

SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE TRÊS REGIÕES BRASILEIRAS¹

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEM FROM THREE DIFFERENT BRAZILIAN REGIONS

Luís Alberto AMBRÓSIO²

Fernando Curi PERES³

Sérgio DE ZEN⁴

Silvio M. ICHIHARA⁵

RESUMO

Os sistemas de produções agrícolas, representativos de três regiões brasileiras: campos do Estado do Rio Grande do Sul; cerrados do Estado de Mato Grosso e Amazônia do Estado do Pará – foram avaliados em termos de custos de produção a longo prazo e de receitas líquidas médias anuais. Tabelas de avaliação da energia⁶ foram preparadas para calcular a incorporação de energia dos sistemas, avaliando-se, assim, suas sustentabilidades ambientais. O método de quadrantes de referência foi usado para comparar as médias estimadas da sustentabilidade ambiental com as receitas líquidas. Os resultados indicaram problemas a longo prazo nas sustentabilidades econômica e ambiental dos sistemas estudados.

Palavras-chave: Sistema de produção, sustentabilidade econômica, sustentabilidade ambiental, energia, painel.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado oralmente no 13th International Farm Management Congress, Sidney, Austrália, Agosto, 2003.

⁽²⁾ Engenheiro agrônomo, doutor em Economia Aplicada, pesquisador científico IV do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo (IAC). ambrosio@iac.sp.gov.br.

⁽³⁾ Engenheiro agrônomo, Ph.D., professor titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. fcperes@esalq.usp.br.

⁽⁴⁾ Engenheiro agrônomo, doutor em Economia Aplicada, Pesquisador do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, ESALQ/USP. sergdzen@esalq.usp.br

⁽⁵⁾ Veterinário, mestre em Economia Agrária, assistente de Pesquisa do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. smasichi@esalq.usp.br.

⁽⁶⁾ Energia é definida como toda a energia disponível usada para a obtenção de um produto, incluindo os processos da natureza e os antrópicos.

ABSTRACT

Farm systems were depicted as representatives from three Brazilian regions: campos in Rio Grande do Sul State; savanna in Mato Grosso State; and amazonian in Pará State. The long-term cost of production was estimated and an yearly average net income was evaluated for a typical farm in each region. "Emergy" evaluation tables were used to estimate the energy incorporation in the farm systems as a way to evaluate the environmental sustainability. A four-reference quadrant method, was used to compare the average measurements of environmental sustainability and net farm income. Results indicate the presence of farms on the two non-expected quadrants, the northwest and the southeast, showing possible long term sustainability problems and that new development policies are required.

Key words: farm system; economic sustainability; environmental sustainability; emergy; panel.

1. INTRODUÇÃO

O espaço geográfico do Brasil apresenta uma grande diversidade de sistemas ambientais associados a diferentes graus de desenvolvimento econômico, formando extensas regiões com características distintas, como por exemplo: cerrado, Amazônia e campos (pampa ou estepes úmidas). Condicionando-se a este fato, a legislação ambiental brasileira, especificamente a Lei 4.771, de 15.09.1965, estabelece para as propriedades agrícolas diferentes proporções de áreas de preservação (reservas legais) em função da região em que se localiza. Por exemplo, conforme Milaré (2000), as propriedades na Amazônia devem manter 80% da sua área preservada e no cerrado e no campo são requeridos 20% da área para preservação. A agricultura moderna brasileira começou nas regiões meridionais, migrando para a região de cerrado e, recentemente, a agricultura de capital intensivo se instalou na região amazônica, processo denominado de agricultura itinerante por Gonçalves e Souza (1998). Ferreira et al. (1995) observaram que o valor da terra era maior nas regiões sul e de cerrado e menor na região amazônica. Outra característica importante é que as regiões dos campos estão muito mais próximas aos gran-

des mercados nacionais para seus produtos do que o cerrado e a Amazônia. Atualmente estão sendo abertos novos canais de comercialização voltados para a exportação da produção agrícola do cerrado e da Amazônia. Em função dessas características, em cada região se estabeleceram diferentes sistemas de produção agrícola, predominando nas regiões sul e central os sistemas de produção com uso intensivo de tecnologias, baseadas em insumos de mercado, e na região amazônica predominam os sistemas de produção extensivos da pecuária de corte.

Em geral, os agricultores se comportam como maximizadores de lucro. Atualmente, um novo objetivo relacionado com a conservação ambiental tem sido imposto para eles. A pergunta que surge neste contexto é: como interagem as forças econômicas e ambientais na determinação da sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas contidos naquelas regiões brasileiras? A afirmação de Knight (2002) – "nós que atuamos no agronegócio vimos que esses dois tipos de forças externas – que envolvem a produção e o ambiente – freqüentemente atuam em direções opostas, limitando a rentabilidade no meio" – é uma hipótese a ser testada neste trabalho. O problema aqui focalizado é a relação entre os indicadores de sustentabilidades econômica e

ambiental dos sistemas de produção agrícola nas regiões supra mencionadas. A sustentabilidade é medida em termos de eficiência econômica e ambiental.

Pressupondo-se que os agricultores se comportem como maximizadores de lucro, a renda líquida por hectare das propriedades (sistemas de produção agrícola) é um índice adequado para avaliar sua eficiência econômica.

Os sistemas de produção agrícola dependem de energia, provida de fontes externas ou internas, para sua operação e conservação. Odum (1996) mostra que a energia pode constituir um indicador dos estoques e fluxos de "recursos renováveis" e de "recursos não renováveis" existentes num sistema. Um dos problemas enfrentados nas análises energéticas tradicionais deve-se ao fato de a energia encontrar-se em diversas formas de estado, organização ou manifestação, dificultando sua utilização em avaliações de sistemas. Para solucionar esse problema, Odum (1996) propôs o conceito de *emergia*, a partir do qual se constroem índices que permitem mensurar os impactos ambientais de diferentes atividades produtivas. A *emergia* é definida como toda a energia disponível usada para a obtenção de um produto, incluindo os processos da natureza e os antrópicos. Em outras palavras, *emergia* é a energia agregada nesses processos. O conceito de *emergia* evoluiu para um método de avaliação de sistemas que permite valorar a contribuição dos recursos naturais aos processos de produção agrícola. Assim, neste trabalho, a eficiência ambiental é avaliada usando a metodologia *emergética*, mais especificamente, por meio dos índices de *emergia*, conforme definidos por Odum (1996).

2. METODOLOGIA

Dentre os diversos métodos de levantamento de dados encontrados na literatura, conforme Gerber (1992) e Christensen (1993),

o painel é reconhecidamente um método de baixo custo de obter informações detalhadas e formar um banco de dados de propriedades agrícolas. O painel provê os detalhes sobre uma tecnologia particular, permitindo definir os sistemas de produção agrícola. De Zen (2002) descreve o uso do painel para estimar as fronteiras de eficiência na agricultura. Ichihara (2003) usou o painel para caracterizar os sistemas de produção, típicos da região amazônica. Este trabalho usa os sistemas de produção agrícolas típicos de cada região, descritos em De Zen (2002) e Ichihara (2003). O primeiro sistema representa uma fazenda de tamanho médio da região produtora de grãos do Rio Grande do Sul (Carazinho); o segundo uma fazenda grande produtora de grãos e gado de corte do Estado de Mato Grosso (Sorriso); o terceiro uma fazenda com área muito grande de pecuária de corte da região amazônica do Estado do Pará (Paragominas).

Para determinar as características do sistema de produção típico de cada região, foram reunidos de seis a dez fazendeiros em um painel. Christensen et al. (1993) detalham os passos para se executar um painel, como segue. As reuniões planejadas para durarem quatro horas são suficientes para a instrução e o desenvolvimento dos elementos principais de um processo agrícola, no caso, os sistemas de produção da região. Aproximadamente, são dedicados 20 minutos para as introduções e uma explicação da utilidade e necessidade de estabelecer os sistemas de produção e determinar os custos das atividades agrícolas. Um exemplo de custo de uma atividade é distribuído e descrito brevemente em termos de seu conteúdo e das informações necessárias para sua elaboração. Os participantes são conduzidos a um trabalho de grupo para desenvolverem os custos para as atividades que adotam em suas propriedades. Solicita-lhes a definição de todos os passos das atividades desde a sua implantação. Os tratores e implementos usados em cada

atividade são identificados e descritos. Identificam-se as quantidades de insumos, materiais, trabalho humano e de máquinas usados em cada etapa operacional. No trabalho de grupo, evolui-se para um processo de consenso. Quando há dificuldade em se chegar a um denominador comum, são criados dois ou mais tipos de custos, representativos de sistemas diferentes. Este trabalho em grupo demora de 60 a 90 minutos. Em seguida, os produtores são divididos em grupos menores para desenvolverem um processo de custo para uma atividade específica do sistema de produção. Cada grupo tem a participação de um técnico com o objetivo de dar uma direção ao exercício de orçamentação, registrar o trabalho do grupo e manter um ritmo de trabalho de forma que o exercício seja completado no tempo estabelecido. Essa fase normalmente se realiza no final da sessão de trabalho. Depois dessa sessão, os pesquisadores da área econômica organizam as informações sobre as diferentes atividades que compõem o sistema de produção, em um formato comum (planilha de cálculo de custo); obtêm e verificam as variáveis de custos e provêm valores unificados por operação de máquina e trabalho humano. Os custos projetados são revisados pelos pesquisadores e são selecionados agricultores para checarem a existência de erros e assegurarem que todos os processos incorporem os aspectos reais das atividades praticadas pelos agricultores. O passo final é a revisão dos custos por todos os participantes do painel. A versão final representa a concordância dos participantes do painel de que os custos projetados são descrições realistas das operações associadas ao sistema de produção típico da região. O conjunto das planilhas de custos é disponibilizado, aos técnicos locais, para reprodução de cópias aos participantes.

Para a análise econômica, usou-se uma planilha de orçamento geral, calculada para cada sistema típico, contendo dados sobre a área de pastagem, culturas anuais e floresta, rendimentos por hectare, preços

pagos e recebidos, estoque de capital investido, insumos adquiridos, maquinaria, trabalho e outros serviços (Noronha, 1988). A receita líquida por hectare foi então calculada e avaliada para cada sistema de produção típico.

A análise do fluxo de energia foi realizada para os sistemas de produção das três regiões, tendo permitido os índices de energia obtidos a comparação das sustentabilidades ambientais desses sistemas de produção. Odum (1996) define a energia como sendo a energia disponível de um mesmo tipo (por exemplo, energia solar equivalente) que foi previamente requerida, em forma direta ou indireta, para produzir um certo produto ou serviço. Para não confundir a energia que existe em um produto (medida na unidade joules) com a que é usada para fazê-lo, as unidades de energia são denominadas emjoules (sej). A energia mede a riqueza real.

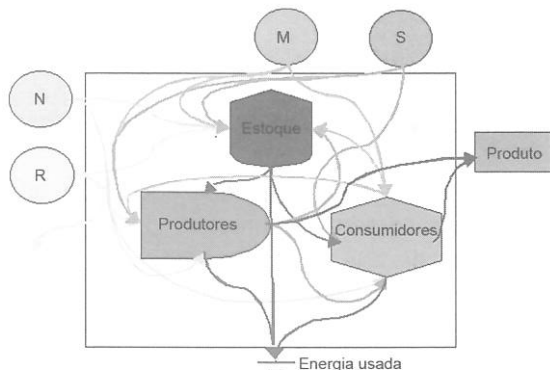
A aplicação da metodologia emergética implica uma visão sistêmica, requerendo, primeiramente, o conhecimento dos principais componentes do sistema estudado, ou seja, as entradas e saídas. Em seguida, constrói-se um diagrama do sistema representando os seus componentes e os fluxos de massa e energia.

A Figura 1 apresenta o diagrama agregado de energia para um sistema de produção agrícola. As linhas curvas com setas representam os fluxos de energia dos processos de produção; cada fluxo inicia-se numa fonte de energia e vai até o componente que a utiliza.

No diagrama, os círculos representam as fontes de energia, representando **R** os recursos renováveis (sol, chuva, vento); **N** os recursos não renováveis (solo); **M** os materiais adquiridos como combustível, fertilizantes e defensivos químicos; e **S** os serviços adquiridos no mercado. O componente **Estoque** representa o armazenamento de solo, água, biodiversidade; os componentes **Produtores** representam os processos de cultivos (milho, forragem, soja, algodão); os componentes **Consumidores** representam o processo de

produção de gado; e o componente **Produto** representa a produção do sistema (grãos, carnes e outros); finalmente, o componente **Energia usada** representa o consumo mais a energia perdida (entropia) no sistema.

Figura 1. Diagrama agregado da energia para um sistema de produção agrícola.



Fonte: Desenhado com base em Odum (1996).

Os recursos da natureza, materiais agrícolas e serviços introduzidos nos sistemas de produção estudados (representados pelas linhas curvas do diagrama) são convertidos em fluxos de energia (medida como *emjoules* solar - sej) colocando-se as quantidades de materiais ou serviços de cada fluxo numa linha de cálculo da tabela de avaliação de energia proposta por Odum (1996) (Tabela 1).

As sustentabilidades dos sistemas de produção são analisadas comparando-se as eficiências econômicas e ambientais e usando-se o método dos quadrantes de referências, conforme apresentado por Schaltegger & Burritt (2000), (Figura 2).

Os sistemas mais sustentáveis em termos dos indicadores de eficiência ambiental e econômica (eixos das ordenadas e das abscissas) são plotados no quadrante I e os menos

Tabela 1. Esquema de organização de uma tabela de avaliação dos fluxos de energia.

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6
Nota	Item	Dados, Unidade	Energia/ Unidade	Energia Solar	Em\$ Emdólares
...
<i>(Usa-se uma linha para cada fonte, processo ou estoque de interesse, conforme exemplo abaixo).</i>					
26	Uso de eletricidade	$8,32 \times 10^{18}$ J	159.000 sej/J	$132,28 \times 10^{22}$ sej	$551,2 \times 10^9$ US\$, 1983
...

Nota 26. Eletricidade total usada no ano de 1983: $2,31 \times 10^{12}$ kwh (fonte: EIA/DOE, 1984b, p195): $(2,31 \times 10^{12} \text{ kWh}) (3,606 \times 10^6 \text{ J/kWh}) = 8,32 \times 10^{18} \text{ J}$. Em \$ calculado dividindo-se a coluna 5 por $2,4 \times 10^{12} \text{ sej}/\$$ (valor de referência para se transformar energia em Em\$) para os USA ano base de 1983.

Fonte: baseado em Odum, 1996, pp 79. O exemplo da **nota 26** foi extraído da Tabela de fluxo de energia dos Estados Unidos, 1983, apresentado por Odum (1996, pp.187).

A coluna 1 indica o número do item (fluxo de energia) descrito na respectiva linha e que também é o número da nota de rodapé onde são citadas as fontes de dados e são mostrados os cálculos dos demais coeficientes.

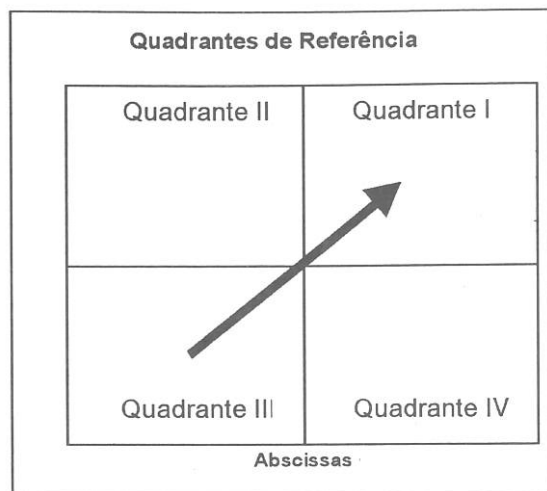
A coluna 2 indica o nome do item de entrada na tabela que também é mostrado como uma linha curva no diagrama, Figura 1.

A coluna 3 contém os dados, do respectivo item, em unidades: joules, gramas ou dólares derivados de várias fontes.

A coluna 4 contém o coeficiente de transformidade em *emjoules* solar por unidade (sej/J; sej/g; ou sej/\$). A transformidade é a energia de um tipo que é requerida para fazer uma unidade de energia de outro tipo. Os valores das transformidades para os diversos materiais e serviços são obtidos de vários estudos publicados anteriormente e divulgados em forma de tabelas de transformidades, exemplo Ortega (2002). Odum (1996) apresenta os coeficientes de transformidades para diversos materiais, os quais devem ser corrigidos por um fator de 1,68 em função de novos cálculos efetuados para a energia solar global que passou de 9,44 E24 sej/ano em 1996 para 15,83 E24 sej/ano, conforme por Odum (2000).

A coluna 5 contém a contribuição do item (fluxo) em termos de energia solar para o sistema. A coluna 5 é calculada pelo produto das colunas três e quatro.

A coluna 6 é o valor em *emdólares* que estima a riqueza real, tendo como base a relação energia/moeda agregando-se os principais recursos usados na economia de um país para formar o PNB em um determinado ano. O valor da coluna 6 é obtido dividindo a energia na coluna 5 pela relação de energia/moeda do país durante o ano selecionado. Os *emdólares* não foram usados neste trabalho.

Figura 2. Quadrantes de referência. Modelo teórico.

Fonte: Baseado em Schaltegger & Burritt (2000), p 51.

sustentáveis são plotados no quadrante III. Por outro lado, os sistemas plotados nos quadrantes II e IV indicam a presença de desequilíbrios graves em um dos indicadores. A seta indica a direção esperada do alinhamento dos sistemas se houver equilíbrio entre os indicadores de sustentabilidade.

Marzall & Almeida (1999) constataram que a sustentabilidade é determinada por um conjunto de fatores econômicos, sociais e ambientais e recomendam o uso de um conjunto de indicadores desses fatores ao se avaliar a sustentabilidade. Quantos indicadores formarão o conjunto, quais os fatores a serem

considerados como prioritários, segundo os autores, são aspectos que devem ser determinados pelos princípios de sustentabilidade que estão na base do processo. Por esse motivo escolhemos a receita líquida (indicador econômico) e a renovabilidade da emergência (indicador ambiental) para dimensionarmos a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os painéis foram realizados nos três municípios, durante os meses de setembro e outubro de 2001. Seus resultados mostram grandes diferenças no uso da terra entre os três sistemas de produção (Tabela 2). O sistema de produção de Paragominas tem uma alta porcentagem de sua área total usada como pastagem (37%). O sistema de produção de Sorriso tem 34% de pastagem e o de Carazinho tem apenas 14% de pastagem. Por outro lado, o sistema de produção de Paragominas tem apenas 3% de área de cultura, enquanto o de Sorriso tem 46% e o de Carazinho tem 66% de área de cultura. Não obstante a legislação requerer que as propriedades preservem 80% da área de floresta na região amazônica, o sistema de produção de Paragominas tem apenas 60% de área preservada. Para as outras duas regiões

Tabela 2. Uso da terra e resultados econômicos para cada sistema de produção de três regiões do Brasil, 2001.

Itens	Paragominas	Sorriso	Carazinho
Pastagem (ha)	5711	900	35
Culturas (ha)	484	1200	170
Floresta (ha)	9293	525	51
Área total (ha)	15488	2625	256
Venda total/ano (R\$)	937.702,17	2.568.312,50	176.952,27
Venda pecuária/ano (R\$)	611.092,17	627.000,00	29.052,00
Venda de cultura/ano (R\$)	326.610,00	1.941.312,50	147.900,27
Custo total/ano (R\$)	680.022,03	2.213.998,94	86.552,07
Receita Líquida Total (R\$)	257.680,14	354.313,56	90.400,20
Receita Líquida/hectare (R\$/ha)	16,64	134,98	353,13

Fonte: dados da pesquisa.

é obedecida a porcentagem exigida de área preservada (20%). Os resultados econômicos mostram maior eficiência em Carazinho e Sorriso, enquanto Paragominas tem uma menor receita líquida por hectare.

A análise da energia foi realizada com duas formas de cálculos, primeiro considerando-se apenas a área com uso agrícola (pastagens e culturas) e, segundo, considerando-se toda a área da propriedade (área agrícola mais a área de floresta). Apresenta-se na Tabela 3 apenas o resultado equivalente à área total devido ao fato de ambos os resultados serem equivalentes. A propriedade de Paragominas usou mais recursos renováveis devido às suas condições ambientais de chuva e de insolação. Carazinho usou mais recursos não renováveis (N) devido ao uso intensivo de terra sujeita a um processo de erosão mais intenso. Os usos de recursos materiais foram maiores em Carazinho e Paragominas devido às tecnologias agrícolas usarem mais intensivamente os defensivos químicos e máquinas. Os valores da energia total incorporada pelos sistemas de produção foram consistentes com a literatura (Tabela 3). O valor de Carazinho ($Y = 4,78E+15$) é típico de processos de regiões desenvolvidas enquanto os de Sorriso e de Paragominas apresentaram valores muito menores do que os de regiões desenvolvidas. Isso se explica devido ao fato desses dois sistemas de produção que representam regiões de fronteira agrícola usarem menos materiais e serviços adquiridos no mercado.

A Tabela 4 apresenta os índices de energia. A transformidade (Tr) é definida como a relação (Y/Ep) entre a energia total incorporada (Y) e a energia produzida (Ep). Aqui Y (energia do produto) foi calculado como uma média ponderada dos produtos da propriedade em relação à área total em hectares. A transformidade é uma medida da eficiência do sistema de produção: quanto menor o seu valor, mais eficiente é o uso da energia quando os sistemas têm processos equivalentes. Então, considerando-se a transformidade da produção agregada do hectare/ano, o sistema de produção de Carazinho é mais eficiente que os demais em termos de uso de energia. Isso se explica devido à composição energética dos produtos de Carazinho (milho e trigo) serem a base de carboidratos, conseqüentemente, produzindo mais energia por hectare do que a carne, por exemplo.

O menor valor da taxa de produção de energia líquida (EYR) ocorre quando os insumos da natureza são nulos ($R+N = 0$, resultando em $Y=F$ e $EYR=F/F=1$). A diferença acima do valor mínimo (unidade) mede a contribuição gratuita do ambiente para a produção. O valor do EYR para o sistema de produção de Carazinho, Tabela 4, está próximo de um (1,5), portanto a contribuição da natureza é baixa quando comparada com os recursos provenientes da economia. Então, esse sistema não é capaz de fornecer muita energia líquida para o sistema externo (o mercado)

Tabela 3. Fluxo de energia agregado para cada sistema de produção em sej/ha/ano.

Fluxo de energia (sej/ha/ano)	Paragominas	Sorriso	Carazinho
Recursos renováveis (R)	1,4091E+15	1,20E+15	0,914E+15
Recursos não renováveis (N)	0,0446E+15	0,109E+15	0,758E+15
Contribuição do ambiente ($I=R+N$)	1,4537E+15	1,309E+15	1,672E+15
Insumos materiais (M)	1,3727E+15	0,56080E+15	2,19980E+15
Serviços (S)	0,0190E+15	0,02506E+15	0,90965E+15
Retorno da economia ($F=M+S$)	1,3917E+15	0,58586E+15	3,10945E+15
Energia total incorporada ($Y=I+F$)	2,8454E+15	1,89486E+15	4,78145E+15
Energia produzida (Ep) em Joules	1,34E+11	7,53E+11	5,88E+12

Tabela 4. Índices de energia dos sistemas de produção das três regiões brasileiras.

Índices de energia	Paragominas	Sorriso	Carazinho
Transformidade (Tr, sej/J)	21155,60	2516,40	813,20
Taxa de Produção de Energia Líquida (EYR=Y/F)	2,04	3,23	1,54
Não renovável / renovável (N/R)	0,03	0,09	0,83
Taxa de Investimento de Energia (EIR=F/I)	0,96	0,45	1,86
Taxa de Carga Ambiental (ELR=(N+F)/R)	1,02	0,58	4,23
Renovabilidade (%R=R/Y)	49,50%	63,30%	19,10%

devido ao fato de ter alta contribuição de insumos adquiridos. Os valores mais altos de EYR em Sorriso (3,23) e Paragominas (2,04) indicam que esses sistemas têm maiores capacidades para incorporarem recursos livres da natureza e transferi-los para o mercado.

Quanto menor for a relação de energia Não Renovável/Renovável (N/R) de um sistema, menor será o seu efeito de degradação sobre o ambiente. A degradação do ambiente nos sistemas de produção de Sorriso e Paragominas é menor que no sistema de produção de Carazinho, cujo uso do solo tem alto potencial de erosão (Tabela 4).

A Taxa de Investimento de Energia (EIR) mede o esforço da sociedade para produzir um determinado produto, considerando-se a contribuição da natureza. A EIR é uma medida da eficiência do sistema de investimento, fornecendo uma visão clara da diferença entre os sistemas em relação ao investimento necessário para a produção. Um baixo valor da EIR (sendo $EIR=F/I$) indica que o ambiente (I) tem uma contribuição relativamente maior para a produção do que os recursos da economia (F, materiais e serviços), e por conseguinte é mais competitivo em termos de custos. O sistema de produção de Carazinho tem alto valor de EIR (1,86), mostrando uma agricultura economicamente frágil devido à sua dependência em insumos adquiridos no mercado. O sistema de Paragominas tem um valor de intermédio de EIR (0,96), enquanto o de Sorriso apresenta o menor valor de EIR (0,45). Esses dados indi-

cam que esses sistemas usam mais recursos da natureza (grátis) em relação aos recursos econômicos (caros), resultando em menores investimentos externos e, conseqüentemente, menores custos de produção de energia.

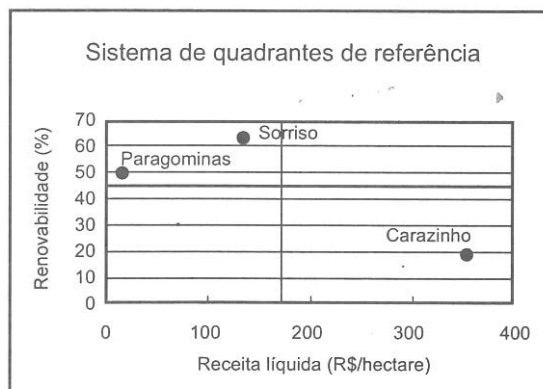
A carga ambiental (ELR) calculada pela relação $[(N+F)/R]$ é um indicador da degradação ambiental provocada pelo sistema; assim, quanto maior for a ELR, maior será a degradação ambiental. Os sistemas de produção de Sorriso e Paragominas apresentam valores baixos de ELR (0,58 e 1,02 respectivamente), confirmando o uso mais intenso de recursos naturais renováveis por esses sistemas quando comparados com o de Carazinho (ELR igual a 4,23). Os sistemas de Sorriso e Paragominas apresentam impactos ambientais reduzidos por usarem menos energia proveniente de fontes renováveis em relação à energia proveniente de fontes não renováveis.

O índice de Renovabilidade ($\%R=R/Y$) mede a sustentabilidade dos sistemas, porque representa a proporção do uso da energia de todos os recursos renováveis em relação à energia contida no produto. No longo prazo, somente os processos com porcentagem de R altos são ambientalmente sustentáveis. Os sistemas de Sorriso e Paragominas são mais sustentáveis a longo prazo do que o de Carazinho (Tabela 4). Observar que o produto é a produção de um hectare/ano, considerando-se a área total da propriedade. De certo modo isso favorece a sustentabilidade ambiental de

Sorriso, porém representa uma penalidade econômica para esse sistema que contém apenas 20% da área produtiva.

Mostra-se na Figura 3 os quadrantes de referência construídos conforme os conceitos apresentados por Schaltegger & Burritt (2000). Na Figura 2, no eixo das ordenadas (eixo Y, vertical), tem-se os valores do índice de renovabilidade (%R) que representam as eficiências ambientais dos sistemas de produção agrícolas e no eixo das abscissas (eixo X, horizontal) têm-se os valores das receitas líquidas que representam as eficiências econômicas dos sistemas de produção. É importante observar que os quadrantes são formados pelas linhas que representam as médias dos valores dos indicadores em cada eixo do gráfico. Se os sistemas de produção agrícolas estudados fossem sustentáveis apresentando eficiência econômica simultaneamente com a eficiência ambiental, então os pontos que representam cada sistema de produção estariam alinhados no sentido sudoeste-nordeste (quadrantes I e III) da Figura 3. Por exemplo, sistemas pouco sustentáveis estariam localizados no quadrante sudoeste (quadrante III) e os sistemas bastante sustentáveis estariam localizados nos quadrante nordeste (quadrante I). Porém, ao contrário do que seria desejável, os três sistemas de produção tiveram seus pontos plotados nos quadrantes noroeste e sudeste (quadrantes II e IV) da Figura 3. Isso implica que os sistemas de produção de Sorriso e Paragominas, que são mais sustentáveis ambientalmente, são pouco sustentáveis economicamente. E, por outro lado, o sistema de produção de Carazinho, que é menos sustentável ambientalmente, se mostra mais sustentável economicamente. Ou seja, com isso, confirma-se a afirmação de Knight (2002) de que os fatores de produção e ambientais, em geral, estão atuando em direções opostas, limitando a rentabilidade do meio no agronegócio.

Figura 3. Sistema de quadrantes de referência para a Renovabilidade (%) e a Receita Líquida (R\$/ha) para cada sistema de produção.



4. CONCLUSÕES

Os sistemas de produção agrícola de Sorriso e Paragominas apresentaram maiores valores para os índices de energia: Tr, EYR e %R, e menores valores para índices N/R, EIR e ELR, quando comparados com o sistema de Carazinho. Esses resultados permitem a conclusão de que os sistemas de produção de Sorriso e Paragominas são mais sustentáveis ambientalmente que o de Carazinho. O sistema de produção de Carazinho apresentou um uso mais eficiente de energia, mas sua sustentabilidade ambiental é menor, porque usa mais recursos adquiridos no mercado. No sistema de produção de Paragominas a atividade produtiva tem que pagar pelos altos custos de suas áreas de reserva legal. O sistema de produção de Carazinho é mais eficiente economicamente por apresentar maior receita líquida por hectare/ano. Os fatores ambientais e econômicos atuam em direção oposta, indicando problemas no longo prazo nas sustentabilidades dos sistemas de produção das três regiões estudadas e sugerindo a necessidade de novas políticas de desenvolvimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Christensen, Robert L.; Howell, John & Miller, Alden. Expert Panels in Participatory Education. *Journal of Extension*, v.31(4):15-22, 1993.
- De Zen, S. *Diversificação como forma de gerenciamento de risco na agricultura*. Piracicaba, 2002. 101p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Ferreira, C.R.R.P.T.; Santos, Z.A.P. de S.; Camargo, A.M.M.P. de Mercado de terras agrícolas no Brasil. *Agricultura em São Paulo*, SP, v.42, t.2, p. 167-193, 1995.
- Gerber, J. M. Farmer Participation in Research: A Model for Adaptive Research and Education. *American Journal of Alternative Agriculture*, v7(3):21-24, 1992.
- Gonçalves, J. S. & Souza, S. A. M. Modernização da produção agropecuária brasileira e o velho dilema da superação da agricultura itinerante. São Paulo, *Informações Econômicas*, V 28(4): 7-18, 1998.
- Ichihara, S. M. *Desmatamento e recuperação de pastagens degradadas na região amazônica: uma abordagem através das análises de projetos*. Piracicaba, 2003. 106p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Knight, Bruce I. "Combining Conservation and Profitability". Washington, DC: *Farm Journal Forum*, December, 2002. www.nrcs.usda.gov/news/speeches02.
- Marzall, K. & Almeida, J. O Estado da Arte sobre Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas. In anais *Seminário Internacional sobre Potencialidades e Limites do Desenvolvimento Sustentável*. Santa Maria - RS, Universidade Federal de Santa Maria, novembro de 1999.
- Milaré, E. *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. São Paulo. Editora Revista dos Tribunais, 2000, 639p.
- Noronha, J.F. *Projetos Agropecuários: Administração Financeira, Orçamentação e Avaliação Econômica*. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 1981. 274p.
- Odum, H.T. *Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision Making*. New York, ed. John Wiley & Sons, INC., 1996. 370 p.
- Odum, H.T. *Handbook of Emergy Evaluation, Folio #2*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, Gainesville, FL, 2000. 30 p.
- Ortega, E. *Tabelas de transformidades*. Campinas, Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada. UNICAMP. In: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>. Atualização: 20-06-2002.
- Schaltegger, S. & Burritt, R. *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice*. UK. Greenleaf Publishing Limited, UK. 2000. 462p.