

Avaliação da Sustentabilidade de Agroecossistemas com Análise Emergética



ISSN 1516-8840

Março, 2017

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Clima Temperado

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 431

Avaliação da Sustentabilidade de Agroecossistemas com Análise Emergética

Enio Egon Sosinski Jr.

Embrapa Clima Temperado

Pelotas, RS

2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*
Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*
Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*
Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Eduardo Freitas de Souza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Fernando Jackson*

Foto de capa: *Enio Egon Sosinski Jr.*

1^a edição

Obra digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

S715a Sosinski Júnior, Enio Egon

Avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas
com análise emergética / Enio Egon Sosinski Júnior. –
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017.
31 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1516-8840 ; 431)

1. Energia. 2. Análise emergética. 3. Metodologia.
I. Título. II. Série.

635.21 - CDD 333.79

©Embrapa 2017

Autores

Enio Egon Sosinski Jr.

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ecologia,
pesquisador da Embrapa Clima Temperado,
Pelotas, RS.

Apresentação

A Embrapa Clima Temperado tem desenvolvido vários projetos de pesquisa relacionados ao desenvolvimento das atividades agrícolas em respeito ao meio ambiente em que elas ocorrem, incorporando o conceito de sustentabilidade ao da pesquisa agropecuária. Nessas ações, comprehende-se a sustentabilidade como o equilíbrio entre as três dimensões: a ecológica e dos recursos naturais; a econômica referindo-se à rentabilidade associada às atividades rurais; e a social ou bem-estar das comunidades rurais e urbanas.

O trabalho agora apresentado se caracteriza como importante ação para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade que incorporam os conceitos mais amplos dos sistemas de produção agrícola. Por meio da apresentação dos fundamentos da metodologia emergética são descritos índices que permitem capturar os fluxos de energia em equivalentes de energia solar de todas as contribuições (matéria, energia, recursos financeiros, etc.) que os sistemas produtivos recebem. Dessa forma, é possível modelar o funcionamento da sociedade e suas interações com a natureza.

Um dos desafios da pesquisa agropecuária e da sociedade preocupada em buscar um entendimento entre as relações da agricultura e meio ambiente é o desenvolvimento de indicadores que possam diagnosticar o estado atual dos sistemas produtivos, avaliar os avanços possíveis com a introdução de novas tecnologias ou processos, bem

como indicar caminhos para se alcançar a almejada sustentabilidade da produção de alimentos e serviços ambientais. Boa leitura!

*Clenio Nailto Pillon
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado*

Sumário

Avaliação da Sustentabilidade de Agroecossistemas com Análise Emergética	09
Introdução	09
Material e Métodos	13
Caracterização da Paisagem	14
A Análise Emergética	15
Resultados e Discussão	18
Considerações Finais	23
Agradecimentos	24
Referências	25
Anexos	27

Avaliação da Sustentabilidade de Agroecossistemas com o Uso de Análise Emergética

Enio Egon Sosinski Jr

Introdução

A necessidade do uso de insumos de origem fóssil e não renovável como o petróleo, base para todo sistema de transporte de insumos e produtos, assim como elemento importante na fabricação de insumos agroquímicos e fertilizantes, leva a uma “forma de fazer” agricultura questionável quanto à sustentabilidade. Se por um lado se reconhece ser essa uma estratégia capaz de superar as demandas futuras de alimentos e energia, por outro observa-se em todos os lugares que essa forma de produção agrícola “moderna”, sustentada principalmente por esse aporte de energia externa aos agroecossistemas e alto grau de intensificação no uso de recursos naturais não renováveis, ao longo de um tempo considerável, gera passíveis ambientais, gastos energéticos, problemas sociais e custos excessivos.

Na busca por alternativas que apontem para soluções mais duradouras e capazes de superar as alarmantes perspectivas futuras de crescimento populacional e de mudanças climáticas, tem-se argumentado sobre a importância da avaliação, valoração e manutenção das funções e serviços que os ecossistemas prestam à sociedade e sobre a capacidade dos ambientes manterem essa oferta

de serviços e seus benefícios ao longo do tempo. A escolha da forma de intervenção e o modelo tecnológico adotado pelas sociedades em cada local, ou seja, a gestão dos recursos naturais é que determina o conjunto de ações (itinerário técnico) que de maneira direta ou indireta vão interferir no meio ambiente (NETO; BASSO, 2005).

Atualmente, a maior parte das paisagens agrícolas do mundo já diminuiu sua capacidade de oferecer serviços ecossistêmicos com a deterioração dos recursos naturais (JIN et al., 2003). No passado recente, a falta de compreensão do funcionamento dos agroecossistemas e a busca por resultados econômicos de curto prazo não foram as melhores formas das pessoas se relacionarem com a natureza. E essa degradação ambiental acelerada e tomada de consciência ocorreu num período de pouco mais de meio século. Preocupa-nos saber que em poucos anos, meados do século XXI, deveremos atingir a marca de 9 bilhões de pessoas no globo terrestre, com a limitada quantidade de recursos naturais ainda existentes e “disponíveis” a serem utilizados para nossas crescentes demandas alimentares e energéticas. Causa ainda maior preocupação o fato de sabermos que as nossas possibilidades de incrementos tecnológicos acentuados já estão praticamente no limite (BISHOP, 2008). Dessa forma, a pergunta é: de onde tiraremos o nosso alimento? Precisamos em primeiro lugar trocar de maneira urgente a nossa visão imediatista de curto prazo de exploração de recursos finitos para uma visão de mais longo prazo, mais ajustada e respeitosa com o potencial natural de cada região (ecossistema). Passar para uma visão de utilização consciente e consistente com as potencialidades locais. E buscar novos conhecimentos e fazer uma ciência aplicada, cujo objetivo seja auxiliar na compreensão desses problemas globais. Será necessário ponderar e avaliar os serviços ecossistêmicos por meio da integração de contextos naturais e socioeconômicos, para caracterizar o seu estado e sua influência sobre o comportamento de todo o agroecossistema, bem como para buscar por políticas que promovam um equilíbrio entre benefícios econômicos e gestão renovável de

recursos naturais (benefícios e serviços) para o bem-estar de cada região.

Nesse contexto de alta complexidade, a visão do todo (sistêmica) e não só de algumas partes (reducionista) permite que se estude o funcionamento da sociedade e de sua interação com a natureza, além de permitir também modelar e simular o funcionamento de novos sistemas que poderão ser propostos. Análises do tipo emergética (com m) envolvem a aplicação da Teoria dos Sistemas em estudos com interfaces entre a Ecologia e a Economia em agroecossistemas, e podem proporcionar o entendimento de problemas complexos e auxiliar na busca de possíveis soluções. A emergia (ou a memória energética) é toda a energia incorporada direta ou indiretamente durante o processo de obtenção de qualquer produto, serviço ou bem natural, podendo ser um produto agrícola, bem industrial ou informação.

A análise emergética, ao integrar as diferentes escalas que compõem a natureza e a sociedade numa mesma unidade (frequentemente a energia solar), é uma possibilidade objetiva de contribuir para tomada de decisões na gestão dos recursos naturais renováveis locais e regionais (RÓTOLO et al., 2007). Conforme Ortega et al. (2005), essa metodologia considera na análise todos os fluxos energéticos provenientes dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e das entradas da economia (materiais e serviços). Permite, portanto, ordenar os fluxos energéticos de um sistema e perceber as inter-relações existentes, bem como quantificá-los em unidade emergética. Os fluxos de energia provenientes dos recursos naturais (sol, chuva, vento, biomassa, solo, etc.) e da economia (insumos e equipamentos agrícolas, mão de obra contratada, serviços terceirizados, etc.), e que são contabilizados no processo produtivo, podem ser expressos em diversas unidades (J/ano, Kg/ano, \$/ano), e assim faz-se necessário converter esses diferentes fluxos para o mesmo tipo de energia por meio do fator de conversão (Ortega et al.,

2005). Depois dessa operação, todos os fluxos passam a ser expressos nas mesmas unidades, em joule de energia solar ou em joule (sej). Para a conversão das diferentes unidades de energia em joules de energia solar (sej), utilizam-se parâmetros já descritos na bibliografia especializada como transformidades (Figura 1).

Contribuições da natureza: $I = R + N$

R_2 = recursos renováveis da biosfera e da região

N = fontes não-renováveis da natureza: destruição do capital biológico local

R_1 = energia solar, lunar e calor interno da terra (recursos renováveis diretos)

Recursos renováveis da natureza:
 $R = R_1 + R_2$

$Y = I + F =$ energia incorporada

$M + S_1$
Retro-alimentação (Feedback) de bens e serviços comprados da economia urbana (basicamente não renováveis)

$S = S_1 + S_2$

$F = M + S$

S_2

Pressões sociais (valor ainda sem calcular)

Pressões sociais (sem valorar)

Produtos vendidos

Perdas e desperdício (sem taxar)

Serviços ambientais (sem subsídio)

Soma (E_i) = produto total

Energia degradada

Reposição
Erosão
Controle

Infraestrutura e processamento
Processo de fotosíntese
Unidade de produção

Figura 1. Diagrama resumido de fluxos de energia de um sistema de produção genérico (ORTEGA, 2002).

É um método de contabilidade ambiental baseado em um conceito amplo (holístico), que oferece um conjunto de indicadores que permitem avaliar o estado dos sistemas, considerando a complexa interação entre a natureza e a sociedade. O desenvolvimento dessa ferramenta foi pensado com a intenção de informar políticas ambientais e para avaliar a qualidade e quantidade de recursos energéticos na dinâmica de sistemas complexos (BROWN; ULCIATI, 1997). Na agricultura, a análise emergética tem sido usada para

estudar o comportamento do agroecossistema quanto à eficiência da utilização desses recursos em diferentes sistemas de produção (ORTEGA et al., 2005; MARTIN et al., 2006), para avaliar a adequação no uso de diferentes tipos de equipamentos agrícolas ao itinerário técnico (RYDBERG; JANSEN, 2002) e à manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas (CAMPBELL, 2000).

Neste trabalho foram avaliados sistemas agrários identificados no município de Pelotas, RS, com base na aplicação da análise emergética, a fim de obter indicadores de desempenho e sustentabilidade ambiental, principalmente relacionados à renovabilidade (taxa de renovação) de alguns serviços e bens ofertados pela natureza. Partiu-se da hipótese de que sistemas agrícolas menos intensivos no uso dos recursos naturais são os que apresentam a maior renovabilidade ou sustentabilidade. E que metodologias alternativas às usuais na geração de indicadores de sustentabilidade favorecem os tomadores de decisão sobre quais estratégias são melhores para a manutenção da oferta de benefícios ambientais, de maneira a garantir o bem-estar futuro e a integridade ambiental da região.

Material e Métodos

Foi utilizada a delimitação política do município de Pelotas entendida como o espaço geográfico construído ao longo do tempo pela sociedade local, onde ocorrem as relações dessa sociedade com a natureza, tanto no que se refere aos aspectos culturais e simbólicos quanto aos aspectos de diversidade produtiva e uso da terra. Pelotas está localizada na região leste da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul e possui uma área de 1.647,9 Km², com 4.154 propriedades agrícolas e 147.685 ha cultiváveis, resultando numa média de 35,5 ha por unidade de produção, segundo o Censo Agropecuário 1995 (IBGE, 1996).

Os dados econômicos médios e demais informações dos sistemas agrários identificados e analisados no trabalho desenvolvido por Dagmar Camacho Garcia e Luiz Adilson dos Santos, no capítulo para o município de Pelotas, RS, do livro Sistemas agrários do Rio Grande do Sul: análise e recomendações de políticas (NETO; BASSO, 2005), serviram como base para a elaboração das planilhas de cálculo por tipologia. No trabalho, os autores utilizaram a Análise Diagnóstico dos Sistemas Agrários (ADSA) para captar a diversidade dos diferentes tipos de agricultura observáveis a partir de um contexto agrário específico, e identificar os condicionantes históricos, socioeconômicos, políticos, culturais e ambientais responsáveis por essa diferenciação entre os diversos grupos sociais. Com base em um conjunto de técnicas de natureza qualitativa e quantitativa, foi possível traduzir e identificar os tipos, ou estilos, de agricultura e sistemas de produção ocorrentes no município na época do estudo (ano 2005). Com base nesses dados quantitativos, foi possível a caracterização e a diferenciação entre os sistemas de produção, e também identificar as inter-relações e a alocação de recursos (humanos e financeiros) em cada tipologia ou sistema de produção, e verificar a eficiência produtiva em termos econômicos e ambientais dos respectivos estilos de agricultura.

Caracterização da paisagem

O município de Pelotas apresenta duas regiões com sistemas de produção agropecuários bem distintos, uma onde predominavam pequenos agricultores que praticam a policultura com sistemas de produção intensivos, destacando a fruticultura e a olericultura, e outra com sistemas mais extensivos, baseados na presença da produção de grãos e nas pecuárias de corte e leite (GARCIA; SANTOS, 2005). Segundo os autores, o município pode ser dividido em duas zonas agroecológicas (ZA) com base na relação entre categoria social e agroecossistemas. A primeira zona (ZA1), caracterizada

predominantemente por solos *planossolos* e *podzólico hidromórfico*, com cobertura vegetal rasteira (Campos), bosques de eucalipto e algumas matas ciliares, e com baixa densidade demográfica, caracteriza-se pelas atividades do cultivo do arroz irrigado, pela pecuária de corte e a produção leiteira. A zona dois (ZA2) caracteriza-se por apresentar relevo ondulado, com boa disponibilidade de recursos hídricos e solos predominantemente *podzólico* com presença de litossolos nas encostas mais elevadas. A cobertura vegetal é composta por matas nativas no alto dos cerros e apresenta boa preservação de matas ciliares, alguns bosques de eucalipto, pastagens nativas e cultivadas, e capoeiras. A ZA2, com alta densidade demográfica, caracteriza-se por uma agricultura bem diversificada, mecanizada ou não, com destaque para os cultivos de pêssego, fumo, tomate, cebola, batatinha, morango, feijão, entre outras olerícolas e bovinocultura de leite e avicultura.

Garcia e Santos (2005) identificaram uma grande variedade de sistemas de produção para o município de Pelotas. Para este trabalho, decidiu-se concentrar a análise em cinco desses tipos (tipologias) descritos pelos autores, nos quais a renda agrícola permitisse a manutenção da atividade e/ou a reprodução social, que a tipologia ocorresse nas duas ZAs e/ou que incluísse a produção de produtos comparáveis, como a produção de leite. As tipologias foram ainda analisadas no que diz respeito às formas de gestão: se patronal (fruticultura, leite e olericultura) ou familiar (leite e olericultura). Para cada uma das tipologias os autores forneceram dados detalhados das quantidades de insumos, capital e serviços empregados nos sistemas.

A análise emergética

Com base nos preços dos insumos e nas quantidades utilizadas em cada um dos cinco tipos de agroecossistemas descritos acima, foram tabuladas as informações dos fluxos dos recursos físicos e biológicos. Dessa forma, foram preparadas tabelas onde as entradas de energia

foram convertidas em fluxos de energia, expressa em Joules (J) de energia solar equivalente por ano (sej/ha/ano), usando o fator de conversão (transformidade) específico para aquele item. Para os dados de produtividade dos produtos, foram utilizados resultados normais médios dos rendimentos das culturas de anos anteriores. Para os insumos, foram utilizados os preços médios para safra 2000-2001. Já os dados para os recursos físicos e biológicos, foram obtidos em diferentes fontes, nacionais e internacionais, considerando a posição geográfica do município de Pelotas. Por exemplo, os dados climatológicos (chuva e radiação) e qualidade dos solos (matéria orgânica, erosão do solo) vieram da base de dados da Embrapa Clima Temperado. Todos os itens que não foram especificados em quantidades por hectare por ano foram transformados para dólares do ano 2001, e depois convertidos para energia solar equivalente por ano (sej/ano), com base no fator de transformidade para o valor do dólar no Brasil no ano de 2003 (AGOSTINHO et al., 2007).

Foram considerados como indicadores da capacidade de renovação dos agroecossistemas (sustentabilidade) os indicadores agregados calculados com base nos valores descritos nas tabelas de contabilidade dos fluxos de energia. Para facilitar os cálculos e organizar as tabelas, os fluxos de energia foram agrupados pela fonte de origem ou tipo de energia que possuem. Assim, fontes de energia como o sol, a chuva ou o calor emanado pelo interior da Terra foram agrupados num sub-item, recursos naturais renováveis (R). Já os fluxos de energia finitos e relacionados ao desgaste natural dos recursos foram agrupados em recursos não naturais (NR). Assim como aqueles provenientes da economia, como os insumos, foram agrupados em contribuições da economia (P), e os fluxos oriundos dos serviços prestados e mão de obra em serviços (S). Desta forma, os indicadores puderam ser calculados como:

- **(A) Renovabilidade (Renov):** é utilizada para avaliar a sustentabilidade geral dos sistemas de produção. Expressa

em porcentagem, é definida como a razão entre a emergia dos recursos naturais renováveis empregados (R) e a emergia total utilizada pelo sistema ($Y = R + NR + P + S$). $R = R/Y * 100$.

- (B) Razão de produção emergética (**EYR**): é uma medida da incorporação de emergia obtida da natureza. Indica quanta energia da natureza o processo captura para setor econômico. É expressa como a relação do total de emergia investida (Y) por unidade de retorno econômico ($F = P + S$). $EYR = Y/F$
- (C) Razão da Carga Ambiental (**ELR**): é obtida por meio da divisão da soma dos recursos da economia ($F = P + S$) mais os recursos provenientes da natureza não renováveis (NR) pelos recursos provenientes da natureza (R). Pode ser interpretada como um índice da carga ambiental que cada unidade proveniente da natureza precisa suportar no processo de produção. $ELR = [P + S + NR] / R$
- (D) Índice de Sustentabilidade Emergética (**ESI**): é obtido por meio da divisão da razão de investimento emergético (EYR) pela razão da carga ambiental (ELR). Pode ser interpretado como uma medida da compatibilidade econômica e ambiental. Os melhores valores são esperados com altas produtividades e baixo impacto ambiental. $ESI = EYR / ELR$
- (E) Razão de investimento emergético (**EIR**): mede o investimento da sociedade para produzir determinado bem em relação à contribuição da natureza. O EIR é obtido por meio da divisão dos recursos da economia (F) pelos recursos provenientes da natureza ($I = R + NR$). Pode ser interpretado como um índice de competitividade que varia com o lugar e o tempo. $EIR = F / I$.

Resultados e Discussão

Nos Anexos 1 a 5, são apresentados os principais fluxos de energia ambientais e econômicos que orientam os diferentes subsistemas (compartimentos), nas cinco tipologias de agroecossistemas estudados. Os valores são expressos em unidades $ha^{-1} ano^{-1}$ ou seja, $ha^{-1} ano^{-1}$ e em % do total de energia. É inegável a importância da chuva para as atividades rurais, assim como é conhecida a quantidade de energia necessária para que os ciclos que causam a chuva (hidrológicos) aconteçam. Dentre os recursos renováveis (R) aportados a qualquer uma das cinco tipologias o fluxo de energia da chuva é o maior fator, e também o maior fator geral de aporte de energia, representando de 19,7% até 22,65% do total do sistema. Resultado semelhante foi apresentado por Rótolo et al. (2007) para os ecossistemas do Pampa Argentino, sendo destacado pelos autores que esses aportes de energia normalmente não são contabilizados pelos balanços tradicionais de energia ou custos de produção dos produtos agropecuários.

Assim como a chuva o solo perdido, erodido ou desgastado pelo uso pelas culturas agrícolas também não é considerado nos cálculos de custo de produção. Para o solo na agricultura, isto se torna um pouco mais grave por ser esse um recurso natural finito (NR) e que neste trabalho correspondeu a até aproximadamente 4% da energia aportada pelos sistemas aos produtos. No componente desgaste natural, observa-se uma relação proporcional de aumento da energia incorporada pelo sistema com o tamanho das áreas agrícolas em relação ao tamanho total da propriedade. Quanto mais áreas utilizadas com agricultura convencional nas propriedades, maior a propensão ao desgaste natural, aquele sem reposição dos recursos naturais. Em virtude da conversão dessas áreas, antes naturais, em agrícolas, passa a ocorrer um incremento de energia incorporada pelo aumento do desgaste de elementos da natureza como o solo e a biodiversidade. Uma vez que se desgastem esses elementos, a

sua recomposição torna-se muito mais dispendiosa pelo número de anos e quantidade de energia necessária para a reposição desses elementos. Ou seja, a possibilidade de um mínimo desgaste deve ser muito bem acompanhada nos processos produtivos (AGOSTINHO; ORTEGA, 2012).

Quanto ao aporte externo de energia aos elementos naturais, os insumos comprados ou buscados fora dos agroecossistemas, como fertilizantes agrícolas, calcário e ureia, esses contribuem mais do que os agroquímicos para os aportes de energia ao produto final (Anexo 1 a 5). Tal fato é encontrado em outros estudos (ORTEGA et al., 2005; AGOSTINHO; ORTEGA, 2012), embora fosse de se esperar que os agroquímicos se destacassem como a maior fonte de energia externa aos agroecossistemas. A diferença nesse caso reside mais no fato de a quantidade absoluta de fertilizante utilizada por área ser maior do que de agroquímicos. Como se pode observar nas planilhas, o fator de transformidade do item agroquímicos é uma ordem de grandeza superior à maioria dos outros insumos, o que significa dizer que eles são mais concentrados ou necessitam de mais energia para sua produção e consumo. Neste aspecto, faz-se a ressalva da pouca disponibilidade de informações e banco de dados com valores de transformidade dos produtos para o caso de agroecossistemas brasileiros e regionais, o que obriga que sejam usados dados e informações de cálculos de transformidade feitos no exterior em condições bem diferentes das encontradas no Brasil.

Por último, os serviços (S) ou fluxo de serviços e mão de obra mostram a menor participação em termos de aporte de energia em qualquer das tipologias estudadas, independentemente se essa é familiar ou patronal, o que se atribui à possibilidade de obtenção local ou em áreas próximas desses componentes e à baixa especialização necessária para esse componente humano.

Nos gráficos da Figura 2, observam-se os principais fluxos

econômicos emergéticos e ambientais que orientam essas cinco tipologias de agroecossistemas. Em termos de total emergético (Y) aplicado, os valores são semelhantes entre si quando comparados no que diz respeito ao tipo de estratégia, se patronal ou familiar. Porém, quanto ao tipo de produto principal dessas tipologias (e.g. leite, pêssego, hortaliças), se observa uma diferença para os sistemas de produção hortícola com mão de obra contratada. Neste caso, o máximo de energia empregada é de $4.955,12 \text{ e}^{+12}$, enquanto para as outras tipologias é de no máximo $7.639,74 \text{ e}^{+12} \text{ seja}.\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$.

Em termos de compartimentação na alocação de recursos emergéticos, que está relacionada com o nível tecnológico dos agricultores no emprego dos recursos disponíveis para a produção, verifica-se algumas diferenças entre as diferentes tipologias que podem ser uma parte da explicação da diferença do total de energia citada acima. Destaca-se o alto fluxo proporcional de energia renovável (62%) e o baixo de não renovável (8%) aportados aos sistemas de produção hortícolas patronal. Assim como a maior utilização proporcional de insumos externos aos sistemas para o sistema patronal de produção de leite (34%), o que iguala esse compartimento com aportes emergéticos renováveis (35%).

Dessa forma, as tipologias em que se verificam formatos de gestão patronal e busca pela intensificação no uso dos recursos naturais e não naturais são aquelas que de alguma forma também se diferenciam nas análises dos fluxos emergéticos. No caso da produção de leite, observa-se que o maior aporte de energia externa ao sistema de produção está relacionado ao consequente aumento da eficiência no uso de todos os recursos disponíveis. O pequeno produtor leiteiro precisa utilizar toda a área disponível do agroecossistema para viabilizar sua produção e mesmo assim contar com aportes externos de energia da economia. Por outro lado, os agricultores que optaram pela produção hortícola são ainda mais intensivos na utilização da área, o que proporciona uma menor

utilização total dos agroecossistemas, permitindo que partes das propriedades permaneçam com baixo uso para produção. Com isto, há um incremento do compartimento contribuições da natureza frente

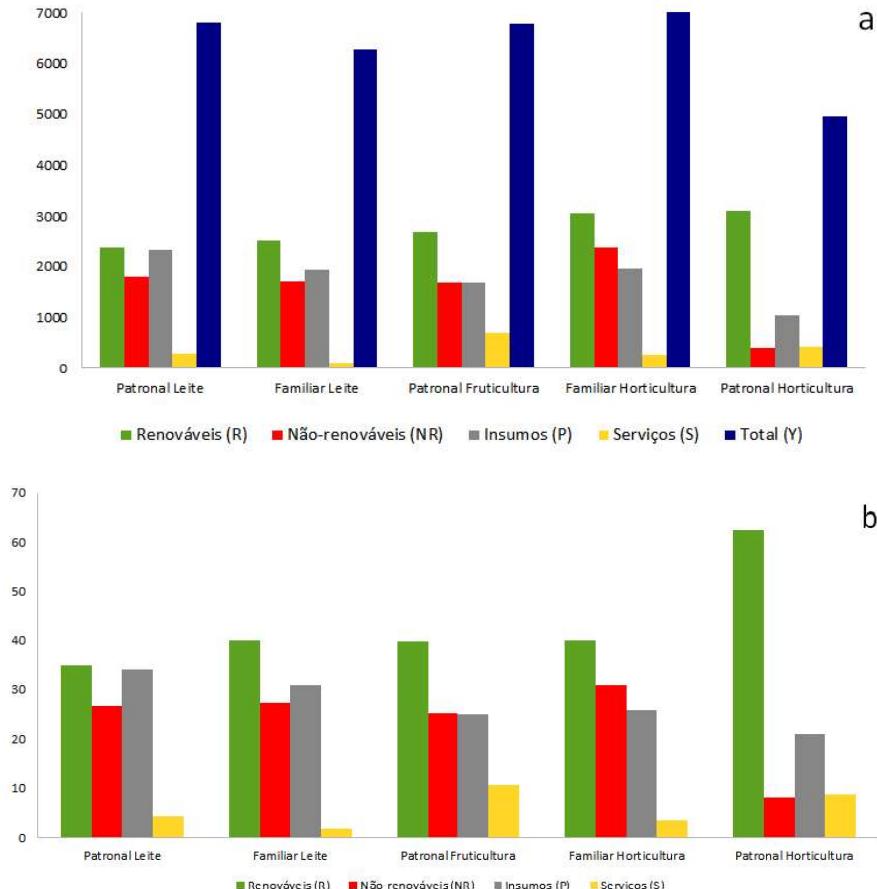


Figura 2. Componentes do total emergético em diferentes tipos de agroecossistemas no município de Pelotas, RS. Em (a) expressos em energia (sej) por hectare aportada aos cinco sistemas de produção agrícolas estudados; e em (b) porcentagem do total emergia por sistema de produção agrícola.

aos fluxos que vêm da economia ou não renováveis. Ou seja, embora a contabilidade emergética esteja comparando as tipologias na mesma unidade de área (hectare), toda a extensão das propriedades é levada em conta na análise. A tipologia horticultura patronal se distingue assim pela pequena e altamente intensiva área agrícola (2 ha) utilizada para produção com elevado valor agregado, contribuindo na contabilidade emergética para elevar a proporção de recursos naturais renováveis (RN) versus recursos naturais não renováveis (desgaste natural - RN) ou importados da economia.

Os índices emergéticos que sintetizam melhor a discussão acima estão resumidos na Tabela 1 e permitem contextualizar melhor as diferentes tecnologias empregadas nas tipologias, especialmente quanto a suas formas de utilizar os diferentes fluxos de energia. Quando comparados a outros estudos para a América do Sul, como o pampa argentino ou da soja brasileira (MARTIN et al., 2006, RÓTOLO et al. 2007, ORTEGA et al., 2005), verifica-se que esses índices tornam mais nítida a diferença entre os sistemas de produção, como para a produção de milho altamente intensiva dos EUA quando comparada com a completamente extensiva dos índios no México. Da mesma maneira, os índices permitem observar a diferença entre a soja orgânica e a soja convencional no Brasil, principalmente no que diz respeito à carga ambiental. São 1,40 da carga da soja orgânica contra 3,40 da soja convencional.

Os índices emergéticos mostram que o percentual de renovabilidade dos sistemas de produção hortícola patronal é o mais alto entre as tipologias estudadas (0,62), e muito dessa renovabilidade está relacionada com a baixa carga ambiental ($ELR = 0,60$) oferecida por essa tipologia. Quando comparada com os outros sistemas analisados, verifica-se a discrepância nos índices e o provável motivo para que a sustentabilidade da horticultura patronal (ESI) seja a de valor maior (5,64). Valor próximo dos índices encontrados para a pecuária a campo na Argentina, mas ainda assim distante da produção de milho indígena mexicana em termos de índices de

sustentabilidade.

Tabela 1. Comparativo de índices emergéticos para diferentes sistemas de produção agrícolas.

	Renov	EYR	ELR	EST	ETR	Fonte
Patronal Leite	0,35	2,60	1,86	1,4	0,63	1
Familiar Leite	0,40	3,06	1,50	2,04	0,49	1
Patronal Fruticultura	0,40	2,83	1,52	1,86	0,55	1
Familiar Horticultura	0,40	3,42	1,51	2,27	0,41	1
Patronal Horticultura	0,62	3,39	0,60	5,64	0,42	1
Pecuária Argentina	0,65	3,73	0,55	6,80	0,37	2
Soja Orgânica Brazil	0,42	1,78	1,40	1,27	1,27	3
Soja Química Brazil	0,23	1,74	3,40	0,50	1,35	3
Produção Milho USA	0,05	1,07	18,83	0,06	13,87	4
Produção Indígena México	0,91	12,17	0,01	115,98	0,09	4

Renovabilidade: percentual de renovabilidade; EYR (*Emergency Yield Ratio*): razão de rendimento emergético; ELR (*Environmental Loading Ratio*): razão de carga ambiental; ESI (*Emergency Sustainability Index*): índice de sustentabilidade emergética; EIR (*Emergency Investment Ratio*): razão de investimento emergético. As fontes dos dados são: (1) este estudo, (2) Rótolo et al. (2007), (3). Ortega et al. (2003) e (4) Martin et al. (2006).

Considerações Finais

Indicadores de sustentabilidade (renovabilidade) de agroecossistemas que apontem caminhos e formas cada vez melhores de se ofertar alimentos de qualidade e que na sua produção respeitem os limites e a conservação do meio ambiente são uma demanda crescente dos agricultores, da sociedade urbana e dos gestores públicos. Para tanto, são necessários estudos com abordagens mais abrangentes, holísticas, do que as que consideram somente o contexto econômico e o retorno de capital monetário. No primeiro caso, temos a análise emergética, no segundo, as formas tradicionais de cálculos de custo de produção.

Este trabalho procurou mostrar formas de ampliar a metodologia em um contexto de sistemas agrários e ecológico diverso. Os índices gerados permitem avaliar a sustentabilidade dos agroecossistemas, constituindo-se em importantes indicadores de caminhos para a gestão dos recursos naturais em consonância com a produção de alimentos.

Agradecimentos

O autor agradece o apoio de Dagmar Camacho Garcia e Luiz Adilson dos Santos, que possibilitaram a execução deste trabalho.

Referências

AGOSTINHO, F.; DINIZ, G.; SICHE, R.; ORTEGA, E. The use of energy assessment and the Geographical Information System in the diagnosis of small family farms in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 210, n. 1-2, p. 37–57, 2007.

AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E. Integrated food, energy and environmental services production as an alternative for small rural properties in Brazil. **Energy**, v. 37, n. 1, p. 103–114, 2012.

BISHOP, J. **The economics of ecosystems and biodiversity report for business**: executive summary. 2008.

BROWN, M. T.; ULCIATI, S. Energy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecological Engineering**, v. 9, n. 1-2, p. 51–69, 1997.

CAMPBELL, D. E. Using Energy Systems Theory To Define, Measure, and Interpret Ecological Integrity and Ecosystem Health. **Ecosystem Health**, v. 6, n. 3, p. 181–204, 2000.

GARCIA, D. C.; SANTOS, L. A. dos. Análise-diagnóstico da agricultura

de Pelotas. In: NETO, B. S.; BASSO, D. **Sistemas agrários do Rio Grande do Sul: análise e recomendações de políticas**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2005. p. 241–248.

IBGE. **Censo agropecuário de 1995 - 1996**: Rio Grande do Sul.

JIN, D.; HOAGLAND, P.; DALTON, T. M. Linking economic and ecological models for a marine ecosystem. **Ecological Economics**, v. 46, p. 367–385, 2003.

MARTIN, J. F.; DIEMONT, S. A.; POWELL, E.; STANTON, M.; LEVY-TACHER, S. Energy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 115, n. 1-4, p. 128–140, 2006.

NETO, B. S.; BASSO, D. **Sistemas agrários do Rio Grande do Sul: análise e recomendações de políticas**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2005.

ORTEGA, E.; CAVALETT, O.; BONIFÁCIO, R.; WATANABE, M. Brazilian Soybean Production: Energy Analysis With an Expanded Scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 323 –334, 2005.

ORTEGA, E. **Contabilidade e Diagnóstico dos Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Emergia**. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acesso em: 2013. 2002.

RÓTOLO, G. C.; RYDBERG, T.; LIEBLEIN, G.; FRANCIS, C. Energy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 119, n. 3-4, p. 383–395, 2007.

RYDBERG, T.; JANSEN, J. Comparison of horse and tractor traction using energy analysis. **Ecological Engineering**, v. 19, n. 1, p. 13–28, 2002.

Anexos

Anexo 1: Valores emergéticos contabilizados para o sistema patronal especializado na produção de leite para o município de Pelotas, RS, ano 2001. Área útil média da unidade produtiva 40 ha, e área total média 45 ha. Unidades expressas em Joule de energia solar (sej), ano (a) e hectare (ha).

Item	Contribuição	Unid. Energia Produto	Transformidade	Energia	%
		(sej, ha ⁻¹ ·a ⁻¹)	(sej, unid. ⁻¹)	(sej, ha ⁻¹ ·a ⁻¹ ·e ⁻¹)	
Recursos renováveis, R - trabalho do ambiente					
1 Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2 Energia da chuva	J	6,32E+10	1,82E+04	1.258,71	18,52
3 Energia do vento	J	1,47E+10	1,50E+03	21,95	0,32
4 Água do solo, subterrânea	J	1,49E+08	2,93E+05	44,51	0,65
5 Energia do centro distante	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	5,06
6 Serviços ambientais - cultivos, matas e pastagens	\$	1,22E+02	3,70E+12	449,76	6,62
7 Trabalhadores diretos - 3 familiar	\$	7,00E+01	3,70E+12	258,84	3,81
Soma R (2 + 4 + 6 + 7)				2.377,87	34,98
Recursos não-renováveis, NR - desgaste do ambiente					
8 Erosão do solo agrícola, 23 ha	J	2,20E+09	7,38E+04	161,89	2,38
9 Erosão do solo pasto/1,15 ha	J	7,16E+08	7,38E+04	52,79	0,78
10 Erosão do solo áreas naturais, Tha	J	2,67E+07	7,38E+04	1,97	0,03
11 Perda de minerais do solo	kg	1,30E+01	7,70E+12	100,37	1,48
12 Perda de biodiversidade - conversão de áreas	\$	4,01E+02	3,70E+12	1.483,46	21,82
Soma NR (- 11)				1.800,48	26,43
I Soma (R + NR) - contribuição natural				4.178,35	61,46
Insumos, P - contribuição da economia (fluxo de materiais)					
13 Gasolina e lubrificantes	J	1,08E+03	1,11E+05	120,21	1,77
14 Sementes	J	6,72E+08	6,60E+04	44,33	0,65
15 Fertilizantes	kg	1,36E+02	3,90E+12	528,67	7,78
16 Uréia	kg	1,18E+02	3,80E+12	447,56	6,58
17 Calcário	kg	2,27E+02	1,00E+12	226,67	3,33
18 Agroquímicos	kg	6,84E+01	1,48E+13	10,13	0,15
19 Alimentação animal	\$	1,59E+02	3,70E+12	597,71	8,65
20 Cuidados animais	\$	1,83E+01	3,70E+12	67,81	1,00
21 Energia elétrica	J	2,80E+08	3,36E+05	94,08	1,38
22 Manutenção	\$	6,25E+00	3,70E+12	30,52	0,45
23 Depreciação de bens	\$	4,39E+01	3,70E+12	162,53	2,33
Soma P				2.320,20	34,13
Serviços, S - (fluxo de serviços)					
24 Trabalhadores indiretos - 1 contratados	\$	3,00E+01	3,70E+12	110,33	1,63
25 Taxas e impostos	\$	1,41E+01	3,70E+12	52,00	0,76
26 Aluguel, empréstimos	\$	2,14E+01	3,70E+12	79,11	1,16
27 Juros	\$	8,86E+00	3,70E+12	32,78	0,48
28 Consumo de subsistência	\$	6,65E+00	3,70E+12	24,60	0,36
Soma S				259,42	4,40
F Soma (P + S) - contribuição econômica humana				2.619,62	56,54
Total energia Y (Soma I + F)				6.797,97	100,00
Produção - energia dos produtos					
29 Leite	J	1,23E+10	3,39E+05		
30 Carne, gado	J	2,18E+09	7,07E+04		
Soma		1.45E+10	4.70E+05		

Transformidade é a taxa de conversão das diferentes unidades de energia em joules de energia solar (sej).

Anexo 2: Valores emergéticos contabilizados para o sistema familiar especializado na produção de leite para o município de Pelotas, RS, ano 2001. Área útil média da unidade produtiva de 35 ha, e área total média 40 ha. Unidades expressas em Joule de energia solar (sej), ano (a) e hectare (ha).

Item	Contribuição	Unid.	Energia Produto (unid. ha ⁻¹ ·a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	Energia (sej ha ⁻¹ ·a ⁻¹)	%
Recursos renováveis, R - trabalho do ambiente						
1	Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2	Energia da chuva	J	6,92E+10	1,82E+04	1256,71	20,07
3	Energia do vento	J	1,47E+10	1,50E+03	21,95	0,35
4	Água do solo, subterrânea	J	7,84E+07	2,39E+05	23,45	0,37
5	Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	5,48
6	Serviços ambientais - cultivos, matas e pastagens	\$	1,29E+02	3,70E+12	476,38	7,59
7	Trabalhadores diretos - 4 familiares	\$	1,05E+02	3,70E+12	368,73	6,20
Soma R					2.513,38	40,07
Recursos não-renováveis, NR - desgaste do ambiente						
8	Erosão do solo agrícola, 1tha	J	1,83E+09	7,38E+04	134,62	2,15
9	Erosão do solo pasto/arb., 15 ha	J	8,05E+08	7,38E+04	58,33	0,95
10	Erosão do solo áreas naturais, 8 ha	J	3,44E+07	7,38E+04	2,53	0,04
11	Perda de minerais do solo	kg	1,05E+01	7,73E+12	81,35	1,30
12	Perda de biodiversidade - áreas cultivadas	\$	3,86E+02	3,70E+12	1.428,12	22,78
Soma NR					1.707,01	27,21
I Soma (R + NR) - contribuição natural					4.220,39	67,39
Insumos, P - contribuição da economia (fluxo de materiais)						
13	Gasolina e lubrificantes	J	4,93E+08	1,11E+05	54,77	0,87
14	Sementes	J	4,24E+08	6,60E+04	28,01	0,45
15	Fertilizantes	kg	1,60E+02	3,90E+12	624,00	9,95
16	Urina	kg	1,55E+02	3,80E+12	579,50	9,84
17	Calcário	kg	2,60E+02	1,00E+12	260,00	4,14
18	Agroquímicos	kg	1,97E+00	1,48E+13	29,14	0,46
19	Alimentação animal	\$	5,04E+01	3,70E+12	186,48	2,97
20	Cuidados animais	\$	5,15E+00	3,70E+12	19,07	0,30
21	Energia elétrica	J	1,26E+08	3,36E+05	42,34	0,67
22	Mantenção	\$	3,16E+00	3,70E+12	19,90	0,22
23	Depreciação de bens	\$	2,68E+01	3,70E+12	99,24	1,58
Soma P					1.936,45	30,87
Serviços, S - (fluxo de serviços)						
24	Trabalhadores indiretos - 0 contratados	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
25	Taxas e impostos	\$	6,90E+00	3,70E+12	25,54	0,41
26	Aluguel, empréstimos	\$	7,33E+00	3,70E+12	27,12	0,43
27	Juros	\$	1,44E+00	3,70E+12	5,34	0,03
28	Consumo de subsistência	\$	1,57E+01	3,70E+12	58,03	0,93
Soma S					116,04	1,85
F Soma (P + S) - contribuição econômica humana					2.052,49	32,72
Total energia Y (Soma I + F)						6.272,88 100,00
Produção - energia dos produtos						
29	Leite	J	5,38E+03	7,57E+05		
30	Carne, gado	J	1,06E+03	1,34E+05		
Soma			7,44E+03	8,91E+05		

Anexo 3: Valores emergéticos contabilizados para o sistema patronal especializado na produção de pêssego para o município de Pelotas, RS, ano 2001. Área útil média da unidade produtiva 20 ha, e área total média 25 ha. Unidades expressas em Joule de energia solar (sej), ano (a) e hectare (ha).

Item	Contribuição	Unid.	Energia Produto (unid. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	Energia (sej ha ⁻¹ a ⁻¹ c ⁻¹)	%
Recursos renováveis, R – trabalho do ambiente						
1	Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2	Energia da chuva	J	6,92E+10	1,82E+04	1.258,71	18,59
3	Energia do vento	J	1,47E+10	2,45E+03	35,94	0,53
4	Água do solo, subterrânea	J	1,59E+07	2,39E+05	4,74	0,07
5	Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	5,08
6	Serviços ambientais – cultivos, matas e pastagens	\$	1,56E+02	3,70E+12	578,68	8,54
7	Trabalhadores diretos – 3 familiar	\$	1,26E+02	3,70E+12	465,30	6,68
	Soma R				2.688,10	39,69
Recursos não-renováveis, NR – desgaste do ambiente						
8	Erosão do solo agrícola, 14ha	J	4,51E+08	7,38E+04	33,26	0,43
9	Erosão do solo pasto/nil, 2 ha	J	1,72E+08	7,38E+04	12,67	0,19
10	Erosão do solo áreas naturais, 9 ha	J	6,18E+07	7,38E+04	4,56	0,07
11	Perda de minerais do solo	Kg	5,65E+01	7,70E+12	436,92	6,45
12	Perda de biodiversidade – áreas cultivadas	\$	3,25E+02	3,70E+12	1.203,40	17,77
	Soma NR				1.630,81	24,97
	I Soma (R + NR) – contribuição natural				4.319,91	64,66
Insumos, P – contribuição da economia (fluxo de materiais)						
13	Gasolina e lubrificantes	J	7,46E+08	1,11E+05	82,82	1,22
14	Sementes	J	9,69E+07	6,60E+04	6,39	0,03
15	Fertilizantes	Kg	1,88E+02	3,90E+12	733,20	10,63
16	Uréia	Kg	0,00E+00	3,80E+12	0,00	0,00
17	Calcário	Kg	0,00E+00	1,00E+12	0,00	0,00
18	Agroquímicos	Kg	2,88E+01	1,48E+13	426,31	6,29
19	Alimentação animal	\$	6,41E+00	3,70E+12	23,73	0,35
20	Cuidados animais	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
21	Energia elétrica	J	5,04E+08	3,36E+05	163,34	2,50
22	Mantenção	\$	5,68E+00	3,70E+12	21,02	0,31
23	Depreciação de bens	\$	6,01E+01	3,70E+12	222,53	3,29
	Soma P				1.685,36	24,89
Serviços, S – (fluxo de serviços)						
24	Trabalhadores indiretos – 3 contratados	\$	1,26E+02	3,70E+12	465,30	6,68
25	Taxas e impostos	\$	2,60E+01	3,70E+12	36,04	1,42
26	Aluguel, empréstimos	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
27	Juros	\$	3,57E+01	3,70E+12	132,00	1,35
28	Consumo de subsistência	\$	3,85E+00	3,70E+12	14,24	0,21
	Soma S				708,16	10,46
	F Soma (P + S) – contribuição econômico humano				2.333,54	35,54
Total energia Y (Soma I + F)						
Produção – energia dos produtos						
29	Pêssego	J	4,27E+10	7,96E+04		
30	Outros	J	1,76E+10	3,28E+04		
	Soma		6,03E+10	1,12E+05		

Anexo 4: Valores emergéticos contabilizados para o sistema patronal especializado na produção de hortaliças diversificadas para o município de Pelotas, RS, ano 2001. Área útil média da unidade produtiva 15 ha, e área total média 20 ha. Unidades expressas em Joule de energia solar (sej), ano (a) e hectare (ha).

Item	Contribuição	Unid.	Energia Produto (sej. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej. unid. ⁻¹)	Emergia (sej. ha ⁻¹ a ⁻¹ c ⁻¹)	%
Recursos renováveis, R – trabalho do ambiente						
1 Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00		0,12	0,00
2 Energia da chuva	J	6,32E+10	1,82E+04		1258,71	25,40
3 Energia do vento	J	1,47E+10	2,45E+03		35,94	0,73
4 Água do solo, subterrânea	J	1,49E+07	2,39E+05		4,45	0,03
5 Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04		344,00	6,34
6 Serviços ambientais – cultivos, matas e pastagens	\$	2,36E+02	3,70E+12		871,35	17,58
7 Trabalhadores diretos - 3 familiar	\$	1,57E+02	3,70E+12		582,38	11,75
Soma R					3.096,34	62,50
Recursos não-renováveis, NR – desgaste do ambiente						
8 Erosão do solo agrícola, 2 ha	J	4,28E+08	7,38E+04		31,67	0,64
9 Erosão do solo pasto/1, 0 ha	J	0,00E+00	7,38E+04		0,00	0,00
10 Erosão do solo áreas naturais, 18 ha	J	1,55E+08	7,38E+04		11,40	0,23
11 Perda de minerais do solo	kg	2,63E+00	7,73E+12		20,34	0,41
12 Perda de biodiversidade – áreas cultivadas	\$	8,85E+01	3,70E+12		331,10	6,68
Soma NR					334,52	7,36
I Soma (R + NR) - contribuição natural					3.430,86	70,46
Insumos, P – contribuição da economia (fluxo de materiais)						
13 Gasolina e lubrificantes	J	6,47E+08	1,11E+05		71,80	1,45
14 Sementes	J	1,65E+06	6,60E+04		0,11	0,00
15 Fertilizantes	kg	3,73E+00	3,90E+12		14,53	0,23
16 Uréia	kg	0,00E+00	3,80E+12		0,00	0,00
17 Calcário	kg	0,00E+00	1,00E+12		0,00	0,00
18 Agroquímicos	kg	1,43E+00	1,49E+13		21,22	0,43
19 Alimentação animal	\$	2,66E+01	3,70E+12		105,36	2,14
20 Cuidados animais	\$	1,05E+02	3,70E+12		388,37	7,84
21 Energia elétrica	J	6,30E+08	3,36E+05		211,68	4,27
22 Manutenção	\$	4,93E+00	3,70E+12		18,22	0,37
23 Depreciação de bens	\$	5,54E+01	3,70E+12		205,10	4,14
Soma P					1.036,39	20,33
Serviços, S – (fluxo de serviços)						
24 Trabalhadores indiretos - 1 contratados	\$	6,75E+01	3,70E+12		243,53	5,04
25 Taxas e impostos	\$	1,21E+01	3,70E+12		44,88	0,31
26 Aluguel, empréstimos	\$	0,00E+00	3,70E+12		0,00	0,00
27 Juros	\$	5,48E+00	3,70E+12		20,26	0,41
28 Consumo de subsistência	\$	3,03E+01	3,70E+12		111,34	2,26
Soma S					426,67	8,61
F Soma (P + S) - contribuição econômica humana					1.463,66	29,54
Total emergia Y (Soma I + F)					4.355,12	100,00
Produção – energia dos produtos						
29 Hortaliças	J	6,51E+02	7,61E+12			
Soma	J	6,51E+02	7,61E+12			

Anexo 5: Valores emergéticos contabilizados para o sistema familiar especializado na produção de hortaliças diversificadas para o município de Pelotas, RS, ano 2001. Área útil média da unidade produtiva 18 ha, e área total média 20 ha. Unidades expressas em Joule de energia solar (sej), ano (a) e hectare (ha).

Item	Contribuição	Unid.	Energia Produto (unid. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	Energia (sej ha ⁻¹ a ⁻¹ e ¹¹)	%
Recursos renováveis, R - trabalho do ambiente						
1 Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00		0,12	0,00
2 Energia da chuva	J	6,32E+10	1,82E+04		1,25E,71	16,48
3 Energia do vento	J	1,47E+10	2,45E+03		35,94	0,47
4 Água do solo, subterrâneo	J	1,41E+08	2,39E+05		42,15	0,55
5 Energia do centro terrestre	J	1,00E+10	0,44E+04		344,00	4,50
6 Serviços ambientais - cultivos, matas e pastagens	\$	1,22E+02	3,70E+12		450,07	5,89
7 Trabalhadores diretos - 5 familiar	\$	2,47E+02	3,70E+12		315,17	11,38
Soma R					3.046,15	39,87
Recursos não-renováveis, NR - desgaste do ambiente						
8 Erosão do solo agrícola, 12 ha	J	3,31E+03	7,38E+04		243,89	3,19
9 Erosão do solo pastori, 6 ha	J	6,44E+08	7,38E+04		47,51	0,62
10 Erosão do solo áreas naturais, 2 ha	J	1,72E+07	7,38E+04		1,27	0,02
11 Perda de minerais do solo	kg	1,64E+01	7,73E+12		126,38	1,66
12 Perda de biodiversidade - áreas cultivadas	\$	5,24E+02	3,70E+12		1.939,03	25,08
Soma NR					2.358,68	30,87
I Soma (R + NR) - contribuição natural					5.404,83	70,75
Insumos, P - contribuição da economia (fluxo de materiais)						
13 Gasolina e lubrificantes	J	5,87E+08	1,11E+05		65,12	0,85
14 Sementes	J	6,02E+08	6,60E+04		45,03	0,59
15 Fertilizantes	kg	1,85E+02	9,90E+12		721,99	9,45
16 Uréia	kg	8,75E+01	3,80E+12		332,50	4,35
17 Calcário	kg	0,00E+00	1,00E+12		0,00	0,00
18 Agroquímicos	kg	6,92E-01	1,48E+13		10,25	0,13
19 Alimentação animal	\$	2,31E+01	3,70E+12		85,58	1,12
20 Cuidados animais	\$	7,11E+01	3,70E+12		265,23	3,45
21 Energia elétrica	J	6,30E+08	3,36E+05		211,68	2,77
22 Manutenção	\$	4,47E+00	3,70E+12		16,53	0,22
23 Depreciação de bens	\$	5,76E+01	3,70E+12		213,05	2,79
Soma P					1.964,97	25,72
Serviços, S - (fluxo de serviços)						
24 Trabalhadores indiretos - 0 contratados	\$	0,00E+00	3,70E+12		0,00	0,00
25 Taxas e impostos	\$	1,36E+01	3,70E+12		72,44	0,85
26 Aluguel, empréstimos	\$	0,00E+00	3,70E+12		0,00	0,00
27 Juros	\$	8,66E+00	3,70E+12		32,04	0,42
28 Consumo de subsistência	\$	4,47E+01	3,70E+12		165,46	2,17
Soma S					269,94	3,53
F Soma (P + S) - contribuição econômico humana					2.234,91	28,25
Total energia Y (Soma I + F)					7.639,74	100,00
Produção - energia dos produtos						
29 Leite	\$	2,72E+02	3,12E+12			
30 Frango	\$	6,03E+01	6,90E+11			
31 Hortaliças	\$	4,52E+02	5,17E+12			
32 Outros	\$	3,30E+01	3,78E+11			
Soma		8,11E+02	5,53E+12			

