

## **Sustentabilidade ambiental de um sistema agroflorestal com bracatinga (*Mimosa scabrella* Bent.) através da análise emergética**

Environmental sustainability of an agroforestry system with bracatinga through emergy analysis

GONÇALVES, Maria da Penha Moreira<sup>1</sup>; HIGA, Antônio Riioyei<sup>2</sup>; SILVA, Ivan Crespo<sup>3</sup>; SILVA, Luciana Duque<sup>4</sup>; OLIVEIRA, Rafael Kuster<sup>5</sup>

1 Engenheira Florestal, Discente do programa de Pós graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil, penhaengflo@bol.com.br; 2 Engenheiro Florestal, Docente do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil, antonio.higa@gmail.com; 3 Engenheiro Florestal, Docente do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil, ivancrespo@ufpr.br; 4 Engenheira Florestal, Docente do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, Piracicaba/SP, Brasil, lucianaduques@yahoo.com.br; 5 Engenheiro Ambiental, Discente do programa de Pós graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil, rafakuster@hotmail.com

---

**RESUMO:** O sistema agroflorestal (SAF) com bracatinga (*Mimosa scabrella* Bent.) constitui-se em alternativa de renda e manutenção da qualidade ambiental, contribuindo para a fixação do homem no campo. A análise emergética permite a avaliação ambiental de um sistema sendo levadas em consideração todas às contribuições da natureza na sua construção. O presente estudo objetivou avaliar o desempenho ambiental de um SAF com bracatinga através do método de análise emergética. O SAF foi formado pela espécie florestal bracatinga e pelas espécies agrícolas milho e abóbora. O estudo demonstrou que os recursos naturais renováveis exercem grande participação nos fluxos emergéticos do sistema, configurando ser o maior contribuidor energético na construção do SAF de bracatinga. Dentro dos recursos da economia, a mão-de-obra familiar foi o serviço mais demandante pelo SAF, mostrando ser esse um sistema eficaz na fixação do homem no campo. O SAF com bracatinga nas condições estudadas pode ser caracterizado como sustentável em médio prazo, mas fazem-se necessários ajustes no seu atual modelo produtivo para que possa adquirir sustentabilidade em longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de produção, recursos naturais, avaliação ambiental

**ABSTRACT:** Agroforestry system (AFS) with bracatinga (*Mimosa scabrella* Bent.) constitutes an alternative of income and environmental quality maintenance. Emergetic analysis allows the environmental assessment of a system in a broader sense, taking into account all the nature contribution to its formation. The present study had the aim of assessing the environmental performance of an AFS with bracatinga through of emergy analysis. The AFS under study is integrated by the arboreal species bracatinga and the agricultural crop species corn and pumpkin. The studied showed that renewable natural resources exert great participation in the emergetic fluxes of the system, being the most important emergetic contributor to the formation of the AFS. With regard to economic resource family labor was the most demanding service by the AFS, thus indicating that this productive model is potentially effective in fixing workers in rural areas. The AFS with the conditions studied can be characterized as sustainable in the mid-term, therefore requiring adjustments in its current productive model in order to attain long term sustainability.

**KEY WORDS:** Production system, natural resources, environmental assessment

Correspondências para: penhaengflo@bol.com.br

Aceito para publicação em 05/05/2012

## Introdução

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) constituem-se em uma alternativa de uso da terra para aliar a estabilidade do ecossistema visando à eficiência e otimização de recursos naturais na produção de forma integrada e sustentada (SANTOS; PAIVA, 2002).

O SAF com *Mimosa scabrella* Bent. (bracatinga) faz parte da economia dos pequenos proprietários da Região Metropolitana de Curitiba desde o início do século XX. O sistema de cultivo encontra-se caracterizado pela associação da cultura do milho e do feijão inicialmente, com a espécie florestal no final do ciclo, caracterizando-o como do tipo taungya. A madeira obtida tem como finalidade principal o uso para energia como lenha e carvão, sendo essa destinação estimulada pelo seu alto poder calorífico (STURION; TOMASELLI, 1990) e os produtos agrícolas são destinados principalmente para consumo doméstico (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2006).

Esse sistema tem apresentado poucos avanços tecnológicos o que tem resultado em baixas produtividades, porém são considerados rentáveis devido aos baixos custos de implantação e manutenção (ROCHADELLI, 1997; BAGGIO et al., 1986) constituindo-se em alternativa de emprego, contribuindo para a fixação do homem no campo e melhoria da qualidade ambiental através dos benefícios conferidos pelos serviços advindos da reposição florestal (LAURENT et al., 1990).

Os indicadores ambientais são usados para se ter um retrato da qualidade ambiental e dos recursos naturais, além de avaliar as condições e as tendências ambientais rumo ao desenvolvimento sustentável (RUFINO, 2002). Estudos mais recentes têm abordado esses aspectos de forma conjunta ao trabalhar através da análise sistêmica onde são contabilizadas todas as contribuições da natureza e dos serviços humanos na construção de um balanço energético para conhecimento da verdadeira energia gasta na obtenção de um produto, essa abordagem é conhecida como

avaliação emergética (ODUM, 1996).

A energia reflete a “memória energética” do trabalho anteriormente realizado para produzir um produto ou serviço, mensurando o trabalho da natureza e da economia em uma base comum, que geralmente é a energia solar (ODUM, 2000).

Com base nesse contexto o presente estudo objetivou avaliar o desempenho ambiental do sistema agroflorestal com bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) com o uso do método de análise emergética.

## Material e métodos

A propriedade em estudo possui 12 alqueires paulistas (aproximadamente 29 hectares) e está localizada na Estrada do Palmital ao rio abaixo (latitude 25° 12' 22"S e longitude 49° 06' 54"W), no município de Bocaiúva do Sul – PR. Essa propriedade está sendo trabalhada há pelo menos duas gerações pela atual família que nela reside.

O sistema agroflorestal manejado atualmente na propriedade vem sendo trabalhado há aproximadamente 40 anos. O SAF com bracatinga estudado foi obtido por regeneração natural induzida pelo fogo. É acompanhado inicialmente pelo cultivo de milho (*Zea mays* L.) e abóbora (*Cucurbita pepo* L.), que se dão entre o primeiro e segundo ano do sistema, concomitantemente com o desenvolvimento da bracatinga que terá seu ciclo fechado entre o 6º e 7º ano.

Para a instalação do SAF, o produtor utilizou para o milho a densidade de 10.000 plantas/ha com espaçamento de aproximadamente 1,0 m x 1,0 m, e para a abóbora o espaçamento não definido com densidade aproximada de 700 plantas/ha. A produtividade das culturas agrícola é de aproximadamente 5.000 kg/alqueire para o milho e 1.000 unidades/alqueire de abóbora. A produtividade da madeira da bracatinga encontrada nesse sistema através de inventário foi de 417,23 st/alqueire (lenha para venda + escoras), equivalente a 18,09 m<sup>3</sup>/ha.ano, sendo encontrada nesse trabalho uma densidade de corte de 3.380

plantas/ha.

A energia foi utilizada no presente estudo de acordo com os conceitos apresentados por Odum (1996). Para a utilização dessa metodologia foi necessário determinar o fluxo de material e demanda de insumos por área através do levantamento de dados dos sistemas produtivos junto aos proprietários e funcionários dos mesmos.

Os fluxos de energia representam três categorias de recursos: renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F), que são os materiais e serviços. Todos os fluxos emergéticos são colocados em termos de energia solar incorporada (energia solar). Desta forma, os sistemas em estudo puderam ser comparados quanto à eficiência no uso de recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global.

Os recursos renováveis contabilizados nos sistema foram: luz solar e precipitação, devido esses fatores serem determinantes para o desenvolvimento do sistema desde a emergência das plântulas, já que, em se tratando principalmente de uma espécie pioneira, os recursos solares são imprescindíveis na germinação das sementes e posterior desenvolvimento das plantas desse grupo ecológico.

O recurso não-renovável contabilizado foi a perda de solo, uma vez que essa excede o processo de produção geológico (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), sendo quantificada de acordo com dados obtidos na literatura para esse modelo de cultivo com essa espécie e na região de estudo em declividade de 30 % (POMIANOSKI, 2005), e os recursos obtidos externamente aos limites dos sistemas (F) foram todos os materiais e serviços utilizados nos sistemas. Como a mão-de-obra em quase sua totalidade é familiar, a mesma foi dividida, para fins de cálculo, em familiar e externa.

A análise se inicia através da identificação de seus componentes principais, as entradas e saídas dos sistemas. A utilização da metodologia emergética consiste nas seguintes etapas:

- 1 - construção do diagrama sistêmico para verificar e organizar todos os componentes e os relacionamentos existentes no sistema;
- 2 - construção da tabela de avaliação emergética, com os fluxos quantitativos, baseados diretamente no diagrama;
- 3 - cálculo dos índices emergéticos, que permitirão avaliar a situação econômica e ambiental do sistema.

Na construção do diagrama sistêmico são usados os símbolos da linguagem emergética emprestados da eletrônica e sistemas de circuitos analógicos adaptados por Odum (1996). Esse diagrama conduz a um levantamento crítico dos processos, estoques, e fluxos que serão importantes para o sistema sob estudo. Os componentes e fluxos do diagrama são ordenados da esquerda para a direita, de maneira que à esquerda estão representados os fluxos com maior energia disponível; para a direita existe um decréscimo deste fluxo com cada transformação sucessiva de energia (ODUM et al., 2000). Na elaboração do diagrama foi utilizado o Programa Microsoft Office Visio 2003.

A construção da tabela de avaliação emergética é baseada nos fluxos de entradas e saídas do diagrama sistêmico. Nessa tabela foram trabalhados os dados reais de fluxos de materiais, trabalho e energia, sendo convertida cada linha dos fluxos de entrada do diagrama em uma linha de cálculo da planilha de avaliação de energia. Nessa etapa foram empregados os valores de transformidades de cada componente dos fluxos nos seus respectivos cálculos emergéticos, sendo essas obtidas em diferentes fontes bibliográficas.

Essas transformidades são derivadas de estudos prévios que tem avaliado os fluxos energéticos e eficiências de conversão envolvidas na produção de recursos naturais, produto ou serviços. Os fluxos foram avaliados em unidades por hectare por ano. Com os valores desses fluxos agregados foi possível obter o valor dos índices energéticos. As planilhas foram construídas utilizando o programa Microsoft Office Excel.

A terceira etapa é constituída pelo cálculo dos índices energéticos a partir dos indicadores agregados obtidos anteriormente através da tabela de avaliação de fluxos de energia, sendo esses calculados através da metodologia convencional criada por Odum (1996).

Os índices energéticos utilizados foram: Transformidade (TR); Taxa de rendimento em energia (EYR); Taxa de investimento em energia (EIR), Taxa de carga ambiental (ELR); Renovabilidade (% R); Taxa de intercâmbio (EER) e Índice de sustentabilidade energética (ESI), conforme descrito em Odum, (1996).

### Resultados e discussão

Após análise das informações coletadas no campo e da revisão de literatura, foi realizado o diagrama dos fluxos energéticos do SAF com bracatinga (Figura 1).

O total de energia consumida pelo sistema foi  $3,07E+16$  emjoules, tendo o potencial químico da chuva como a maior contribuição, com  $1,52E+16$  sej/ano, sendo de longe, juntamente com a mão-de-obra ( $1,24E+16$  sej/ano), a contribuição mais importante em gastos energéticos do sistema, tendo a adubação como o mais expressivo dos inputs restantes, com  $2,57E+15$  sej/ano.

Na Figura 2 é possível visualizar a distribuição dos fluxos energéticos dentro do SAF com bracatinga, onde se pode observar que os recursos naturais renováveis têm a maior contribuição no sistema e entre os recursos da economia os maiores gastos são realizados na colheita florestal, onde a energia da mão-de-obra familiar tem grande contribuição.

Dentro dos recursos renováveis a energia

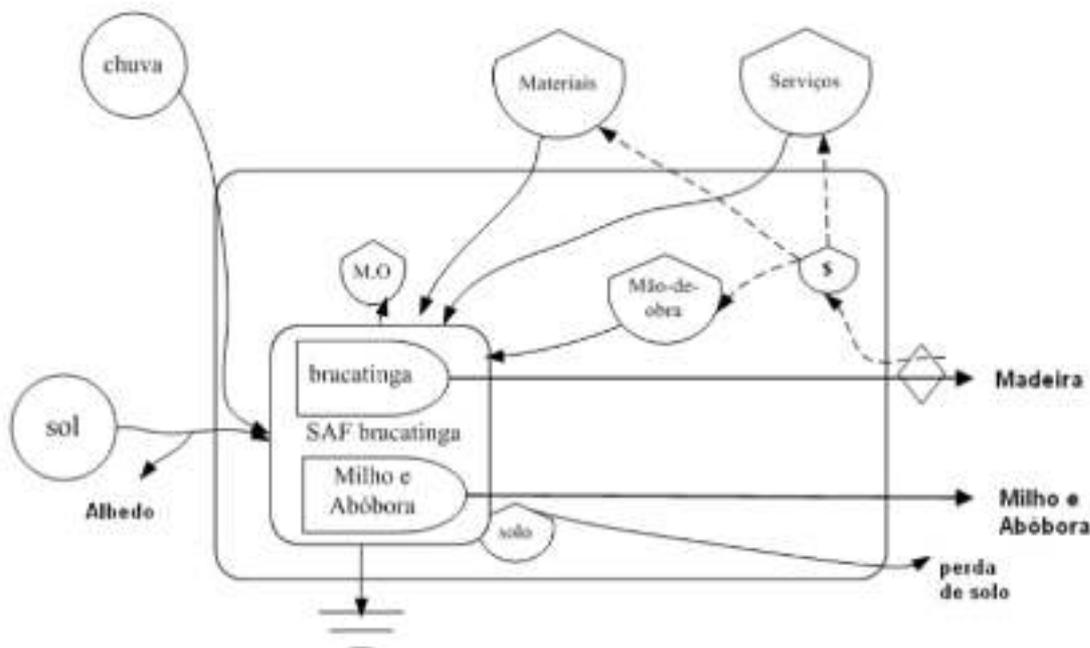


Figura 1: Diagrama dos fluxos emergéticos do SAF com bracatinga.

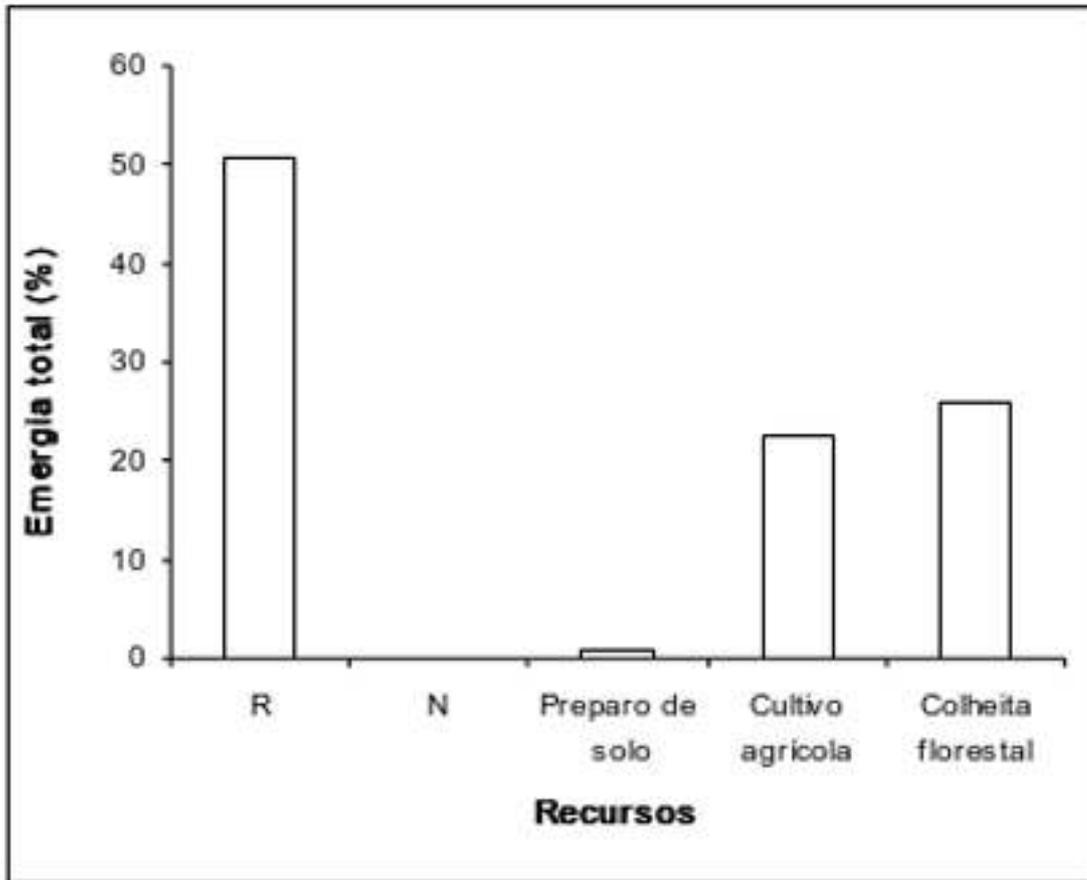


Figura 2: Distribuição emergética dos recursos naturais e da economia no SAF com bracatinga sendo: R=recursos naturais renováveis (sol e chuva); N= recursos naturais não-renováveis (perda de solo).

renovável da chuva respondeu por 49,70 % dos fluxos gastos e os fluxos não renováveis, representado pela perda de solo, demandaram apenas 0,01 %, podendo esse baixo consumo emergético estar associado ao fato de ter sido observado um baixo volume de perdas de solo no sistema, 187 kg/ha.ano, bem como esse item possuir uma transformidade mais baixa, quando comparada a transformidade para obtenção do adubo utilizado.

De acordo com Agostinho (2005) quanto maior o

número de transformações de energia que contribuem para a formação de um produto ou processo, maior será sua transformidade, sendo que em cada transformação, a energia disponível é usada para produzir uma quantidade menor de energia de outro tipo com o aumento da energia por unidade produzida.

O potencial químico da chuva teve grande peso nos fluxos do sistema, isso devido ao fato de ter considerado o ciclo completo da cultura. Dessa forma, os fluxos anuais que entram no sistema

Tabela 1: Indicadores emergéticos do sistema agroflorestal com bracatinga

<i>Índice</i>	<i>Cálculo</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidade</i>
<b>Transformidade</b>	$TR = Y/E$	158,14	sej/J
<b>Taxa de rendimento</b>	$EYR = Y/F$	2,00	Adimensional
<b>Taxa de investimento</b>	$EIR = F/I$	0,98	Adimensional
<b>Taxa de carga ambiental</b>	$ELR = (N+F)/R$	0,98	Adimensional
<b>Renovabilidade</b>	$\%R = 100 * R/Y$	50,26	%
<b>Taxa de intercâmbio</b>	$EER = Y/I$	4,12	Adimensional
<b>Índice de sustentabilidade Emergética</b>	$(Kg/há/ano) * (US\$/Kg) * emDolar$ $ESI = EYR/ELR$	2,03	Adimensional

desse recurso, 1,40 m<sup>3</sup>/ha.ano de pluviosidade, foram multiplicados por sete anos. Pedroso (2009) avaliando emergeticamente uma floresta natural manejada para produção de madeira na região norte do País, com ciclo de 30 anos, encontrou altos valores para a contribuição da chuva no sistema analisado, sendo que essa contribuiu com 99,23 % da energia gasta no sistema.

Os serviços mais demandantes de energia foram os ocorridos na colheita florestal, sendo a mão-de-obra familiar o maior input desse serviço com 17,53 % do total se fazendo presente e representativa também na atividade de cultivo agrícola com 13,90 % do total de fluxos. Pode-se ressaltar a importância da mão-de-obra familiar na contabilidade emergética do SAF com bracatinga que contribui dessa forma para a fixação do homem no campo. Outros autores avaliando emergeticamente sistemas em propriedades rurais também enfatizam o peso da mão-de-obra familiar na construção do sistema (CAVALETT; ORTEGA, 2007; ALBUQUERQUE, 2006; AGOSTINHO, 2005; COMAR, 1998).

Os materiais do cultivo agrícola têm seu maior input representado pelo adubo, a base de esterco avícola. Esse insumo, que em épocas anteriores não era utilizado no sistema, tem se tornado indispensável devido aos baixos valores de produtividade que o sistema vem apresentando,

levando dessa forma os produtores a efetuarem adubações a fim de manter níveis de produtividade técnica-economicamente viáveis.

A baixa produtividade na exploração da bracatinga decorre tanto do desgaste natural representado pela exportação de nutrientes pelas colheitas sucessivas como do uso de técnicas inadequadas de manejo do solo.

Com relação à exportação de nutrientes em sistemas com bracatinga Baggio e Carpanezzi (1997) estimam que são exportados apenas na lenha, que é vendida da bracatinga, cerca de 698,74 kg/ha<sup>-1</sup> de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), ressaltando sobre a inviabilidade de reposição de todos esses nutrientes via adubação e sobre a necessidade de introduzir mudanças profundas nas práticas do sistema, no sentido de permitir equilibrar o balanço de nutrientes.

Entretanto, o fato observado é que, mesmo a bracatinga sendo eficiente na ciclagem de nutrientes, esse sistema vem diminuindo gradativamente seu potencial produtivo devido, entre outros fatores, a diminuição da qualidade do solo necessitando dessa forma de inputs nesse setor.

Na Tabela 1 estão distribuídos os índices emergéticos com seus respectivos valores no sistema agroflorestal com bracatinga.

A transformidade, que indica quanta energia

solar equivalente que o sistema precisa para produzir uma unidade de energia (joule) de um determinado produto, pode ser considerada muito baixa (158,14 sej/J), quando comparada a outros sistemas de produção no País, tendo sido encontrado valores de 902 sej/J em sistemas de produção de eucalipto (ROMANELLI, 2007), 98.000 sej/J para sistemas agrossilvipastoris (ALBUQUERQUE, 2006) e 81.000 sej/J em sistemas produtivos de soja em pequenas propriedades (CAVALETT; ORTEGA, 2007), indicando dessa forma que o sistema com bracatinga é mais eficiente que esses na utilização dos recursos em nível de transformação emergética. Assim, o SAF de bracatinga necessita de apenas 158,14 joules de energia solar equivalente (seJ) para produzir um joule de madeira (+ milho e abobora). De acordo com Cavalett (2004) a transformidade depende dos processos envolvidos na execução do sistema produtivo, podendo variar muito de acordo com as tecnologias e processos empregados na produção dos produtos. Assim, a transformidade pode ser utilizada para confrontar diferentes sistemas de produção que fabricam um mesmo produto.

O índice de rendimento emergético (EYR) mede a habilidade do processo de contribuir com o sistema econômico pela amplificação do investimento de energia. O menor valor desse rendimento 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.

Quanto maior o valor de EYR, maior é o retorno do investimento econômico feito no sistema produtivo e, portanto, mais vantajoso é este sistema. No SAF de bracatinga o EYR obtido (2,00) foi mais baixo do que o encontrado para espécies florestais para fins energéticos como o eucalipto que segundo Romanelli (2007) foi 2,54,

sendo ainda mais próximo ao valor encontrado por Doherty (1995) para sistemas em floresta natural secundária. Segundo Brown e Ulgiati (2002), processos que tenham rendimento emergético (EYR) menor que 2,00 não fornecem nenhuma contribuição que possa ser considerada como fonte de energia e atuam como produtos de consumo ou etapas na transformação das fontes de energia reais.

Valores baixos de EYR (cerca de 2,00) são indicativos de baixo impacto ambiental. Dessa forma o sistema estudado apresenta uma taxa de rendimento favorável em relação a tornar disponíveis (na forma de madeira) recursos locais através do investimento em recursos externos e principalmente quando comparado a sistemas no qual pode competir, como o eucalipto.

A Taxa de Investimento Emergético (EIR) indica a relação entre a energia proveniente de sistemas econômicos externos (F) e a energia obtida nos ecossistemas locais (R+N). Quanto maior o valor de EIR, maior a dependência de recursos da economia. O valor obtido para o SAF com bracatinga (0,98) foi próximo, porém maior que o valor obtido por Doherty (1995) para o sistema florestal natural, (0,79). Dessa forma esse índice aponta o sistema como pouco dependente dos recursos da economia (F).

A Razão de Carga Ambiental (ELR) é a razão da energia não renovável (N + F) pela energia renovável (R). Uma ELR baixa reflete carga ambiental relativamente pequena, enquanto uma ELR alta sugere uma carga maior.

A ELR reflete o "stress" ou a pressão ambiental potencial de um desenvolvimento quando comparada à mesma razão pela região e pode ser usada para calcular a capacidade de suporte. Os resultados ELR sugerem que o sistema de bracatinga utiliza 0,98 vezes, melhor dizendo uma vez, mais recursos não renováveis (F+N) do que renováveis. De acordo com a escala de Ulgiati e

Brown (2002), esse sistema é considerado causador de leve impacto ambiental ao meio, sendo considerados valores acima de 10,00 como de significativo impacto ambiental. De uma forma geral quanto menor o valor desse índice mais sustentável ambientalmente é o sistema.

O índice de renovabilidade emergética (R) que expressa a quantidade de energia renovável utilizada no sistema em relação à energia total, indicou que o sistema utilizou metade dos recursos 50,26% para a sua produção advindos da natureza, ou seja, de origem renovável. Dessa forma este valor mostra que a produção do SAF de bracatinga se apresenta dentro de um sistema renovável.

Segundo Fernandes et al. (2006) o Índice de Intercâmbio Emergético- EER avalia se na venda dos produtos, o sistema está remunerando a energia empregada na produção, indicando se o produtor está cedendo mais energia do que está recebendo pela venda desses produtos, ou seja, se a energia produzida pelo sistema não está sendo justamente paga. No SAF com bracatinga o produtor está recebendo aproximadamente 4 vezes menos do que está cedendo em energia pelos produtos do sistema. Dessa forma, os produtos do SAF necessitaria ter um preço mais alto para poder pagar pela energia usada para produzi-lo, já que os preços dos produtos vendidos no sistema estão abaixo do valor de suas contribuições energéticas. Logo, o produtor não está conseguindo receber a energia gasta na produção.

O indicador de Sustentabilidade (ESI) desenvolvido por Brown & Ulgiati (1997), é obtido da relação entre o rendimento de energia (EYR) e o indicador de carga ambiental (ELR). O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (carga ambiental), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais (BARETTA et al., 2005).

Valores de ESI menores que 1,00 são

indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis em longo prazo. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1,00 e 5,00 enquanto produtos e processos com sustentabilidade em longo prazo têm ESI maiores. O índice de sustentabilidade obtido para o SAF com bracatinga foi maior que 1,00 (2,03), dessa forma pode-se constatar que o sistema estudado apresentou-se sustentável.

### Conclusões

Os recursos naturais renováveis exercem grande participação nos fluxos emergéticos do sistema, configurando ser o maior contribuidor no balanço energético do sistema de exploração da bracatinga.

Dentro dos recursos da economia a mão-de-obra familiar foi o serviço mais demandante pelo SAF de bracatinga, mostrando ser esse um sistema eficaz na fixação do homem no campo.

O SAF com bracatinga estudado pode ser caracterizado como sustentável em médio prazo, necessitando dessa forma de ajustes no seu atual modelo produtivo para que possa adquirir sustentabilidade no longo prazo.

### Agradecimentos

A Emater-PR, na figura do Sr. Jorge Mazuchowski pela intermediação no contato com os produtores rurais. Aos Produtores do SAF com bracatinga Sr. José e Sra. Delvira pela relevante contribuição no repasse de informações sobre o sistema. A Capes pelo auxílio financeiro.

### Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, F. D. R.; Uso de análise emergética e sistema de informação geográfica no estudo de pequenas propriedades agrícolas. 2005. 252 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2005.
- ALBUQUERQUE, T. C. Avaliação emergética de

- propriedades agrossilvipastoris do Brasil e da Colômbia. 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2006.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Estoque de nutrientes nos resíduos da exploração de bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.34, p.17-29, 1997.
- BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A., GRAÇA, L.R. & CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.12, p.73-82. 1986.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **R. Bras. Ci. Solo**, v.29, p.715-724, 2005.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. p.100.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. **Journal of Cleaner Production**, v.10, p. 321–334. 2002.
- BROWN, M.T., ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecol. Eng.**, v.9, p.51–69. 1997.
- CAVALETT, O. Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos e de peixes. 140 p. (Dissertação de mestrado) – UNICAMP - Campinas, SP. 2004.
- CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Emergy and fair trade assessment of soybean production and processing in Brazil. **Management of Environmental Quality**, v. 18, p. 657-668, 2007.
- COMAR, M.V.; Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável. 1998. 209 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade de Campinas, Campinas, 1998.
- DOHERTY, S. J. Emergy evaluations of and limits to forest production. 1995. 217 f. Dissertation. (PhD.) – Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, 1995.
- FERNANDES, E. N.; MÜLLER, M. D. ; CARVALHO, G. R., **Índices emergéticos para avaliação da sustentabilidade sistemas de produção de leite**. 2006. Disponível em [http://www.agrosoft.org.br/agrosoft\\_artigos.htm](http://www.agrosoft.org.br/agrosoft_artigos.htm). Acesso em: 21 Jul. 2010.
- LAURENT, J. M. E.; CAMPOS, J. B.; BITTENCOURT, S. M. **Análise técnico-econômica do sistema agroflorestal da bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba – Paraná**. EMATER-Paraná, 72p. (PROJETO FAO-Curitiba. Curitiba: Serie Estudos Florestais. 1990.
- ODUM, H.T. Emergy of Global Processes. Folio #2. In: **Handbook of Emergy Evaluation**, Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. Florida, 2000.
- ODUM, H.T. **Environmental Accounting, Emergy and Decision Making**. J. Wiley, NY, 1996, 370p.
- ODUM, H.T.; BROWN M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S. Introduction and global budget, Folio #1. In: **Handbook of emergy evaluation**. Gainesville: Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000. 16p.
- PEDROSO, K. B. Sustainability assessment of two forest production systems in the Brazilian Amazon. 2009. 155 f. (Master of Science in European Forestry Erasmus Mundus) - Faculty of Forest and Environmental Sciences, University of Freiburg, Freiburg, 2009.
- POMIANOSKI, D. J. W. Perdas de solo e água em sistemas agroflorestais da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) em diferentes declividades e manejos. 2005, 78f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, W; MAZUCHOWSKI, J.Z; PINTO, A.F; MINIOLI NETTO, M. BECKER, J.C. **Memórias da Oficina Sobre Bracatinga no Vale do Ribeira Curitiba, PR**. Documentos 134. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 1 CD-ROM. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1679-2599 ; 134) ISSN 1517-526X (impresso). 2006.
- ROCHADELLI, R. Contribuição sócio-econômica da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na Região Metropolitana de Curitiba- Norte (RMC-N). 1997. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná,

Curitiba, 1997.

- ROMANELLI, T. L. Sustentabilidade energética de um sistema de produção da cultura de eucalipto. 2007. 121 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- RUFINO, R. C. Avaliação da Qualidade Ambiental do Município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais. 2002. 113f. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- SANTOS, M.J; PAIVA, S.N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Revista Ciência Florestal**, v. 12, n.1, 2002.
- STURION, J. A.; TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de bracatinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 37-47, dez. 1990.
- ULGIATI, S. & BROWN, M.T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions - The Case of Electricity Production. **Journal of Cleaner Production** 10. 335-348, 2002.