tratamento das questões ambientais (BRAGA et. al., 2005).

Segundo a teoria, matéria e energia são conservadas em todas as trocas de um sistema natural. Massa e energia não se destroem ou se criam, porém obedecem às leis da física, que explicam a sua conservação ao longo dos processos. Chamada de primeira Lei da termodinâmica, essa teoria se baseia na conservação. De acordo com essa Lei, nunca se cria nem se elimina matéria, é possível apenas transformá-la. Portanto, tudo o que existe provém de matéria preexistente, logo, tudo que se consome apenas perde a forma, passando a adotar outra. Para Braga (2005), os combustíveis fósseis contêm energia potencial, assim como os alimentos, que serão transformados em outras através do trabalho (força) e da transformação da matéria. A hipótese de que a energia se cria ou se destrói vem da incapacidade de se ver o todo. A observação de parte do sistema impossibilita verificar se as partes vizinhas absorverão energia e, no todo, não haverá variação da energia total.

Já a segunda Lei da termodinâmica se dedica à análise da qualidade da transformação da energia. Ao longo do processo, o trabalho necessário para essa transformação será o indicador de quanto de energia foi absorvida e quanto foi degradada como calor transferido para o ambiente. Ao longo da cadeia, a energia absorvida será sempre inferior a 100%; em cada transformação, a energia torna-se menor aumentando a entropia. Então, seres vivos incapazes de sintetizar seu próprio alimento, terão a sua disposição uma quantidade inferior de energia disponível.

Portanto, a energia se conservará quando utilizarmos a visão sistêmica sobre os fenômenos da natureza. Von Bertalanffy (1968 apud Ortega, 2003) foi quem primeiro formulou a Teoria Geral de Sistemas, que permitiu ao Dr. Howard Odum desenvolver a análise emergética como indicador de sustentabilidade e avaliação dos ecossistemas.

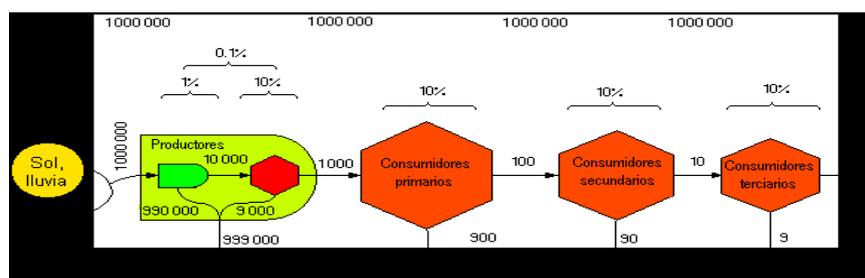


Figura 1. Energia incorporada a cada etapa dos processos

Fonte: LEIA – Laboratório de ecologia e informática aplicada (UNICAMP, 2009)

A compreensão da estrutura e do funcionamento de um sistema é fundamental para a construção de modelos conceituais, incluindo processos de produção agrícola, principalmente pela sua complexidade frente aos componentes ambientais e humanos (COMAR, 1998).

O professor Howard Odum (1971, 1983) utilizando símbolos da eletrônica, desenvolveu uma linguagem gráfica própria para identificar funções e relações nos seus diagramas sistêmicos. O diagrama pode descortinar os limites, as funções externas dos sistemas, componentes internos e o fluxo de energia e materiais, portanto, é essencial para o entendimento da metodologia emergética a internalização de sua simbologia.

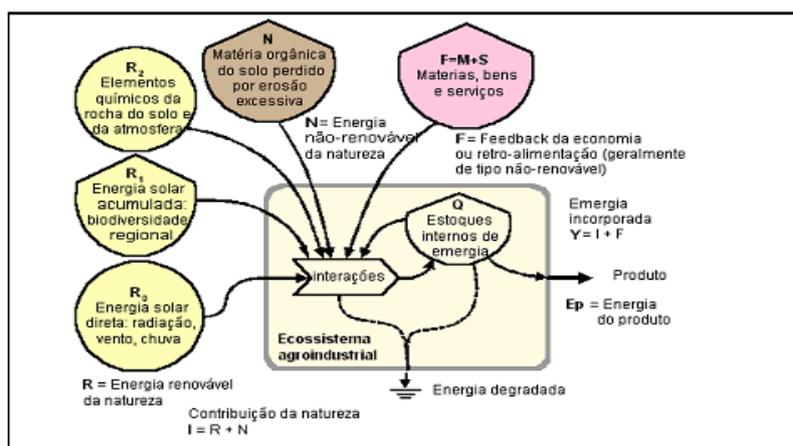


Figura 2: Diagrama Geral dos Recursos.  
Fonte: LEIA – UNICAMP (2010)

A soma das energias consumidas durante todo o processo (emergia) é adicionada nos recursos produzidos. Toda essa energia incorporada deve ser convertida à mesma base, isto é, valor equivalente em energia solar (Joule). Portanto, os fluxos de energia, trabalho e matéria são reduzidos ao mesmo valor equivalente.

Para realizar a conversão à mesma base, o processo deve ser realizado em duas etapas. Primeiro, a conversão dos fluxos em energia (joule) por unidade de área (ha) e de tempo (ano). E segundo, a transformação de todos os fluxos de energia em uma unidade comum denominada transformidade (ORTEGA, 2003).

Conforme trata Comar (1998), a transformidade solar é a razão da própria energia num produto ou serviço pela emergia solar necessária à sua geração. A transformidade é uma medida do 'valor' de um serviço ou produto, expressa, com frequência em emergia por energia (sej/joule), emergia por unidade de massa (sej/Kg) e, algumas vezes, emergia por unidade monetária (sej/US\$).

Os fluxos de um agroecossistema simplificado corroboram para entendermos as relações emergéticas básicas: A natureza contribui e fornece energia renovável, que resume o trabalho do ambiente (energia solar direta, chuva, vento, marés e fenômenos geológicos) e, não renovável, que representam o desgaste do ambiente (solo, biomassa consumidos a taxas acima da velocidade de reposição e depósitos de água). A contribuição da economia e da sociedade alimenta o sistema com insumos agrícolas, equipamentos para irrigação, máquinas e animais, aqui denominados materiais e, fluxo de mão de obra, recursos financeiros, trabalho humano e etc, ou seja, serviços.

### 3. Algumas conclusões

Algumas conclusões preliminares foram possíveis durante a pesquisa: por exemplo, o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade está em seu início e ainda se busca entender a sustentabilidade e como caracterizá-la. Portanto, a aposta em indicadores específicos necessita ser testada. As interações que ocorrem em diferentes sistemas ainda não têm unanimidade entre os pesquisadores. O desenvolvimento e a aplicação de indicadores, com objetivo de avaliar a sustentabilidade poderá permitir um avanço efetivo em direção a mudanças que possam solucionar os impactos da relação produção-consumo.

A teoria da emergia, como indicador de sustentabilidade, por apresentar um conjunto de recursos mais completo frente a outros indicadores, permite se calcular índices de suporte a renovabilidade, isto é, a capacidade do sistema em renovar-se e perceber o custo aplicado a natureza pela ação do homem.

Entretanto, as leis da física, que são base para a teoria da energia poderiam causar elevação nos preços através dos custos à natureza transformados em retornos monetários na produção. Embora permita analisar de perto os custos envolvidos na exploração dos recursos naturais a teoria da energia não interagem, ainda, com outras variáveis multidisciplinares como a antropologia, a sociologia, a economia e todas relacionadas como o estudo das necessidades da sociedade.

E, finalmente, a apresentação de novos indicadores de sustentabilidade leva a um olhar mais atento da realidade e também a um entendimento mais amplo do desenvolvimento que pretendemos.

#### 4. Referências Bibliográficas

**ALMEIDA, D.L.** et. Al. *Agricultura Orgânica: Instrumento para a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção e Valoração de Produtos Agropecuários*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000. 22p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 122).

**BRAGA, Almeida. et. al.** *Engenharia ambiental: Estudos da vida*. São Paulo, SP: Campus, 2005.

**BRAUN, Ricardo.** *Novos paradigmas ambientais: desenvolvimento ao ponto sustentável*. 3. ed. Petropolis, RJ: Vozes, 2008.

**CAPRA, F.** *A Teia da Vida*. São Paulo: Ed. Cultrix. 1996.

**COMAR, Mario Vito.** *Avaliação emergética de projetos agrícolas e agros - industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável*. Campinas, SP: [s.n.], 1998. (Tese Doutorado).

**FERRAZ, José Maria Gusman.** *As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores*. In: MARQUES, João Fernando. SKORUPA, Ladislau Araújo. FERRAZ, José Maria Gusman (org). *Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas*. Jaguariuna, SP: Embrapa Meio Ambiente: 2003.

**LEFF, Enrique.** *Ignacy Sachs y el ecodesarrollo*. In: VIEIRA, Paulo Freire; RIBEIRO, Maurício Andrés; FRANCO, Roberto Messias; CORDEIRO, Renato Caporali (Org.). *Desenvolvimento e meio ambiente no Brasil: a contribuição de Ignacy Sachs*. Florianópolis: Palotti/APED, 1998.

**ORTEGA, Enrique.** *Indicadores de Sustentabilidade sob a perspectiva da Análise Emergética*. In: MARQUES, João Fernando. SKORUPA, Ladislau Araújo. FERRAZ, José Maria Gusman (org). *Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas*. Jaguariuna, SP: Embrapa Meio Ambiente: 2003.

**MARZALL, Kátia. ALMEIDA, Jalcione.** *Indicadores de Sustentabilidade para Agrossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável*. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, jan./abr. 2000

**ODUM, H.T.** *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. J. Wiley, NY, 370 pages. ISBN-471-11442-1. 1996.

**SACHS, Ignacy.** *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice, 1986.

\_\_\_\_\_. *Do crescimento econômico ao ecodesenvolvimento*. In: VIEIRA, Paulo Freire; RIBEIRO, Maurício Andrés; FRANCO, Roberto Messias; CORDEIRO, Renato Caporali (Org.). *Desenvolvimento e meio ambiente no Brasil: a contribuição de Ignacy Sachs*. Florianópolis: Palotti/APED, 1998.

\_\_\_\_\_. *Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado*. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.