convibra
www.convibra.org

Gestão para sustentabilidade em sistemas agrícolas de produção: uma análise entre dois modelos de cultivo no Nordeste do Brasil segundo as Leis da Termodinâmica

José Paulo Fagundes
Mestre Desenvolvimento Sustentável
Universidade Federal do Pampa - Bagé - RS

INTRODUÇÃO

O indicador mais amplamente utilizado para representar o nível de desenvolvimento de uma região ou de um país é a renda *per capita*, no entanto, as deficiências desse procedimento são evidentes, principalmente quando se completa a análise com outros indicadores sociais e ambientais.

O debate dos anos 1990 trouxe novas concepções do que seja desenvolvimento. Segundo Amartya Sen (2000), a acumulação de riquezas pelo incremento do Produto Interno Bruto (PIB) e outras variáveis relacionados à renda não são suficientes, pois não contemplam a melhoria da qualidade de vida, o aumento das liberdades e o cuidado com a natureza como variáveis do desenvolvimento.

Alguns autores creditam ao econômico, precisamente ao consumo, os problemas causados ao meio ambiente. Dentre os fatores que contribuem para a crise ambiental, Penna (1999) denuncia as mudanças de valores da sociedade moderna. Para ele, a valorização do *ter* em detrimento do *ser* vem contaminando as novas gerações e mantendo o consumo excessivo desencadeando o que se pode chamar de crise da relação economia e meio ambiente, que, segundo Penna (1999), remonta à revolução industrial, iniciada aproximadamente há 250 anos, quando se registraram enormes impactos na natureza e nas relações da sociedade da época.

Hoje, o modelo herdado do século passado, contaminado pelo crescimento a qualquer preço, continua com a mesma dinâmica de avanços acelerados de desenvolvimento industrial causando ou apontando custos ambientais severos ao meio.

A partir de 1972, quando foi publicado o estudo *The Limits to Growth* (Os limites ao crescimento), a problemática ambiental passou a ser amplamente discutida. E as preocupações com geração de riqueza e acumulação de capital passaram a ser secundárias. O relacionamento do econômico com o ambiental 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 (Braun, 2008).

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 (1989), as definições variam conforme os objetivos dos agentes do desenvolvimento:

> "desenvolvimento sustentável é um desenvolvimento de um sistema socioambiental com um alto potencial para a continuidade porque ele é mantido dentro das restrições econômica, social, cultural, **ecológica e física [grifo nosso]**" (GRAAF; MUSTERS; KEURS, 1996, p. 214).

Leff (2000), por exemplo, sugere uma nova teoria de desenvolvimento baseada nos valores do ambientalismo, que embora limitado pelos conceitos e paradigmas racionais do sistema econômico, esse novo modelo internalizaria custos ambientais e adotaria indicadores de

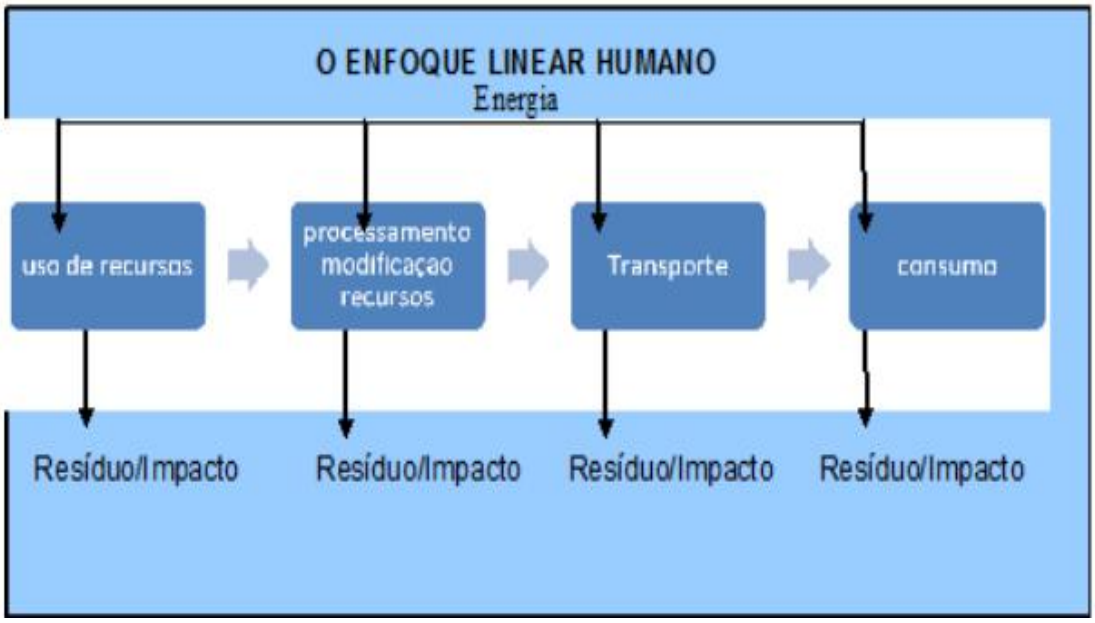
sustentabilidade sobre os recursos naturais. Esse fato representa uma franca evolução da teoria Neoclássica, que considera as externalidades falhas de mercado, que fazem com que determinados efeitos da atividade econômica não sejam contabilizados no processo de troca no mercado.

Sachs (2000, 2004) interpreta o desenvolvimento sustentável 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 diversos conceitos que, apesar da ampla discussão, ainda não apresentam consenso sobre o que seja desenvolvimento sustentável[1]; em um resumo de ideias Sachs (2004), apresenta o desenvolvimento sustentável sob a égide da manutenção das gerações presentes e das futuras.

As teorias de desenvolvimento partem da observação dos modelos de produção, embora o consumo tenha importante papel neste contexto. As trocas entre o sistema natural e o mercado alteram as percepções às limitações da economia pela escassez da natureza considerando o desenvolvimento incoerente com a preservação.

O modelo de produção amplamente usado representa um sistema linear fechado, que depende de um suprimento contínuo e inesgotável de matéria e energia que, depois de utilizadas, são devolvidas ao ambiente adjacente como sobras ou resíduos. Para tal modelo funcionar e ser verdadeiro, ou seja, para que os seres humanos garantam a sua sobrevivência, as seguintes premissas teriam que ser verdadeiras (Braun, 2008): Suprimento inesgotável de energia; Suprimento inesgotável de matéria; Capacidade infinita do meio de reciclar matéria e absorver resíduos.

Figura 1: Sistema Linear.

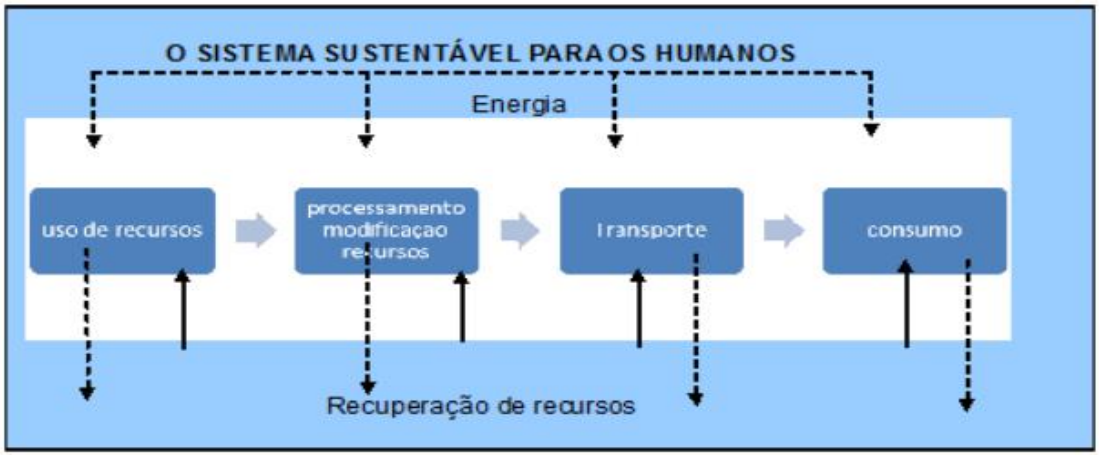


Fonte: Braun; 2008.

[1] ...a definição mais frequente é a usada pela *World Comission onEnvironment Development* (WCED): "*atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem as suas*".

Diferentemente do sistema linear, o modelo sustentável (aberto) tem um relacionamento com o ambiente externo a partir da recuperação e da reintrodução dos recursos nos fluxos, minimizando os impactos. É verdade que toda atividade proporciona algum impacto mesmo que mínimo, contudo, um modelo que privilegia a logística inversa ou a reintrodução dos resíduos tem como resultado a conservação dos recursos naturais com desenvolvimento social e econômico (Braun, 2008).

Figura 2: Sistema Sustentável



Fonte: Braun, 2008.

O chamado modelo de desenvolvimento sustentável, que é tratado em Braun (2008), segue os ensinamentos das leis da física e do funcionamento dos ecossistemas apresentando: - Dependência do suprimento externo contínuo de energia (sol); - Uso racional da energia e da matéria com ênfase à conservação, em contraposição ao desperdício; - Promoção da reciclagem e do reuso dos materiais; Controle da poluição, gerando menos resíduos para serem absorvidos pelo ambiente e; - Controle do crescimento populacional em níveis aceitáveis, com perspectivas de estabilização da população.

A evolução da teoria econômica leva a internalização dos custos ambientais apontando o desenvolvimento para uma convivência racional com o meio ambiente através de modelos mais sustentáveis em uma economia de produção limpa. E para mensurar se o modelo atende às novas exigências de um mercado sustentável, algumas metodologias contribuem para a formulação de indicadores[2] para análise de resultados.

Embora não seja nova, a análise *Emergética* se apresenta em estudos recentes como formulador de indicadores mais intensos nas relações da natureza com o mercado e a capacidade de renovação dos sistemas envolvidos. Esta metodologia é capaz de elencar reações da natureza em sistemas abertos, transformar em índices monetários e compará-los aos velhos modelos de análise de viabilidade econômico-financeira.

Os trabalhos de Brito (2004) e Menezes (2008), atualizados por Zorzella (2010), que tratam da análise de viabilidade econômico-financeira da produção de Manga no Sub Médio Vale do São Francisco (SMVSF), apontaram vantagens da produção convencional - intensivo em

[2] Um indicador é uma medida em geral quantitativa dotada de significado substantivo e usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito. Os indicadores sociais são de interesse teórico ou programático para, respectivamente, a pesquisa acadêmica e a formulação de propostas e políticas públicas. Eles informam sobre algum aspecto da realidade social de interesse. Os indicadores são, portanto, uma forma de medir e avaliar determinadas tendências, contextos e realidade.

agroquímicos - sobre a produção orgânica. Esses trabalhos levaram em consideração apenas a análise de risco e retorno financeiro sobre o capital aplicados pelas agências financeiras.

Este trabalho analisou a mesma amostra à luz da metodologia *emergética* e analisou a viabilidade segundo a sustentabilidade e renovabilidade dos sistemas envolvidos, buscando verificar qual modelo de produção é mais eficiente e se a metodologia *emergética* é capaz de contribuir com o desenvolvimento sustentável.

1.1 Análise Emergética

A teoria da *Emergia* encerra toda troca de energia dentro de um sistema produtivo e quantifica a energia necessária para produzir outra energia, uma vez que, conceitualmente, todo elemento produz e carrega energia em sua biomassa (Odum, 1996, Ortega, 2008). Como indicador de sustentabilidade e *Renovabilidade*, a teoria da *Emergia* se apropria das trocas de energias que ocorrem no retorno ao ciclo produtivo das perdas durante o processo natural (energia degradada).

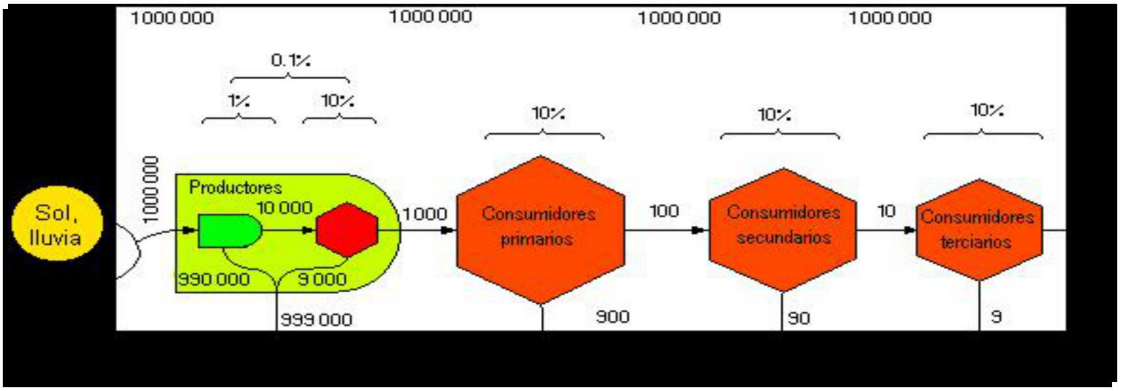
Todo e qualquer fenômeno que aconteça na natureza necessita de energia para ocorrer. A vida requer, basicamente, matéria, que é algo que ocupa lugar no espaço e energia, que é a capacidade de realização de trabalho. Esses dois conceitos são essenciais para o tratamento das questões ambientais (Braga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

Braga *et. al. (*2005) nos ensina que, 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 logo 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. Então, a matéria é proveniente da terra e, após a utilização, o consumo ou a transformação, retornará ao sistema como resíduo. Aplica-se, também, à conservação da energia, pois, esta, também, não se destrói nem se cria. É possível a transformação de uma forma de energia em outra. 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 que, no todo, não haverá variação da energia total (Braga *et. al.*, 2005).

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% (Figura 3).

Figura 3. Energia incorporada a cada etapa dos processos



Fonte: LEIA- UNICAMP – (2010)

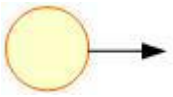
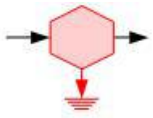
Em cada transformação, a energia torna-se menor aumentando a entropia[3]. Então, seres vivos incapazes de sintetizar seu próprio alimento terão a sua disposição uma quantidade inferior de energia disponível a cada etapa da vida (dos processos).

A energia se conservará quando aplicarmos à visão sistêmica sobre os fenômenos da natureza. Von Bertalanffy (1968 apud Ortega, 2008) foi quem primeiro formulou a Teoria Geral de Sistemas, que permitiu ao Dr. Howard Odum [4]desenvolver a análise *Emergética* como indicador de sustentabilidade e avaliação dos ecossistemas.

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).

Howard Odum (1971 e 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. Alguns exemplos para verificar:

Quadro 1. Símbolos para diagramas sistêmicos (Exemplos).

	Trajetória (Fluxo) de Energia - Um fluxo de energia ou materiais.
	**Fonte energética** -Energia que acompanha cada um dos recursos usados pelo ecossistema como o sol, os ventos, as trocas das marés, as ondas nas praias, as chuvas, as sementes trazidas para dentro do sistema.
	Dreno de Energia - Energia que é dispersa e não pode ser mais usada. Como a energia na luz solar depois do seu uso na fotossíntese, ou o calor do metabolismo que sai dos animais. Dispersões associadas a armazéns, interações, produtores, consumidores e símbolos de interruptores.
	**Consumidor** -Unidade que transforma a qualidade de energia alimentada, produzida pelo produtor como insetos, gado, micro-organismos, seres humanos a cidades. Fator constante desde qe a fonte de energia (s) seja suficiente.

Fonte: Adaptado de Comar (1998)

A soma das energias *(Emergia)* consumidas durante todo o processo é adicionada aos 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

[3] A entropia é uma grandeza que busca mensurar não a energia tampouco a matéria total encerrada pelas fronteiras do sistema termodinâmico, mas sim como esta matéria e esta energia encontram-se armazenadas e distribuídas no sistema definido por tais fronteiras. Assim, embora uma grandeza bem distinta das grandezas massa, energia interna e quantidade de matéria, a entropia de um sistema encontra-se certamente relacionada às grandezas citadas, sendo, da mesma forma que as anteriores, uma propriedade do sistema

[4] Dr. Howard Thomas Odum (1924 - 2002) era um membro de uma família de cientistas bem conhecidos, que dedica a sua investigação e ensino para a melhoria das Ciências Ecológicas. Howard e seu irmão Eugene fizeram grandes esforços para interligar Ciência e Sociedade através de Ecologia, de Sistemas de Educação e à elaboração de propostas de Políticas Públicas de acordo com novas abordagens sistêmicas globais. Ele produziu uma grande quantidade de artigos em revistas científicas, publicou vários livros e recebeu vários prêmios acadêmicos;

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).

A *Tansformidade* solar é a razão da própria energia e produto ou serviço pela *Emergia* solar necessária à sua geração; portanto, é uma medida de "valor" que pode ser expressa, com frequência em: *Emergia* por energia (sej/joule), *Emergia* por unidade de massa (sej/Kg) e, algumas vezes, como é o caso deste estudo, **em *Emergia* por unidade monetária (sej/US$) [GRIFO NOSSO].** Então, como nos ensina Comar (1998), as trocas de energia realizadas durante os processos na natureza podem ser reduzidos a valores monetários (US$) e assim formular indicadores de sustentabilidade e de capacidade de renovação dos ecossistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Como os elementos da população já se acham ordenados[5], não há necessidade de construir o sistema de referência. Nesse caso, a seleção dos elementos que constituíram a amostra pode ser feita por um sistema imposto pelo pesquisador denominado amostragem sistemática. Portanto, a amostra foi formada, primeiro, por todos os produtores orgânicos de manga *Tommy Atkins* - (três); depois, foi feita a escolha das propriedades produtoras de manga convencional. Levou-se em consideração a área de produção e a produtividade média, a área total e o tipo de solo.

Então, a pesquisa compreendeu seis propriedades produtoras de Manga distribuídas conforma mostra o Quadro 2. Três propriedades de produção orgânica, sendo duas no projeto maniçoba em Juazeiro e uma no projeto Nilo Coelho (N9) em Petrolina; e, três propriedades que produzem de forma convencional, localizadas, também no projeto Nilo Coelho (N9 e N5).

Quadro 2: Modo de produção e localização das propriedades.

Propriedade	**Modo de produção**		**Localização**
	Orgânica	Convencional	
Propriedade 1	O1		Juazeiro-BA
Propriedade 2	O2		Juazeiro-BA
Propriedade 3	O3		Petrolina-PE
Propriedade 4		C1	Petrolina-PE
Propriedade 5		C2	Petrolina-PE
Propriedade 6		C3	Petrolina-PE

Fonte: Dados de pesquisa.

As propriedades orgânicas foram denominadas: O1, O2 e O3 as convencionais: C1, C2 e C3. Embora as propriedades apresentem tamanhos e áreas de produção diferenciadas (Quadro 3), o estudo adotou o hectare como unidade de referência.

[5] Verificar, para maiores informações: Brito (2004), Menezes (2008) e Zorzella (2010);

Quadro 3 – Área de produção e localização das propriedades avaliadas.

Propriedades	Área da propriedade	em hectare (ha)	Localização
O1	113	51	Juazeiro-BA
O2	98	60	Juazeiro-BA
O3	120	58	Petrolina-PE
C1	180	120	Petrolina-PE
C2	120	110	Petrolina-PE
C3	135	110	Petrolina-PE

Fonte: Dados de pesquisa.

.

O estudo utilizou dados secundários da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada - UNICAMP, e resultados de experimentação em laboratório da EMBRAPA semiárido de Petrolina-PE. Ainda, apropriou-se de dados indiretos de custeio e investimentos e de tabelas de produtividade por hectare das Diretorias de Agronegócios do Banco do Brasil e do Banco do Nordeste, além dos dados da pesquisa de Britto (2004) e Menezes (2008), que verificaram a produção de frutas orgânicas no Vale do São Francisco - VSF. Cabe ressaltar que os dados dos estudos de Brito e Menezes foram atualizados por Zorzella (2010).

2.1. Método da Pesquisa

Para atingir os objetivos deste trabalho, a pesquisa foi reduzida ao SMVSF, precisamente às cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE[6]. Diminuindo a amostra pode-se comparar os sistemas de produção orgânico e convencional em igualdade de condições. Em uma região reduzida, pode-se acompanhar os detalhes do manejo (serviços e insumos) e dos custos em cada propriedade e, a partir desse acompanhamento, calcular indicadores a partir de equações previamente formuladas pelo LEIA.

Os dados quantitativos da investigação foram coletados por questionários fechados que versaram sobre os serviços, os agroquímicos, os investimentos em máquinas e em equipamentos, os salários e os custos, as despesas e as aplicações. Os dados coletados possibilitaram a formulação de planilhas para cada propriedade e para cada sistema de produção.

A partir da pesquisa de campo, os dados foram usados para, à luz da análise Emergética, analisar a sustentabilidade e a *Renovabilidade* do sistema agrícola de produção de manga. O método consiste em visualizar os elementos como partes ativas de um todo maior, partindo do geral para o detalhe (Odum, 1983).

---

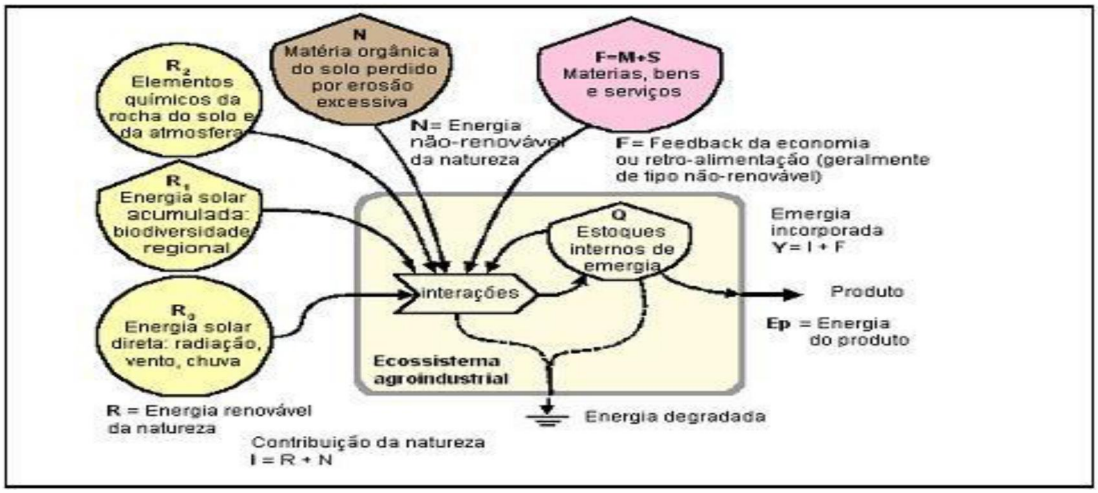
6 O estudo foi desenvolvido no Sub-médio Vale do São Francisco (SMVSF) compreendendo os perímetros Irrigados, Senador Nilo Coelho, situado em Petrolina e, em Juazeiro, o perímetro Maniçoba. O município de Petrolina está localizado no extremo oeste do estado de Pernambuco (nas coordenadas 09º23'55"; Latitude Sul e 40º30'03" Longitude Oeste), na margem esquerda do Rio São Francisco. Na margemdireita esta Juazeiro, localizada no nordeste da Bahia (09° 24' 50" Latitude Sul e 40° 30' 10" Longitude Oeste).

Um sistema é um conjunto articulado de elementos e relações que interagem entre si e o exterior. Uma avaliação baseada na teoria da *Emergia* decompõe os fluxos de energia entre os diversos agentes e busca identificar a relação entre eles na formação de novas matérias.

Para melhor entender a teoria da *Emergia,* dividiu-se a avaliação em três etapas: Na primeira etapa: lançou-se mão da formulação de diagramas que elucidem as relações entre os componentes do sistema em estudo. A construção de diagramas é importante para a compreensão primária do funcionamento do sistema e quais os seus principais fluxos de entradas e saídas de materiais e energia (COMAR, 1998).

O desenho de um diagrama (Figura 4), definido por Odum (1996), é representado por símbolos da eletrônica e de circuitos analógicos. Segundo Watanabe (2005) e Brown e Ulgiati (2004), o diagrama sistêmico define o limite espacial do sistema estudado, onde estão dispostos os recursos utilizados e as entradas de energia em cada etapa do processo produtivo. O diagrama representa, segundo os símbolos dispostos na figura 2, os recursos renováveis da natureza (R), os não renováveis (N), os materiais da economia (M) e os serviços da economia (S).

Figura 4: Diagrama básico dos recursos e das trocas dentro de um sistema agrícola primário.



Fonte: LEIA – UNICAMP (2010)

Configurados os recursos, cabe apenas relacionar a interação das trocas de energias até o produto e a degradação da energia residual. A partir do diagrama, foi possível identificar como os recursos seriam classificados. E, com os dados da pesquisa acerca dos insumos e

serviços utilizados nas propriedades orgânicas e convencionais, pode-se seguir para a segunda etapa: Construção da tabela de avaliação *Emergética*, com os fluxos quantitativos de entradas baseados no diagrama sistêmico.

Na Segunda etapa (Tabela 1): Construção da tabela de avaliação *Emergética*, com os fluxos de entrada e saídas quantitativos, baseados no diagrama sistêmico (Figura 4) - Primeiro, o sistema maior, dentro do qual se situa o sistema de interesse; segundo, o sistema de interesse é analisado e geram-se índices necessários aos propósitos comparativos.

Os dados pesquisados, sobre insumos e serviços, foram transformados em médias; os grupos em subgrupos de mesma unidade de medida e peso. Para facilitar os cálculos dos indicadores à confecção da tabela ,seguem os dados de *Transformidade* do Manual de Cálculo de *Emergia* (MCE) e eventualmente, os dados mais complexos, os cálculos já realizados e armazenados no LEIA (2010).

Na terceira etapa, calculam-se os índices *Emergéticos* resumidos a indicadores específicos, por massa, que quantificam a *Emergia* necessária aos processos de um ecossistema e os quais são transformados em índices monetários e índices de renovação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo dos fluxos de *Emergia* para produção de manga nas propriedades que adotaram o modelo convencional são apresentados a seguir:

Tabela 1 – Fluxos de emergia para a produção de manga no sistema convencional.

Cod	Contribuição	Fluxo de entrada	Valor Padrão	Fator de conversão	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de Emergia (sej/ha/ano)
	Contribuições renováveis da natureza (R)					**11,64 *E*13**
R1	Sol	6,53 *E*9 J/m2/ano	-	9200	1	6,0 *E*13
R2	Chuva	0,62 m3/m2/ano	3,1 *E*10 J/ha/ano	5,0 *E*10 J/m2/ha/m3	1,82 *E*04 sej/J	5,64 *E*13
	Contribuição não renovável da natureza (N)					**6,0 *E*13**
N1	Perda de Solo	900 Kg/ha/ano	9,72 *E*04 Kcal/ha/ano	4.186 J/Kcal	7,38 *E*04 sej/J	3,0 *E*13
N2	Perda de Nutrientes	10 Kg//ha/ano	-	1	3,0 *E*12 sej/j	3,0 *E*13
	Materiais da Economia (M)					**213,47 *E*13**
M1	Mudas	1,7 Kg/ha/ano	0,86 dólar/Kg	1	3,7 *E*12 sej/dólar	5,45 *E*13
M2	Calcário	750 Kg/ha/ano	75,0 Kg/ha/ano	1	1,0 *E*12 sej/kg	75,0 *E*13
M3	Herbicidas	1,5 Litro/ha/ano	0,7 Kg/Litro	1	1,48 *E*13 sej/Kg	1,55 *E*13
M4	Fungicidas	1,4 Kg/ha/ano	-	1	1,48*E*13 Sej/Kg	2,07 *E* 13

M5	Fertilizantes Fosfatados	300 Kg/ha/ano	-	1	3,9 *E*12 sej/Kg	117 *E*13
M6	Sulfatos: Mag + Amonia	40 Kg//ha/ano	-	1	3,1 *E*12 Sej/Kg	12,4 *E* 13
			Serviços da economia (S)			**184,5 *E*13**
S1-SX	MO -	606,00 R$/ha/ano	342,37 UD$/ha/ano	1	3,7 *E*12 Sej/ano	126,7 *E*13
S3	Água - Irrigação	142,22 R$/ha/ano	80,35 UD$/ha/ano	1	3,7 *E*12 Sej/j	29,7 *E*13

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se verificar que alguns dados indicam impactos ou perdas significativas para o sistema sem ou quase sem nenhuma condição de se renovar durante o processo produtivo. A perda de solo (N1) e a perda de nutrientes (N2) ocorrem em quantidades importantes que, em longo prazo, causará danos ao próprio modelo de produção, esgotando os recursos e ocasionando, por exemplo, a infertilidade dos solos (Tabela 1). A utilização extensiva de Mão de Obra em produção convencional causa exposição do trabalhador a produtos químicos, muitas vezes tóxicos e diminui a qualidade de vida.

A Tabela 2 trata dos indicadores da agricultura convencional. Esta apresenta a contribuição da natureza ao processo de transformação dentro desse sistema (17,64*E*13). Esse indicador sinaliza que o sistema tende a exaurir os recursos não renováveis (N), enquanto os recursos da economia se apresentam em grande volume (397,97 *E*13), o que eleva o fluxo de *Emergia.*

Tabela 2: Indicadores da produção convencional.

Classificação de entradas	Equações	Agregados de *Emergia*
Recursos Renováveis	R	11,64 *E*13
Recursos não Renováveis	N	6,0 *E*13
Contribuição da Natureza	**I = R + N[7]**	**17,64 *E*13**
Material da Economia	M	213,47 *E*13
Serviços da Economia	S	184,50 *E*13
Contribuição da Economia	**F = M + S[8]**	**397,97 *E*13**
Fluxo de *Emergia*	**Y = I + F[9]**	**415,61 *E*13**

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 3 trabalha os índices e os transforma em indicadores que medem a capacidade de

[7] A natureza (I) contribui e fornece energia renovável (R), que resume o trabalho do ambiente (energia solar direta, chuva, vento, marés e fenômenos geológicos) e, não renovável (N), que representam o desgaste do ambiente (solo, biomassa consumidos a taxas acima da velocidade de reposição e depósitos de água): **I = R + N;**

[8] A contribuição da economia e da sociedade (F) alimenta o sistema com insumos agrícolas, equipamentos para irrigação, máquinas e animais, aqui denominados materiais (M) e, fluxo de mão de obra, recursos financeiros, trabalho humano e etc, ou seja, serviços (S): **F = M + S;**

[9] Outro item básico é determinado pela produção desejada e não desejada (Y), ou seja, impactos positivos ou negativos ao ambiente resultante da relação entre natureza e contribuição da economia/sociedade. Como exemplos, lixiviação, impactos sobre a biodiversidade, sobre a saúde, sobre a atmosfera e os resíduos são, entre outros, variáveis para avaliação *Emergética*: **Y = I + F;**

renovação dos sistemas e o quão é sustentável o modelo de produção. Nesta tabela, os índices que representam baixa capacidade de se renovar. No caso específico deste estudo, pode-se dizer que ambos os sistemas são sustentáveis. Contudo, o orgânico é mais sustentável que o tradicional.

Utilizando-se dos dados da tabela, é possível transformar o fluxo de *emergia* da agricultura convencional em indicadores de sustentabilidade e *renovabilidade*, segundo a utilização dos recursos em suas diversas possibilidades.

Tabela 3: Índices da Produção Convencional.

ÍNDICE *EMERGÉTICO*	**EQUAÇÕES**	**VALORES**
Renovabilidade	REN=(100)*(R/Y)	2,80%
Razão Renovável / Razão não Renovável	NRR =(N+M)/R	18,84 *E*13
Razão de Produção	EYR = Y / F	1,04
Razão Carga Ambiental	ELR = (N+F)/R	34,71
Índice Sustentabilidade *Emergética*	**ESI = EYR / ELR**	**0,03**

Fonte: Dados da pesquisa;

Mantendo os recursos que não se alteraram, a Tabela 4 apresenta os cálculos dos fluxos de *Emergia* (Sej/ha/ano) para propriedades que adotam o modelo orgânico de produção, apenas modificando aqueles fluxos que se diferenciaram pelo modelo.

Para a produção orgânica, a perda de solo e a perda de nutrientes é considerada zero, uma vez que se reintroduzem organismos no sistema através da utilização e da transformação de resíduos em adubos e fertilizantes.

Portanto, essa lógica vale para entender o emprego da Mão de Obra. Cabe ressaltar que, para o modelo orgânico, os cálculos são os mesmos, o que os diferencia da produção convencional é a quantidade e a qualidade da mão de obra. No modelo orgânico, os trabalhadores serão mais qualificados na produção e em maior número para cobrir toda a propriedade. A não utilização de químicos demanda, por parte da propriedade, mais atenção com o cultivar.

Tabela 4: Produção de Manga Orgânica.

Cod	**Contribuição**	**Fluxo de entrada**	**Valor Padrão**	**Fator de conversão**	***Transformidade* (sej/unidade)**	**Fluxo de *Emergia* (sej/ha/ano)**
	Contribuições renováveis da natureza (R)					**13,34 *E*13**
R1	Sol	6,53 *E*9 J/m2/ano	-	9200	1	6,0 *E*13
R2	Chuva	0,62 M3/m2/ano	3,1 *E*10 J/ha/ano	5,0 *E*10 J/m2/ha/m3	1,82 *E*04 sej/JL	5,64 *E*13
R3	Pessoas	17 *E* 06 J/ha/ano	-	1	1 *E*06 sej/J	1,7 *E*13
	Contribuição não renovável da natureza (N)					**0**

N1	Perda Solo	0 Kg/ha/ano	-	4.186 J/Kcal	7,38 *E*04 sej/J	0
N2	Perda de Nutrientes	0 Kg/ha/ano	-	1	3,0 *E*12 sej/j	0
Materiais da Economia (M)						**197,45 *E*13**
M1	Mudas	1,7 Kg/ha/ano	0,86 dólar/Kg	1	3,7 *E*12 sej/dólar	5,45 *E*13
M2	Calcário/ Gesso	750 Kg/ha/ano	75,0 Kg/ha/ano	1	1,0 *E*12 sej/kg	75,0 *E*13
M3	Herbicidas	0 Litro/ha/ano	0,7 Kg/Litro	1	1,48 *E*13 sej/Kg	0
M4	Fungicidas	0 Kg/há/ano	-	1	1,48*E*13 Sej/Kg	0
M5	Fertilizantes Naturais Sulfatos:	300 Kg/ha/ano 0	-	1	3,9 *E*12 sej/Kg 3,1 *E*12	117 *E*13
M6	Mag + amonia	Kg//ha/ano	-	1	Sej/Kg	0
Serviços da economia (S)						**184,5 *E*13**
S1-SX	MO - Familiar	606,00 R$/ha/ano	342,37 UD$/ha/ano	1	3,7 *E*12 Sej/ano	126,7 *E*13
S3	Água - Irrigação	142,22 R$/ha/ano	80,35 UD$/ha/ano	1	3,7 *E*12 Sej/j	29,7 *E*13
S4	Impostos	135,00 R$/ha/ano	76,27 UD$/ha/ano	1	3,7 *E*12 Sej/j	28,1 *E*13

Fonte: Dados da pesquisa;

Segundo o Manual Cálculo Emergia (MCE - LEIA/UNICAMP) e a EMBRAPA (2004), a fruticultura convencional no semiárido demanda seis trabalhadores por hectare, enquanto nas propriedades orgânicas, pelo menos, o dobro; doze trabalhadores rurais por hectare durante os mesmos dias, na produção e na colheita.

A Tabela 5 demonstra claramente que os índices são desconsiderados quando se verificam os recursos não renováveis e exigem mais dos recursos que a natureza pode renovar. Quanto aos recursos, isto é, contribuição da economia, seja em materiais ou em serviços, pode-se perceber que são mais reduzidos no modelo orgânico do que no modelo de produção convencional (381,95 *E*13).

Tabela 5: Índices da produção orgânica.

Classificação de entradas	Equações	Agregados de *Emergia*	
Recursos Renováveis	R	13,34	*E*13
Recursos não Renováveis	N		0
Contribuição da Natureza	**I = R + N**	**13,344**	***E*13**
Material da Economia	M	197,45	*E*13
Serviços da Economia	S	184,50	*E*13
Contribuição da Economia	**F = M + S**	**381,95**	***E*13**

Fluxo de *Emergia*	**Y = I + F**	**395,29**	***E*13**

Fonte; Dados da pesquisa;

A Tabela 6 apresenta índices e*mergéticos*, principalmente, quando se busca r*enovabilidade* e sustentabilidade superiores ao modelo convencional. Comparados aos índices do modelo convencional de produção de manga, percebe-se que a produção orgânica ganha na razão da utilização de recursos renováveis e não renováveis. A baixa contribuição da economia está na reintrodução de resíduos, que muitas vezes são produzidos na própria propriedade. O baixo dispêndio com agroquímicos é um fator determinante para a baixa carga ambiental e um melhor desempenho na razão de produção.

Tabela 6: Indicadores de produção orgânica.

ÍNDICE *EMERGÉTICO*	EQUAÇÕES	VALORES
Renovabilidade	**REN=(100)*(R/Y)**	**3,37%**
Razão Renovável / Não Renovável /Economia	NRR =(N+M)/R	14,80 *E*13
Razão de Produção	EYR = Y / F	1,03
Razão Carga Ambiental	ELR = (N+F)/R	28,63
Índice Sustentabilidade *Emergética*	**ESI = EYR / ELR**	**0,04**

Fonte: Dados da pesquisa;

3.1. Discussão: Avaliação econômica e a avaliação Emergética.

Não é intenção de o estudo desconsiderar os ganhos de produtividade adquiridos e a importância da expansão da produção de alimentos. Entretanto, apesar do crescimento registrado, a agricultura convencional carregada de agroquímicos e detentora de total credibilidade e garantias junto aos bancos e agentes financiadores não apresenta, em sua análise financeira, os custos totais de um empreendimento que demanda recursos naturais.

Embora a análise financeira não seja mais tão simpática aos olhos dos financistas e economistas, a metodologia da *emergia* também sofre críticas. Uma gama de economistas, em sua maioria neoclássica acredita que levada ao pé da letra, a *emergia* causaria, apenas, inflação nos preços dos alimentos. A contabilização dos serviços ou dos gastos energéticos dos recursos naturais incluídos na formação dos custos de produção serviria, apenas, para elevar o custo de vida e comprometer o *Bem-estar* da sociedade.

Entretanto, economistas como Miguel Bacic, do Instituto de Economia da UNICAMP, acreditam que a proposta da análise *emergética* acompanha a teoria há muito conhecida pelos economistas: a teoria do valor-trabalho; portanto, a teoria de Haward Odum apenas inclui no conceito de trabalho humano os conceitos de trabalho da natureza (BACIC e*t al*, 1998)[10].

[10] Na economia convencional, o preço de um produto corresponde à somatória das despesas realizadas com insumos, mão-de-obra e alguns serviços mais a margem de lucro desejada. Em certa forma e nem sempre com justiça, **o preço econômico representa o trabalho humano agregado.**

A avaliação sob a *emergia* sinalizou fortemente para ganhos importantes a o meio ambiente na produção orgânica (Tabela 6). A utilização de adubos e fertilizantes naturais, produzidos na própria propriedade e utilização de mão de obra familiar e, em maior número, a retenção de nutrientes, a baixa perda de solo e o alto material orgânico elevam os índices de *renovabilidade* e sustentabilidade do sistema produtivo. A conservação dos recursos ou a utilização racional das contribuições da natureza e da economia têm escopo de produção sustentável.

Projetos analisados pelo LEIA-UNICAMP na produção de milho e leite no interior do Rio Grande do Sul e Paraná demonstraram uma rentabilidade três vezes maior nas produções orgânicas quando analisadas pela metodologia *emergética.* A elevada contribuição de recursos não renováveis impõe custos também elevados de manejo dos cultivares, enquanto as análises financeiras de retorno e risco apontam para um resultado positivo. Introduzido no Brasil nos anos 60 e 70, para aumentar a produção de alimentos e ampliar as fronteiras agrícolas, o receituário para aprovação de financiamentos bancários com juros subsidiados pelo governo impunha a utilização de produtos da indústria agroquímica nascente (DELGADO, 2012).

A análise financeira se amarra apenas as condições de pagamento do projeto, isto é, se o projeto apresenta possibilidades, seguras, de retorno após o período de investimento, contabilizando como custos e despesas apenas matéria prima e mão de obra. Os trabalhos baseados no método do valor presente líquido (VPL), também denominado fluxo de caixa descontado (FCD)[11], apresentaram resultados positivos à produção convencional (9% maior que a orgânica) em projetos de longo prazo (6 a 10 anos, por exemplo)[12]. A análise usando o método da *Emergia* demonstra, através da comparação do índice de sustentabilidade *emergética* (páginas 12 e 14), que o modelo de produção orgânico é 33,33% mais eficiente. Como os elementos monetários foram transformados em energia e internalizados no sistema, pode-se afirmar que apresenta maiores retornos financeiros.

CONCLUSÕES

Os projetos agroecológicos merecem uma análise diferenciada devido a sua complexidade. Os modelos disponíveis na literatura científica de origem norte-americana e europeia correspondem a uma agricultura convencional excessivamente simples que difere muito no seu funcionamento dos sistemas orgânicos ou agroecológicos. Nos projetos agrícolas de tipo ecológico, novos ou tradicionais, a biodiversidade tem um papel importante no fornecimento de materiais e serviços para a produção rural.

É possível identificar relevantes diferenças nas relações ambientais entre os modelos de produção orgânica e convencional. A utilização de agroquímicos na produção convencional é muito significativa, o que ocasiona maior consumo de energia, enquanto a orgânica aproveita mais a matéria orgânica e menos contribuições da economia e os resíduos, necessitando menos energia para produção.

A agricultura orgânica tem boas relações com o meio ambiente e resultados positivos para a manutenção da vida e retornos financeiros superiores em longo prazo.

A produção orgânica é mais dispendiosa na implantação, porém, no longo prazo os custos se revertem pela não dependência de agroquímicos e manutenção do solo. E, baseado nas

[11] em que o valor de qualquer projeto de investimento deve ser função de quatro variáveis: quanto foi investido; quanto ele gera de fluxo de caixa; quando esse fluxo de caixa deve ocorrer; qual o risco associado a esse fluxo de caixa.

[12] Para maiores detalhes consultar: Brito (2004), Menezes (2008), e Zorzella (2010);

dimensões do desenvolvimento sustentável, é possível afirmar que uma análise financeira não identifica custos ambientais e impactos ao meio como formador de preço ao mercado.

O modelo de produção orgânica apresenta índices de *renovabilidade* e de sustentabilidade maiores que o convencional. A utilização de recursos da natureza em maior quantidade que os recursos não renováveis e a utilização de serviços e materiais da economia fazem da produção orgânica um modelo que promove a renovação e a sustentabilidade dos sistemas.

E, como instrumento de análise e produção de indicadores, a metodologia *emergética* demonstrou que é capaz de contribuir com o desenvolvimento sustentável e servir de contra ponto a projetos tradicionais e fórmulas econômico-financeiras de avaliação de risco e retorno.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. L. **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).

BACIC, M., CARPINTEIRO, J., ORTEGA, E., *et al.* 1998. **Proposta para o estudo de um novo modelo de empresa agroindustrial**. II Encontro Brasileiro de Energia para o Meio Rural, UNICAMP. 1998.

BONILLA, J.A. **Fundamentos da agricultura ecológica**: sobrevivência e qualidade de vida. São Paulo: Nobel, 1992.

BORBA, M. **Balanço Energético e Papel da Agricultura na Geração de Energia**. XXXVII Semana Acadêmica da Agronomia UFPEL julho de 2006. Pelotas – RS.
K
BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

BRANDT-WILLIAMS, S., H.T. Odum. 1998. **Procedure for Agricultural Emergy Evaluation, illustrated with analysis of tomato production in Florida.** Capítulo do livro "Introdução à Engenharia Ecológica usando estudos de caso brasileiros", Ortega, E.; Safonov, P. e Comar, V. (Editores), Gráfica da Unicamp.

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

BRITTO, W. S. F.. **Custo e viabilidade financeira da agricultura orgânica versus agricultura convencional**: o caso da manga no vale do São Francisco. Apresentado no XI Congresso Brasileiro de Custos – Redescobrindo a Gestão de Custos: em Busca de um Porto Seguro. Porto Seguro. 2004.

BRÜSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. (org.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez,

1995.

BROWN, M.T. ULGIATI, S. **Emergy analysis and environmental accounting**. Encyclopedia Energy, 2:329-354.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida**. São Paulo: Ed. Cultrix. 1996. 256p.

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

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nossofuturo comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DAROLT, M.R. **As Dimensões da Sustentabilidade**: Um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba-PR. Curitiba, 2000. Tese de Doutorado: Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná/ParisVII.

DELGADO, G C. **Do Capital Financeiro na Agricultura à Economia do Agronegócio** – Mudanças Cíclicas e Meio Século (1965-2012). Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012, 144p

FERRAZ, J. M. G.. As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.. FERRAZ, J. M. G. (org). **Indicadores de Sustentabilidade em LAgroecossistemas**. 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. 448p.

LEMOS, Haroldo Mattos. Explosão populacional. In **Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável** - História da Questão Ambiental. FGV,2010.http://www5.fgv.br/fgvonline/ocw/OCWAMBEAD/index2.htm OCWAMBEAD_00_01/2009_1 <acesso em 31/01/2010>

LOPES, Frederico Fonseca *et. al* . O Vale do São Francisco: Lições para o Planejamento Estratégico de uma Região **In**: NEVES Marcos Fava: Agronegócios &Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Atlas, 2007.

MAPURUNGA, L. F., **Análise da Sustentabilidade da Agricultura Orgânica:** um estudo de caso. Fortaleza, 2000, PRODEMA – CCA – UFC. Dissertação de Mestrado.

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

MENEZES, R. B. A. **A Viabilidade Econômico-Financeira da FruticulturaOrgânica no Vale do São Francisco**: Um Estudo a Partir de Frutas Selecionadas.2008. Monografia (Bacharelado em Economia) – FACAPE, Petrolina, PE.

MOURA, L. G. V. **Indicadores para a Avaliação da Sustentabilidade em Sistemasde Produção da Agricultura Familiar**: O caso dos fumicultores de agudo-rs. PortoAlegre, 2002. UFRGS PGDR. Dissertação de Mestrado.

NEVES, Marcos Fava: **Agronegócios & Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Atlas, 2007.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. (Org.) **Desenvolvimento sustentável**: a institucionalização de um conceito. Brasília: Ed. Ibama, 2002.

ODUM, H.T. 1971 Odum HT. **Environment, Power and Society**. New York: John Wiley, 1971.

_____**Systems Ecology**: An Introduction. New York: John Wiley, 1983

_____**Environmental Accounting, Emergy and Decision Making**. J. Wiley, NY, 370 pages. ISBN-471-11442-1 (1996)

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 emAgroecossistemas**. Jaguariuna, SP: Embrapa Meio Ambiente: 2008.

PENNA, Carlos Gabaglia. **O estado do planeta: sociedade de consumo e degradação ambienta**l. Rio de Janeiro: Record, 1999.

PROGRAMA DE MEIO AMBIENTE DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração dKeEstocolmo – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano.Estocolmo: UNEP, 1972.6p.Disponívelem:<http://www.mma.gov.br/Estruturas /agenda21/_arquivos/estoc olmo.doc>. Acesso em: 23 setembro de 2009.

PROGRAMA DE MEIO AMBIENTE DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração do Riosobre meio ambiente e desenvolvimento – Conferência das Nações Unidas sobre Meio ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: UNEP, 1992. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/index.phpido=conteudo. monta&idEstrutura=18&idConteudo= 576>. Acesso em: 15 setembro de 2010.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986. 207p.

_____. **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. 448p.

_____. **Caminhos Para o Desenvolvimento Sustentável**. STROH, Paula Yone (Org.). Rio de Janeiro: Garamond.(2000).

_____. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 152p.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1982. (Os Economistas). 237p.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SOUZA, Nali de Jesus de. **Desenvolvimento econômico**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 415p.

TEIXEIRA, A.H.C. LIMA FILHO, J.M.P. **Cultivo da Mangueira**: Clima. Sistemas de Produção 2. EMBRAPA, Julho, 2004.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. FEA – LEIA: Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. São Paulo. Em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/homepage.htm> Acesso em: setembro de 2010.

WATANABE, M. D. B.. Mata Nativa e Cana-de-açúcar: **Cálculo do Valor dos Serviços Ecossistêmicos Vinculados aos Ciclos da Água, do Carbono e do Nitrogênio Utilizando a Análise *Emergética***. Campinas, SP. 2005(Tese de Doutorado).

WCED. World Commission on Environment and Development, Our Common Future. Oxford University Press, Oxford. 1987.

VEIGA, J. E da; ABRAMOVAY, R.; EHLERS, E. Em direção a uma agricultura mais sustentável. In: RIBEIRO, W. C. (Org.). **Patrimônio ambiental brasileiro**. São Paulo: Edusp/Imesp, 2003. p. 305-333.

ZORZELLA, L. S. **Coopercuc**: estudo de caso para o desenvolvimento sustentável. 2010. Monografia (Bacharelado em Economia) – Facape, Petrolina, 2010.