

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS FORMAS DE MANEJO DA AGRICULTURA ITINERANTE COM OU SEM QUEIMA DA CAPOEIRA NO NORDESTE DO PARÁ

Geraldo Stachetti Rodrigues*

Paulo Choji Kitamura**

Tatiana de Abreu Sá**

Konrad Vielhauer***

1. INTRODUÇÃO

Como ocorre em virtualmente todas as áreas de colonização antiga da Amazônia brasileira, a ocupação agrícola da região nordeste do estado do Pará se baseia em culturas alimentares desenvolvidas em solos preparados pela derrubada-e-queima da floresta secundária. Seguindo-se a um curto período de produção (geralmente um ano), a área é abandonada para regeneração da vegetação e novas áreas cobertas por vegetação secundária são derrubadas e queimadas, completando o ciclo de cultivo itinerante (Holscher *et al.*, 1997). O rápido crescimento populacional na atualidade e o conseqüente aumento da pressão de uso da terra na região nas últimas décadas têm causado a degradação agrônômica e ecológica deste sistema de produção.

Para solucionar este problema, práticas de manejo sem queima têm sido introduzidas pelo programa de pesquisa germânico-brasileiro "Studies of Human Impacts on Forests and Floodplains in the Tropics - SHIFT" como segue:

- (i) derrubada-e-cobertura morta (em oposição à derrubada-e-queima) da vegetação secundária, um processo possibilitado pela introdução de implemento picador de vegetação movido a trator;
- (ii) enriquecimento da vegetação secundária com espécies de árvores fixadoras de nitrogênio e de rápido crescimento, para melhorar o acúmulo de biomassa para cobertura morta, produção de carvão, lenha e madeira; e
- (iii) adubação do solo em adição à cobertura morta, vinculada à rotação/associação de culturas, que permite o desenvolvimento de uma safra adicional a cada período de cinco anos.

* Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 069, Jaguariúna (SP), Brasil – CEP 13820-000.

** Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA), Brasil.

*** Zentrum für Entwicklungsforschung, Universidade de Bonn, Alemanha.

Este sistema de manejo da agricultura sem queima visa alcançar, de um lado, a melhoria econômica para as fazendas, pela intensificação da agricultura sem degradação do solo, e do outro lado, busca trazer melhoria na qualidade ambiental e na conservação dos recursos naturais, resultando em importantes benefícios para as comunidades locais. Estas vantagens são esperadas devido à possibilidade de cultivo da terra por dois anos consecutivos, ao invés de apenas um ano, seguido de três anos de pousio, ao invés de quatro ou cinco anos. Além disso, a floresta secundária enriquecida produz madeira utilizável, sendo também economicamente atrativa no período de pousio, enquanto o sistema convencional de derrubada-e-queima permanece improdutivo durante todo o período de pousio.

Existem também desvantagens com o sistema de manejo sem queima. A maioria dos benefícios ocorre em longo prazo e são somente parcialmente percebidos em termos monetários. O manejo sem queima implica em grandes custos de investimentos devido às operações mecânicas de aplicação da cobertura morta e à adubação, necessária para compensar o atraso da liberação de nutrientes pela cobertura morta, quando comparado com a imediata liberação de nutrientes nas cinzas que retornam para o solo no sistema de derrubada-e-queima (Kato & Kato, 1999).

Um desafio da pesquisa reside na avaliação do balanço entre os benefícios ambientais e sociais (assim como alguns privados) e os custos privados para o estabelecimento rural no sistema agrícola de manejo sem queima proposto pelo Projeto SHIFT Capoeira. Uma abordagem de avaliação ecológica do sistema baseada na avaliação da *emergia* (Odum, 1996) foi proposta como uma opção para efetuar esta avaliação comparativa (Rodrigues *et al.*, 2001). A principal vantagem da aplicação deste enfoque *emergético* é que ele permite a consideração de todos os estoques de recursos necessários, os insumos e os fluxos de matéria e energia empregando-se a energia solar como unidade de medida comum a todos estes fluxos e compartimentos. Com isso, possibilita-se a comparação de práticas de manejo cujos insumos (entradas) e produtos (saídas) contrastam fortemente entre si. O presente capítulo apresenta os resultados de tal avaliação.

2. MÉTODOS

O primeiro passo para a avaliação emergética da forma convencional de manejo agrícola com derrubada-e-queima em contraste com a proposta produção agrícola sem-queima foi a delimitação e caracterização de um "sistema típico de cultivo itinerante" (Tabela 1). Isto foi efetuado pela construção de diagramas de fluxo de energia dos sistemas de produção usando símbolos de linguagem de sistemas (Figura 1 e 2; Christianson, 1986).

TABELA 1. SISTEMAS DE PRODUÇÃO TÍPICOS DE PEQUENOS PRODUTORES QUE EMPREGAM CULTIVO AGRÍCOLA ITINERANTE NO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ (BRASIL), MOSTRANDO AS ATIVIDADES REALIZADAS EM UMA BASE ANUAL

Sistema de produção com derrubada-e-sistema de produção sem-queima-queima		
Ano 1	Derrubada-e-queima, Plantio de milho, Plantio de mandioca, Colheita de milho, Controle mecânico de invasoras	Corte e picagem da capoeira, adubação, Plantio de milho, Plantio de mandioca, Plantio de árvores para enriquecimento da capoeira, Colheita de milho, Controle mecânico de invasoras
Ano 2	Colheita da mandioca, Pousio	Plantio da segunda cultura de milho, Segundo controle de invasoras, Colheita da segunda cultura de milho, Colheita da mandioca
Ano 3	Pousio	Pousio
Ano 4	Pousio	Pousio
Ano 5	Pousio, Retorno ao ano 1	Colheita de madeira para carvoaria, Colheita de lenha, Colheita de madeira, Retorno ao ano 1

FIGURA 1. DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE UM SISTEMA TÍPICO DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE DERRUBADA-E-QUEIMA, CONFORME PRATICADO NO NORDESTE DO PARÁ.

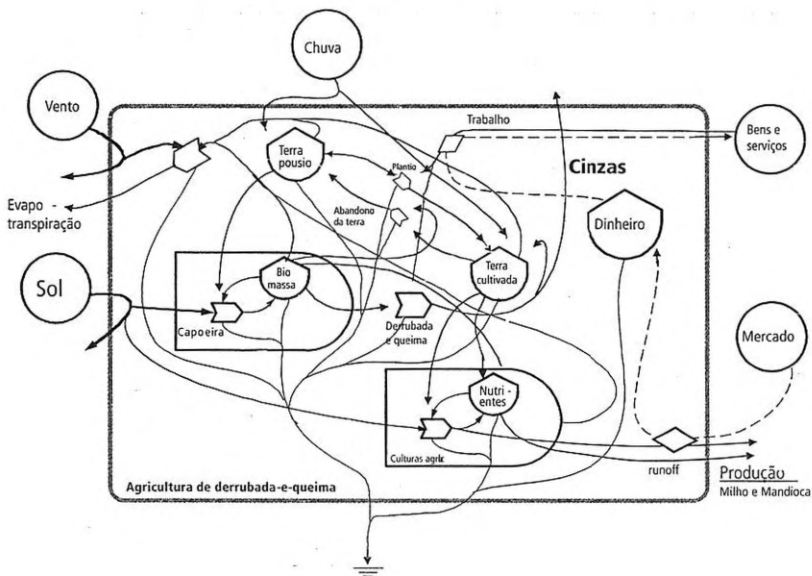
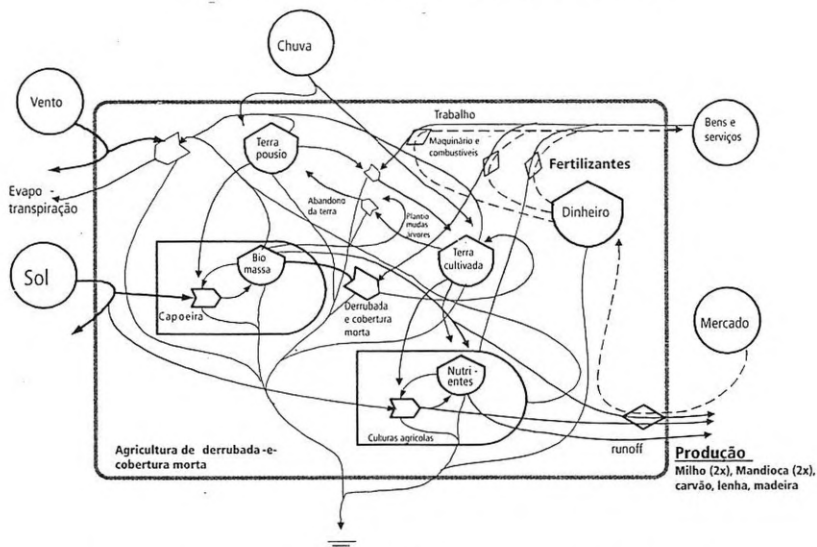


FIGURA 2. DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE UM SISTEMA TÍPICO DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE DERRUBADA-E-COBERTURA MORTA, CONFORME PRATICADO NO NORDESTE DO PARÁ.



Várias hipóteses foram formuladas a fim de compor o sistema típico de derrubada-e-queima e o sistema de manejo sem-queima com base nos quais os diagramas foram desenhados, como segue:

- i. Os sistemas são dirigidos pelas entradas de energia de fontes naturais e antrópicas sob uma base similar de recursos naturais, representados pelo pousio e o solo cultivado;
- ii. Estes usos das terras são alternados entre si de acordo com as práticas de manejo, isto é, solo cultivado torna-se solo em pousio pelo abandono, enquanto solo em pousio é convertido em solo cultivado seja por derrubada-e-queima ou derrubada-e-cobertura morta;
- iii. Os fluxos renováveis de energia derivada da natureza e usada na produção, incluindo a luz solar, as águas das chuvas e os ventos, podem ser computados como a evapo-transpiração associada com a produção primária. Por outro lado, as perdas do material orgânico do solo e dos nutrientes das cinzas resultantes da queima são implicados na produção como insumos não-renováveis;
- iv. O dinheiro provindo dos mercados (fluxo expresso por linhas tracejadas) é trocado pela produção para pagar por trabalho, serviços e recursos;

- v. As principais diferenças entre os sistemas de produção estudados são representadas pelas operações mecanizadas de derrubada-e-cobertura morta, fertilizantes e enriquecimento da vegetação secundária, os quais resultam na produção de materiais madeireiros no período de pousio, em adição às culturas. Em contraposição, no sistema de derrubada-e-queima não há uso de insumos comerciais e não se obtém produtos comercializáveis da vegetação secundária do período de pousio.

Baseado nos diagramas dos sistemas, tabelas de avaliação da emergência foram formuladas com todas as entradas, fluxos e saídas dos sistemas. Dados sobre as entradas e fluxos correspondentes a um hectare (ha) foram obtidos para estes sistemas típicos em uma base anual, em consulta aos relatórios do projeto SHIFT Capoeira, informações oferecidas diretamente pelos pesquisadores do projeto e de referências selecionadas, conforme citado nas notas para cada tabela de avaliação emergética. Finalmente, o desempenho dos sistemas foi avaliado usando relações e índices derivados destes fluxos, como proposto por Ulgiati *et al.* (1995) e por Odum (1996).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE DERRUBADA-E-QUEIMA

O diagrama representando o sistema de derrubada-e-queima apresentado na Figura 1 mostra o importante fluxo de emergência associado com a queima e a Tabela A-1 resume os dados (ver anexo). Este fluxo representa 24% da produção total neste sistema e até 46% quando somente são considerados os fluxos não-renováveis (aqueles que diferem entre os sistemas) (Tabela A-1). Esta grande contribuição é provida pela capacidade da vegetação secundária de suprir estes estoques durante o período de pousio, sem qualquer depleção adicional de recursos não-renováveis ou insumos provenientes da economia. A taxa de carga ambiental (soma de insumos adquiridos da economia e recursos não-renováveis por insumos renováveis – uma medida de impacto ambiental) para o sistema de derrubada-e-queima é, deste modo, relativamente pequena (1,04; Tabela 3), mesmo quando comparada a produção da agricultura orgânica no Brasil (1,75) (Comar, 2000).

A produção nesse sistema é representada por uma cultura de milho e uma de mandioca, em ciclos de cinco anos de cultivo itinerante, que são comercializados em troca do dinheiro que paga pelo trabalho. Nenhuma interação adicional ocorre com o mercado, pois não há necessidade de combustíveis, maquinário ou fertilizantes nesse sistema de manejo. Mesmo com tão poucos insumos, a emergência específica da produção (ou sua “transformidade”) é comparável com o que é obtido em outros sistemas agrícolas, quando o tamanho total da produção colhida no ciclo de cinco anos é considerado em uma base anual. Deste modo, devido ao uso não-intensivo de recursos, a densidade de emergência (*eMpower density*) para o sistema de produção de derrubada-

e-queima foi somente de $1,56E+15$ sej/ha/ano, que corresponde a aproximadamente um oitavo do que se observou na produção de milho na Florida (Brandt-Williams, 2001), ou um quarto do que se observou na agricultura orgânica no Brasil (Comar, 2000).

De maior importância para considerações de políticas públicas em relação à agricultura de derrubada-e-queima no nordeste do Pará é a baixa taxa de investimento energético deste sistema (soma de insumos comprados dividida pela soma de insumos não comprados ou da natureza, que é igual a 0,12; Tabela 3). Seria difícil convencer pequenos produtores a mudar uma prática de manejo tradicional que mesmo com uma pequena densidade de energia (*eMpower density*, que corresponde ao total da produção) resulta em lucro sobre o investido. Com uma taxa de investimentos de energia pequena, a taxa de produção de energia (*eMergy yield ratio*) do sistema de derrubada-e-queima é consideravelmente alta (9,56), algo seis vezes superior ao observado na agricultura orgânica no Brasil (Comar, 2000). Conseqüentemente, e confirmando a histórica tendência de séculos de cultivo itinerante na região, um alto índice de sustentabilidade energética é obtido nesse sistema, como é percebido pelos pequenos produtores que têm perpetuado essas práticas.

3. 2 - PRODUÇÃO AGRÍCOLA SEM QUEIMA

O diagrama representando o sistema de produção sem-queima, apresentado na Figura 2, mostra um fluxo importante de energia associado com as operações mecanizadas de produção da cobertura morta. Em adição ao trabalho, combustíveis e maquinário são incluídos como serviços e ao menos adubos fosfatados são necessários para compensar a imobilização de nutrientes na biomassa microbiana desenvolvida na cobertura morta do solo (Kato & Kato, 1999). Os fluxos de energia que compõem um sistema típico de agricultura sem-queima estão resumidos na Tabela A-2, anexo. Estes mencionados insumos da economia são pagos pela produção de produtos madeireiros da vegetação secundária, além das culturas de milho e mandioca obtidas em duas colheitas, ao invés de apenas uma, o que se faz possível pela aplicação dos adubos.

Embora a mesma taxa de erosão tenha sido considerada para ambos os sistemas de produção estudados, um dispêndio um pouco maior de energia relacionada a perdas de solo ocorre no sistema sem queima quando comparado com o sistema de derrubada-e-queima, devido ao maior conteúdo de carbono no primeiro. Entretanto, como não há perdas de nutrientes com a queima, a contribuição total de recursos ambientais para o sistema de produção sem queima é um pouco menor. Por outro lado, 15% da produção total nesse sistema está associada aos custos representados pelos fertilizantes adquiridos. O dispêndio total em itens adquiridos da economia alcança quase 40% da produção de energia nesse sistema.

Esta dependência do sistema de produção sem queima por recursos externos não-renováveis resulta em uma maior taxa de carga ambiental (*Environmental Loading Ratio*, uma medida de impacto ambiental) que aquela obtida para o sistema de derrubada-e-queima. Por conseqüência, a taxa de produção de energia (*Emergy Yield Ratio*, uma medida de produtividade) no sistema sem queima é três vezes menos.

Assim, mesmo quando se considera o maior volume de produtos passíveis de inserção no mercado, obtidos com as duas consecutivas culturas de milho e mandioca e os produtos madeireiros coletados após o pousio no sistema sem queima, a sustentabilidade, ou o excedente percebido pelo produtor em relação ao esforço de produção, é bastante menor. Isto está expresso na menor transformidade da produção (a "real riqueza" percebida pelo produtor, nas palavras de H.T. Odum) obtida no sistema sem queima. Em outras palavras, mesmo com uma densidade de energia (*emPower density*, ou produção total) maior, a energia específica (em joules de energia solar por unidade de medida da produção – sej/kg p.ex.) da produção de milho ou mandioca no sistema sem queima é quase 60% menor. Além disso, a maior taxa de investimento de energia (*Energy Investment Ratio*) do sistema sem queima causa uma menor lucratividade. Com um valor total da produção (em "dólares emergéticos") correspondendo a Em\$ 214,00/ha/ano (taxa de conversão de joules de energia solar por dólar - sej/dólar – de $8,4E+12$ para a economia brasileira, Odum, 1996) e um dispêndio de Em\$ 82,00, a lucratividade do sistema sem queima alcança Em \$ 132,00/ha/ano, comparado a Em\$ 167,00/ha/ano para o sistema de derrubada-e-queima.

Estes resultados implicam que, de um ponto de vista de formulação de políticas públicas, motivações adicionais devem ser oferecidas aos produtores para que eles possam considerar a adoção de alterações em suas práticas tradicionais, em favor de manejo sem queima. Primeiro, o sistema de produção agrícola sem queima deve incluir formas alternativas, ambientalmente custo-efetivas, de prover os serviços e recursos necessários à produção. Por exemplo, a promoção da propriedade e utilização coletivamente compartilhada do maquinário, além de meios biológicos de prover fósforo após a aplicação da cobertura morta poderiam reduzir os custos drasticamente. Segundo, um valor adicional poderia ser atribuído aos recursos manejados no interior do sistema (por exemplo a matéria orgânica incorporada ao solo), valor este que seria transferido da sociedade para os produtores, compondo incentivos que não poderiam ser obtidos pela prática agrícola de derrubada-e-queima.

3.3 - SEQÜESTRO DE CARBONO E INCENTIVOS PARA O MANEJO SEM QUEIMA

A ampla literatura sobre os custos e benefícios do manejo agrícola sem queima denota vantagens percebidas em diferentes escalas e pelos vários atores envolvidos com os interesses sociais para produção e conservação na Amazônia, assim como em outras partes. Um desses benefícios é o seqüestro de carbono na matéria orgânica do solo, que poderia contribuir para mitigar as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, promovida pelas queimadas. O carbono seqüestrado poderia ser comercializável no mercado de *commodities* ambientais e licenciamentos de emissão de poluentes ora em fase de proposição e implementação junto ao Protocolo de Quioto (Kitamura e Rodrigues, 2000).

A fim de realizar uma avaliação da contribuição potencial do sistema de produção agrícola sem queima para o seqüestro de carbono, uma abordagem um tanto diferente se faz necessária. Alguns dos importantes estoques de recursos e fluxos que ocorrem

no interior dos sistemas de produção com ou sem queima com o desenrolar das atividades agrícolas não foram incluídos na análise anteriormente apresentada, devido à delimitação apresentada nas Figuras 1 e 2. Por exemplo, e em conformidade com a teoria emergética, o grande fluxo de energia contido na matéria morta não foi computado como entrada de recurso, uma vez que não é consumido (mas sim estocado no interior do sistema), e, portanto, não se configura como insumo computável para a produção. Contudo, se o acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS – Tabela 2) pudesse ser computado como um produto adicional do sistema, comercializável em um “mercado de *commodities* ambientais”, mudanças radicais ocorreriam nos índices de desempenho ambiental do sistema de produção agrícola.

TABELA 2. AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DO SEQÜESTRO DE CARBONO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE DERRUBADA-E-QUEIMA E DERRUBADA-E-COBERTURA MORTA

Avaliação do seqüestro de carbono no sistema de derrubada-e-queima		
Acúmulo de MOS		
Conteúdo de MOS (g/ha, 0 - 100cm) = (g C/g solo)*(densidade do solo * 1E6 cm ³ /m ² * 10000 m ² /ha)		
MOS no solo controle =	1.16E+08	(Vlek <i>et al.</i> , 1999)
MOS no solo superficial (g C/g solo)=	0.008	(Vlek <i>et al.</i> , 1999)
MOS no solo superficial (g/ha)=	1.23E+08	
Conteúdo de energia / g matéria orgânica =	5.40	kcal/g
Energia por ano:	2.45E+10	(estudo de 7 anos de pousio)
Avaliação do seqüestro de carbono no sistema de produção sem queima		
Acúmulo de MOS		
Conteúdo de MOS (g/ha, 0 - 100cm) = (g C/g solo)*(densidade do solo * 1E6 cm ³ /m ² * 10000 m ² /ha)		
MOS no solo superficial (g C/g solo)=	0.0104	(Vlek <i>et al.</i> , 1999)
MOS no solo superficial (g/ha)=	1.58E+08	
Energia por ano:	1.37E+11	(estudo de 7 anos de pousio)

Uma comparação entre os sistemas de manejo de derrubada-e-queima e sem queima incluindo consideração do acúmulo de matéria orgânica como uma *commodity* ambiental comercializável é apresentada na Tabela 3. Esta tabela resume os índices de desempenho ambiental dos sistemas, agora incluindo as alterações na MOS acumulada (Tabela 2) como produção adicional. Como resultado do pousio (período de sete anos, Vlek *et al.*, 1999), 158 toneladas/ha de MOS é acumulada no sistema sem queima, um acréscimo de 42 T/ha sobre áreas manejadas sem pousio. Em termos emergéticos esta acréscimo no estoque de MOS representaria o principal produto do sistema e aumentaria a taxa de produção de energia (*Emergy Yield Ratio*) sete vezes. O sistema de derrubada-

e-queima também obteria benefício de desempenho nesse cenário de compensação por seqüestro de carbono, porque mesmo quando a porção aérea da vegetação secundária é queimada, parte da matéria orgânica acumulada sob o solo se acumula (aproximadamente 7 T/ha, Vlek *et al.*, 1999). Uma taxa de produção de emergia duas vezes maior poderia ser obtida nesse sistema ao considerar-se o acúmulo de MOS como produção.

TABELA 3. AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DOS SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLA COM OU SEM QUEIMA DA CAPOEIRA INCLUINDO O ACÚMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO COMO PRODUÇÃO. REFERIR-SE ÀS TABELAS A-1 E A-2 PARA DETALHES E À TABELA 2 PARA ESTIMATIVA DO ACÚMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.

Sistema de Produção -	Derrubada-e-queima		Sem queima	
	EMERGIA Solar	Valor em Em\$	EMERGIA Solar	Valor em Em\$
	(E13 sej/ano)	(\$/ano)	(E13 sej/ano)	(\$/ano)
Recursos Renováveis	76	91	76	91
Estoques Não Renováveis	64	76	35	41
Acúmulo de Matéria Orgânica do Solo (MOS)	181	216	1014	1207
Recursos Comprados (Insumos)	16	19	69	82
Produção (Acúmulo de MOS incluído de (MOS)	156	186	180	214
Produção (Acúmulo de MOS (incluído como produção)	337	401	1194	1422
ÍNDICES	RESULTADOS DOS SISTEMAS			
% Renovável	0.49		0.42	
Taxa de Carga Ambiental (<i>Environmental Loading Ratio</i>)	1.04		1.36	
Taxa de Investimento de Emergia (<i>Emergy Investment Ratio</i>)	0.12		0.62	
Taxa de Produção de Emergia (<i>Emergy Yield Ratio</i>)	20.68		17.27	
Taxa de Produção de Emergia excluindo acúmulo de MOS	9.56		2.60	
Recursos Não Renováveis / Renováveis	0.83		0.81	
Densidade de Emergia (<i>Empower Density</i>)	3.37E+15		1.19E+16	
Índice de Sustentabilidade (<i>Emergy Sustainability Index</i>)	19.80		12.68	

Como seria de se esperar, sob tal cenário de compensação por serviços ambientais, em especial aqueles relacionados ao seqüestro de carbono, os produtores rurais perceberiam uma enorme vantagem comparativa, pois compensação seria oferecida por um recurso mantido no interior do sistema de produção. O valor total em

"dólares emergéticos" da produção sem queima nesse caso alcançaria Em\$ 1.340,00/ha/ano, comparativamente a Em\$ 132,00 quando somente as culturas e produtos madeiráveis perfazem as saídas comercializáveis do sistema. O lucro em "dólares emergéticos" do sistema de derrubada-e-queima alcançaria Em\$ 382,00/ha/ano, também uma melhoria considerável. Em ambos os casos, é claro, os índices de sustentabilidade são amplamente aumentados.

Esta análise hipotética sugere que em um cenário de compensação pelo seqüestro de carbono, no qual a sociedade em geral contribuiria com incentivos para a conservação ambiental no desenvolvimento de atividades agrícolas e florestais, práticas de manejo sem queima seriam amplamente vantajosas e poderiam contribuir para melhorar a sustentabilidade dos usos da terra na Amazônia.

4. CONCLUSÃO

A avaliação emergética realizada com base nos sistemas de derrubada-e-queima e derrubada-e-cobertura morta (sem queima) definidos como típicos indicou que enquanto a produção com queima depende primariamente em recursos da natureza, o sistema sem queima é mais dependente de insumos adquiridos. Esta diferença é crucial e torna vantajoso aos produtores aterem-se na queima para a limpeza e preparo do solo para plantio. Melhorias significativas seriam necessárias nas operações de manejo da capoeira sem queima para produção de cobertura morta, assim como na recuperação e fixação de nutrientes, para fazer o sistema de produção sem queima competitivo nesses termos.

Avaliações dos estabelecimentos rurais reais que pratiquem esses diferentes sistemas de manejo deveriam ser executadas para verificar a existência de possíveis alternativas empregadas pelos produtores para melhorar sua eficiência. Ademais, arranjos sociais entre os produtores, que pudessem favorecer o uso coletivo compartilhado de recursos e equipamentos, deveriam receber atenção especial no âmbito de políticas de desenvolvimento. Finalmente, uma avaliação local em nível de comunidade poderia permitir o entendimento de outras vantagens não propriamente no âmbito das propriedades rurais apenas, sejam vantagens sociais, econômicas ou ambientais, que pudessem compensar os ampliados recursos demandados pela agricultura sem queima.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por uma bolsa de pós-doutorado para execução de parte desse trabalho. Este estudo é parte do programa SHIFT, apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Project ENV-25), Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia do Pará - FUNTEC e Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Subprograma de Ciência e Tecnologia - PPG/7 Brasil, e pelo Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) / Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR, Project 01LT0012), Alemanha.