

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS
AGRÍCOLAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL CULTIVADOS
COM TECNOLOGIA DE TRITURAÇÃO DE CAPOEIRA¹

Antônio Carlos Reis de Freitas²
Eliane Gonçalves Gomes³

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados da avaliação econômica e da eficiência técnica de sistemas agrícolas cultivados com tecnologia de trituração de capoeira por unidades familiares camponesas da Amazônia Oriental. A tecnologia de trituração de capoeira, ou *mulch*, consiste na trituração da biomassa aérea da vegetação de pousio (capoeira) para reduzir a perda de nutrientes e formar uma cobertura morta. A eficiência técnica foi medida com modelos de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis (DEA)), considerando-se retornos variáveis de escala, para comparar a eficiência técnica no curto prazo dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* em relação aos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima. A avaliação econômica foi feita pela análise comparativa da rentabilidade por trabalhador equivalente e por hectare cultivado com uso da tecnologia de trituração de capoeira e com sistemas cultivados com práticas de derruba e queima. Os sistemas de culturas temporárias (mandioca, feijão e milho) cultivados com práticas de derruba e queima proporcionaram maior eficiência técnica e melhor avaliação econômica, enquanto sistemas de culturas permanentes (maracujá) cultivados com tecnologia *mulch* proporcionaram maior eficiência técnica e pior desempenho econômico em comparação com os sistemas cultivados com práticas de derruba e queima.

Termos para indexação: agricultura familiar, tecnologia *mulch*, práticas de derruba e queima, desempenho econômico, eficiência técnica.

¹ Artigo aceito para publicação em novembro de 2005.

² Agrônomo, Doutor em Desenvolvimento Sustentável dos Trópicos Úmidos (NAEA/UFPA); Pesquisador da Embrapa Meio Norte; Av. Duque de Caxias 5650, Buenos Aires, 64006-220, Teresina, PI; carlos@cpamn.embrapa.br

³ Engenheira química, Doutora em Engenharia de Produção (COPPE/UFRJ); Pesquisadora da Embrapa – Secretaria de Gestão Estratégica (SGE); Parque Estação Biológica, W3 Norte (final), Asa Norte, 70770-901, Brasília, DF; eliane.gomes@embrapa.br

A. C. R. de Freitas e E. G. Gomes

ECONOMIC PERFORMANCE EVALUATION AND TECHNICAL
EFFICIENCY SCORES OF AGRICULTURAL SYSTEMS
APPLYING MULCH TECHNOLOGY IN EASTERN AMAZON

ABSTRACT

In this paper the effects of introducing mulch technology, mechanised chopping of the follow vegetation in farm family units in the region of Brazil known as Eastern Amazon are evaluated. The proposed approach includes social research, experimental design and thematic model to calculate economic performance indicators and technical efficiency scores, which were determined using Data Envelopment Analysis models in order to compare agricultural systems applying mulch technology to those using slash-and-burn agriculture. The results indicate that systems of annual crops (e.g. beans, maize and cassava) using slash-and-burn technology were more efficient with a better economic performance. On the other hand, agricultural systems of permanent crops (e.g. passion-fruit) using mulch technology had higher efficiency scores, but lower economic performance when compared to those that used slash-and-burn technology. The paper concludes that the economic viability of mulch technology demands the reduction of the hour/machine cost, as well as the increase of the family monetary returns, by intensifying land use with vegetables such as West Indian gherkin (burr cucumber), sweet pepper and eggplant in the temporary production systems.

Index terms: slash-and-burn agriculture, rural family labor, agricultural systems, production systems, Data Envelopment Analysis.

INTRODUÇÃO

No início dos anos 90, com o aprofundamento da crise ecológica global do padrão técnico produtivista na agricultura, o sistema internacional de pesquisa agropecuária passou por uma reorganização institucional visando facilitar a implementação de empreendimentos de pesquisas em condições de campo mais próximas da realidade dos camponeses das regiões tropicais. A partir de então, houve o inter-relacionamento entre a crise ecológica global e a mudança técnica da agricultura camponesa de derruba e queima da Amazônia Oriental (FREITAS, 2004).

Nesse contexto, o Projeto Shift Capoeira (envolvendo Embrapa Amazônia Oriental, Universidade Federal do Pará, Universidade de Bonn e Universidade de Göttingen) implementou um conjunto de ações de pesquisa

visando gerar alternativas tecnológicas ao uso do fogo na agricultura camponesa da Amazônia Oriental. Nesse sentido, a partir dos resultados de pesquisa agrônômica, esse projeto propôs a introdução da tecnologia *mulch*, ou trituração de capoeira, no processo produtivo de unidades familiares camponesas que utilizavam sistemas de pousio arbustivo.

O sistema agrícola cultivado com tecnologia *mulch* consiste em um método de preparo do solo sem uso do fogo, associado, fundamentalmente, a duas inovações tecnológicas: a trituração e o enriquecimento de capoeira. A trituração de capoeira consiste na trituração da biomassa aérea da vegetação de pousio (capoeira) para reduzir a perda de nutrientes e formar uma cobertura morta (KATO; KATO, 2000). Já o enriquecimento de capoeira envolve o plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido, com vistas a diminuir o período de pousio e acumular biomassa na vegetação de pousio (BRIENZA JR. et al., 2000).

As chances de as tecnologias desenvolvidas pelo Projeto Shift Capoeira transformarem-se em força produtiva, ou seja, em meios de produção, foram discutidas inicialmente por Costa (1998) que, ao analisar as possibilidades da mecanização pesada na agricultura camponesa, destacou a importância do rendimento do trabalho familiar no processo decisório da unidade familiar, cuja preferência por determinada tecnologia depende de critérios que assegurem sua eficiência reprodutiva.

Partindo-se dessa perspectiva, Freitas (2004) realizou um estudo sobre os impactos provocados pela introdução da tecnologia *mulch* no processo produtivo de unidades familiares da Amazônia Oriental. A pesquisa visou responder à seguinte pergunta: que tipos de benefícios privados e impactos socioeconômicos são auferidos às unidades familiares que usam sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*? A resposta a esta pergunta foi buscada em um ensaio experimental que envolveu 24 unidades familiares da localidade Travessa Cumaru, Município de Igarapé-Açu, no Estado do Pará, durante dois ciclos anuais de produção, entre agosto de 2000 e julho de 2002.

Os dados de desempenho econômico das áreas cultivadas com uso da tecnologia *mulch* em relação às áreas cultivadas com práticas de derruba e queima foram analisados comparativamente considerando-se os parâmetros rentabilidade média por trabalhador equivalente, rendimento médio por hectare cultivado e rendimento médio por dia trabalhado.

TESE DA EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DA UNIDADE FAMILIAR CAMPONESA

Tendo uma abordagem microeconômica, Chayanov (1981) entende que a existência de um ponto de equilíbrio interno “consumo-trabalho” caracteriza a “unidade econômica camponesa”, particularidade que a diferencia da “unidade econômica capitalista”. Assim, enquanto as “formas ótimas” de organização econômica constituem uma “norma absoluta” para a “unidade capitalista”, como é o caso do cálculo da taxa de lucro, para a “unidade camponesa” a aceitação ou não de uma ação econômica depende da comparação interna de “avaliações subjetivas”. Logo, ao atingir o ponto de equilíbrio, o camponês não aumenta o produto do trabalho. Enquanto a “unidade econômica capitalista” interromperia suas atividades se a relação custo/benefício diminuísse a taxa de lucro, a unidade econômica camponesa arcaria com o menor rendimento por unidade de trabalho. Desse modo, para cada valor monetário investido para aumentar o “produto do trabalho”, o camponês avalia a satisfação das necessidades de consumo da família e o aumento da intensidade do trabalho.

No que se refere ao “produto do trabalho” (familiar), este varia conforme sua localização em relação aos mercados, a disponibilidade dos meios de produção, o tamanho e a composição da família e a qualidade da terra. A quantidade do “produto do trabalho” (familiar) durante um ciclo anual de produção é determinada pelo número de membros da família capazes de trabalhar e o seu grau de “auto-exploração”. Conseqüentemente, a economia camponesa não seria regulada pela taxa de remuneração do capital e da renda da terra, mas pelo ponto de equilíbrio entre as necessidades de consumo e a intensidade do trabalho familiar (CHAYANOV, 1981).

A partir dessa noção da especificidade camponesa, Costa (2002) defende que a racionalidade da unidade familiar camponesa orienta-se pela fusão da esfera de produção com a esfera de consumo, associadas ao balanço das necessidades do grupo familiar em relação à disponibilidade interna da capacidade de trabalho (direto ou gerencial). Dessa forma, o autor desenvolve a noção teórica de “centralidade da razão reprodutiva”, considerando três premissas básicas: a unidade produtiva camponesa tende a regular-se em seu tamanho e em sua capacidade de mudar pela capacidade de trabalho como família; a família camponesa tem um padrão reprodutivo resultante de tensões relacionadas às necessidades reprodutivas que impulsionam o trabalho, e outras originadas de tensões associadas a uma rotina de trabalho que apelam ao lazer; as relações

com os demais setores efetivam-se por múltiplas mediações, algumas imediatas, outras mediadas, que estabelecem as condições de realização de um orçamento de reprodução.

Nessa perspectiva, a disposição e a capacidade de inovar da unidade familiar camponesa atendem a critérios que asseguram, em um primeiro plano, a reprodução social do grupo familiar. O pressuposto central dessa abordagem é que o funcionamento da unidade camponesa busca fundamentalmente atender a um “padrão reprodutivo” vinculado a uma “rotina de trabalho” e a um “hábito de consumo”, sendo este conjunto de critérios subjetivos, em última instância, o elemento orientador do processo de tomada de decisões da família camponesa sobre a necessidade ou não de adquirir determinada tecnologia. Assim, ao avaliar a viabilidade de incorporar determinada inovação tecnológica ao seu processo produtivo, a unidade camponesa considera os constrangimentos (demanda de trabalho) experimentados pelos membros da família, decorrentes do uso do padrão reprodutivo atual e do futuro. Ou seja, a mudança do padrão técnico na agricultura camponesa depende da capacidade de trabalho e do padrão de consumo dos membros da família.

As possibilidades de mudança dependem também do cálculo da renda que orienta as expectativas dos agentes. Segundo Costa (2000), o cálculo da renda “co-orienta decisivamente a forma do investimento” e “amplia ou deprime os efeitos associados à eficiência e à tensão reprodutiva”, isto é, a eficiência reprodutiva varia diretamente com a renda por trabalhador equivalente, que depende de três variáveis: rentabilidade por área, área por trabalhador e intensidade do trabalho por trabalhador. Dessa maneira, o investimento, quando orientado pelo valor bruto da produção total e pela rentabilidade por trabalhador equivalente, pode efetivar-se pela maior utilização do trabalho familiar disponível na unidade camponesa, por meio da incorporação de técnicas e processos extensivos em terra e intensivo do trabalho (introdução de tecnologias mecânicas, por exemplo) ou pelo uso extensivo do trabalho (introdução de insumos químicos ou biológicos, biotecnologias, etc.).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo visou observar os rendimentos líquidos por trabalhador equivalente e por área cultivada com uso da tecnologia *mulch* em

comparação com sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima.

O ensaio experimental do tipo ex-post envolveu 24 famílias da localidade Travessa Cumaru, situada no Município de Igarapé-Açu, PA. Durante a instalação do ensaio experimental buscou-se consolidar a parceria entre pesquisadores (da Embrapa e do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos) e camponeses para a realização da pesquisa. Foram realizadas várias reuniões locais para expor os objetivos gerais da pesquisa, as quais serviram, igualmente, para a formação dos grupos previamente mencionados. A escolha por um ou outro grupo ficou sob decisão de cada família e foi decidido que a família que participasse do grupo da trituração também poderia usar “fogo” em outras roças do lote ou fora dele.

No primeiro ciclo anual de produção, entre agosto de 2000 e julho de 2001, foram formados dois grupos de observação: um grupo de 13 unidades familiares, que usou sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima e sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*, e outro grupo composto por 11 unidades familiares, que empregou exclusivamente sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima. No segundo ciclo, compreendido entre agosto de 2001 e julho de 2002, todas as unidades familiares utilizaram sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima.

Para o primeiro grupo de famílias a Embrapa disponibilizou gratuitamente a tecnologia de trituração de capoeira e o adubo químico necessário ao primeiro cultivo. As famílias camponesas despenderam a terra e a força de trabalho para a realização dos plantios, dos tratos culturais e da colheita, bem como decidiram sobre o tamanho e localização dos plantios cultivados com a tecnologia *mulch*. Em caso de prejuízo decorrente do uso da trituração de capoeira, a Embrapa responsabilizou-se pela compensação, monetária ou de serviços, às famílias prejudicadas. Para as famílias do grupo de controle usuárias das técnicas de cultivo de derruba e queima, a Embrapa disponibilizou mudas de leguminosas de crescimento rápido para o enriquecimento de capoeira (*Acacia mangium*, por exemplo).

As ações de pesquisa iniciaram-se em junho de 2000, no ato da aplicação de um questionário a 24 chefes de famílias camponesas. O questionário era composto de perguntas fechadas e abertas em relação à origem da família e sua composição, à família como unidade de produção e de consumo, aos meios de produção, ao uso das terras e apoios institucionais.

Na primeira quinzena de janeiro de 2001, todas as famílias foram visitadas para definir a participação das mesmas no ensaio experimental (o que seria cultivado, tamanho da área a ser triturada ou de capoeira a ser enriquecida). As primeiras operações, embora planejadas para o início de fevereiro de 2001, só se efetivaram no mês de março de 2001. Isso implicou no replanejamento das operações de trituração de capoeira, uma vez que, com o adiamento do início da preparação das áreas com a tecnologia *mulch*, algumas famílias camponesas alteraram o tipo de cultura a ser cultivada nas áreas trituradas. Com o uso da tecnologia *mulch* foram testados os sistemas de cultivo do feijão, feijão + maxixe, mandioca + feijão, mandioca + milho, milho + feijão e maracujá.

O registro mensal de dados, em formulário individual por família, foi feito em dois níveis: da unidade familiar camponesa, referente às atividades vinculadas à produção e ao consumo dos membros da família do lote como um todo (uso do trabalho familiar, uso do trabalho de terceiros, tipos de culturas, plantios, área plantada, área colhida, quantidade colhida, gastos com fertilizantes e pesticidas, gastos com mão-de-obra, receitas oriundas da venda de produtos e de trabalho, receita oriunda de aposentadorias e benefícios); e da área cultivada com a marcação de parcelas (50 m²), para obter dados relativos à produtividade física das culturas, por contagem (número de pés, número de covas, número de frutos) e pesagem (peso de frutos, peso de grãos, peso de raízes). As informações sobre trabalho foram lançadas por membro da família e por plantio, individualmente, (cada plantio em um registro) para permitir a comparação da capacidade produtiva das unidades familiares por trabalhador equivalente e por unidade de área. Além do formulário individual, foram usadas as técnicas de entrevista e de observação direta.

O universo da amostra abrangeu um total de 55 áreas cultivadas, sendo 34 áreas cultivadas no primeiro ciclo anual de produção (13 áreas cultivadas com uso da tecnologia *mulch* e 21 cultivadas com práticas de derruba e queima) e 21 áreas cultivadas com práticas de derruba e queima no segundo ciclo anual de produção. Para cada unidade familiar foram monitoradas as seguintes variáveis: área cultivada por plantio (mandioca, milho, feijão, maracujá, maxixe), renda líquida por área cultivada, dias trabalhados e número de trabalhadores equivalentes. A partir dessas variáveis construíram-se os indicadores área cultivada média por tipo de cultura (temporária, permanente, horta), rentabilidade média por trabalhador equivalente, rendimento médio por hectare cultivado e rendimento médio por dia trabalhado.

Na análise comparativa do desempenho econômico das áreas cultivadas com uso da tecnologia *mulch* em relação às áreas cultivadas com práticas de derruba e queima, consideraram-se os parâmetros rentabilidade média por trabalhador equivalente, rendimento médio por hectare cultivado e rendimento médio por dia trabalhado. Para realizar o teste de comparação de médias, os dados foram processados no SPSS Data Editor, utilizando-se o teste de Levene e o teste T como ferramentas estatísticas (KUTNER et al., 2004).

Para avaliar a eficiência técnica relativa das unidades familiares que adotaram sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* e com práticas de derruba e queima, utilizou-se o modelo de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis (DEA)) com retornos variáveis de escala (BANKER et al., 1984). As medidas de eficiência foram calculadas pelo software SIAD (ANGULO MEZA et al., 2004).

DESEMPENHO ECONÔMICO

Uso da terra nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*

Para entender as estratégias reprodutivas que nortearam a alocação da força de trabalho familiar nas unidades familiares camponesas nos dois ciclos de produção é importante analisar os dados sobre o uso da terra por tipo de cultura. Foram observadas 55 áreas cultivadas nos dois ciclos, das quais 13 cultivadas nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch*, com área média cultivada total de 0,84 ha, e 42 áreas cultivadas com sistemas agrícolas de derruba e queima, com área média cultivada total de 3,47 ha.

As culturas temporárias ocuparam a maior área cultivada média nos dois sistemas agrícolas, sendo 0,75 ha nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* e 1,78 ha nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima. As culturas permanentes ocuparam 0,08 ha de área cultivada média nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch* e 1,55 ha de área cultivada média nos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima. Já as hortaliças ocuparam a menor área cultivada média nos dois sistemas técnicos.

Em comparação com os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima, os sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*

apresentaram áreas cultivadas médias maiores para as culturas do milho e do feijão e menores para mandioca e maracujá. Adicionalmente, nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima, as áreas cultivadas médias das culturas da mandioca e do maracujá são superiores em comparação com as demais culturas, enquanto nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* as áreas cultivadas médias de todas as culturas são semelhantes, o que indica tendência, quando do uso dessa tecnologia, à padronização do tamanho da área cultivada média.

Ao considerar as 55 áreas cultivadas nos dois ciclos anuais, verificou-se que a área cultivada total média no segundo ciclo (3,16 ha) foi superior à área cultivada total média no primeiro ciclo (2,66 ha). Ao analisar essa evolução do uso da terra por tipo de cultura, observou-se que a área cultivada média da cultura da mandioca aumentou de 1,51 ha para 1,98 ha e a área cultivada média da cultura do maracujá diminuiu de 1,58 ha para 1,45 ha. Essa inversão na alocação da terra entre a cultura da mandioca e a cultura do maracujá, em uma seqüência curta de ciclos anuais de cultivo, pode estar relacionada tanto a ajustes visando adequar os sistemas agrícolas cultivados à disponibilidade dos recursos internos, sobretudo terra e trabalho, quanto a um viés de redução de área cultivada total decorrente do uso da tecnologia *mulch*. Essa última hipótese pode aumentar as chances de adoção da tecnologia *mulch* pelos benefícios relacionados à mitigação ecológica que os adotantes usufruíam, já que contribuiriam para a redução dos níveis de desmatamento na Amazônia.

Uso do trabalho familiar nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*

Os sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* demandaram menor quantidade média de força de trabalho familiar, 36,33 dias trabalhados, sendo 20,72 dias nas culturas temporárias, 13,65 dias nas culturas permanentes e 1,96 dias trabalhados no cultivo de hortaliças. Já os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima demandaram em média 328,34 dias trabalhados por unidade familiar, com 84,71 dias trabalhados nas culturas temporárias, 208,88 dias nas culturas permanentes e 34,75 dias no cultivo de hortaliças.

Nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*, as culturas temporárias e permanentes demandaram a mesma quantidade de força de

trabalho familiar. Por sua vez, nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima, as culturas permanentes demandaram mais da metade do total da força de trabalho familiar. Isso evidencia que as estratégias produtivas baseadas nas culturas permanentes são intensivas no uso do trabalho. Logo, na medida em que a maior ou menor disponibilidade de força de trabalho familiar seja um elemento restritivo da capacidade produtiva da unidade familiar, esta tenderá a escolher o sistema agrícola que melhor ajuste-se à sua disponibilidade de recursos internos (terra e trabalho).

A força de trabalho familiar, além do tempo de produção da cultura, tem grande peso na tomada de decisão da unidade familiar camponesa. Assim, a análise da alocação da força de trabalho familiar nos sistemas agrícolas para cada tipo de cultura facilita a compreensão das diferentes dinâmicas de alocação da terra que foram adotadas pelas unidades familiares nos dois ciclos em estudo. Os sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* demandaram as menores quantidades médias de dias trabalhados por tipo de cultura. Observa-se, ainda, que as culturas do maracujá e da mandioca demandaram as maiores quantidades de força de trabalho familiar nos dois sistemas agrícolas, ao passo que a cultura do feijão demandou a mesma quantidade de força de trabalho familiar.

Análise comparativa da renda líquida por área cultivada total

Os dados de renda líquida média por área cultivada total nos dois ciclos anuais de produção para o conjunto das 55 áreas cultivadas mostram que o valor da renda líquida média total nos sistemas agrícolas de derruba e queima foi de R\$ 5.956,64, superior à renda líquida média total nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch*, no valor de R\$ 95,31. Para as áreas de culturas permanentes, os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima resultaram em renda líquida média superior a dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*, R\$ 3.899,05 e R\$ 119,29, respectivamente.

Entretanto, nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* os rendimentos líquidos médios das culturas permanentes e dos cultivos de hortaliças foram similares e próximos a zero. Dentre os componentes do custo de produção, o custo da operação trituração de capoeira, no valor de R\$ 644,67/ha, foi o que exerceu maior interferência na diminuição da renda líquida dos sistemas

agrícolas com tecnologia *mulch*. A renda líquida média nos sistemas com tecnologia *mulch* oscilou desde valores negativos, observados na cultura do milho R\$ -195,96 e na cultura do feijão R\$ -87,07, até valores positivos como os apresentados pela cultura da mandioca R\$ 8,32, do maracujá R\$ 775,42, e do maxixe R\$ 548,48. No caso da cultura do maxixe, a renda líquida média das áreas cultivadas nos sistemas cultivados com tecnologia *mulch* superou a renda líquida média das áreas desta cultura nos sistemas agrícolas de derruba e queima.

Ao considerar-se que no primeiro ciclo foram cultivadas áreas nos dois sistemas técnicos (tecnologia *mulch* e derruba e queima) e que no segundo ciclo todas as áreas foram cultivadas nos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima, pode-se afirmar que os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima proporcionaram maiores rendimentos líquidos para todos os tipos de culturas (temporárias, permanentes e hortaliças). Dessa forma, a adoção dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* no primeiro ciclo (agosto de 2000 a julho de 2001) provocou a redução nos rendimentos líquidos por área cultivada total.

Análise comparativa da renda líquida por hectare cultivado

No 1º ciclo anual de produção, observou-se que os rendimentos líquidos médios por hectare cultivado nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch* (R\$ 180,00) foram inferiores aos dos sistemas agrícolas com práticas de práticas de derruba e queima (R\$ 1.878,23). As hortaliças e culturas permanentes proporcionaram os melhores rendimentos nos dois sistemas técnicos, sendo negativos os rendimentos médios líquidos por hectare de culturas temporárias nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch*: R\$ -64,35 para mandioca, R\$ -497,07 para milho e R\$ -104,22 para feijão.

A renda líquida por hectare da cultura do maxixe nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* foi superior à dos sistemas com práticas de derruba e queima (Fig. 1). No caso da cultura do maracujá, a renda líquida por hectare desta cultura nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* (R\$ 1.673,11) é estatisticamente similar à dos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima (R\$ 2.370,84).

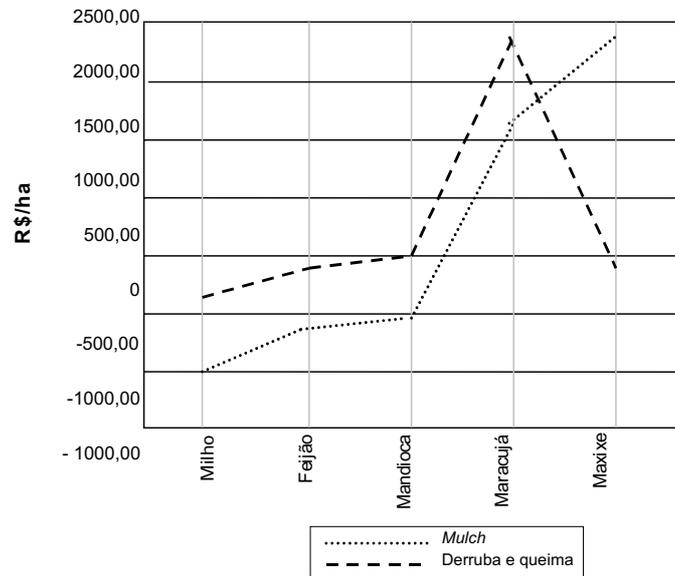


Fig. 1. Renda líquida média por hectare cultivado por cultura, nos dois sistemas técnicos.

Análise comparativa do rendimento médio por dia trabalhado

A comparação dos rendimentos líquidos médios por dia trabalhado indica que o valor observado nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* (R\$ -5,27) foi inferior àquele nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima (R\$ 7,67).

A análise por tipo de cultura mostra que nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* o rendimento líquido por dia trabalhado nas culturas temporárias, com valor médio de R\$ -15,41, foi menor do que nos sistemas com práticas de derruba e queima, média de R\$ 17,74. Portanto, nas áreas de culturas temporárias e permanentes, os rendimentos por dia trabalhado foram maiores para os sistemas com práticas de derruba do que nos sistemas com *mulch*. Nas áreas de hortaliças, porém, o rendimento líquido médio por dia trabalhado igualou-se nos dois sistemas técnicos.

Para as áreas cultivadas com tecnologia *mulch*, o menor rendimento líquido médio por dia trabalhado foi observado na cultura do milho e o maior na

cultura do maxixe. Na cultura do feijão e na cultura do maracujá, os dois sistemas técnicos proporcionaram o mesmo rendimento líquido médio por dia trabalhado, ao passo que os sistemas com práticas de derruba e queima proporcionaram maior valor para a cultura da mandioca, conforme Fig. 2.

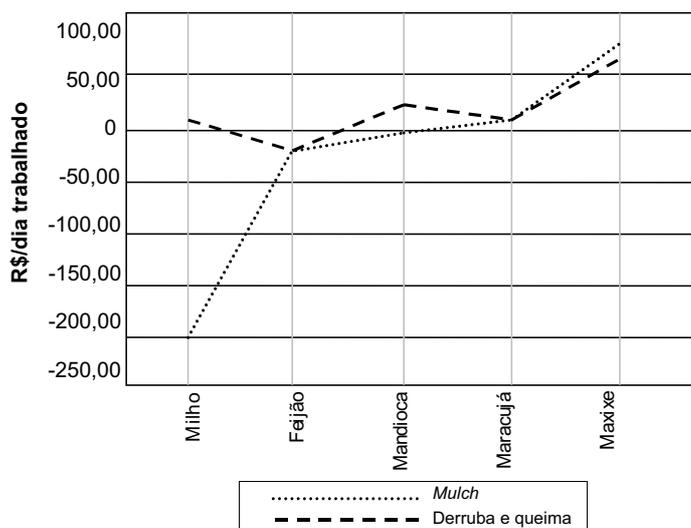


Fig. 2. Rendimento médio por dia trabalhado por cultura, nos dois sistemas técnicos.

Uma explicação para o excelente desempenho da cultura do maxixe nos dois sistemas agrícolas é a extensão do ciclo de produção desta cultura, que é curto (no máximo 60 dias). Assim, como o intervalo de tempo de ocupação das áreas cultivadas tem pouca duração, os custos da preparação dessas áreas podem ser rateados em uma seqüência de culturas dentro de um mesmo ciclo anual de produção. Nesse sentido, compreende-se que o cultivo da cultura do maxixe nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* pode ser promissor.

Análise comparativa da rentabilidade média do trabalho familiar

A rentabilidade média por trabalhador equivalente avalia a remuneração média obtida por cada trabalhador da unidade familiar em um ciclo de produção

e é um dos principais indicadores deste trabalho, para analisar comparativamente o desempenho econômico dos sistemas agrícolas cultivados com *mulch* (em um total de 13 áreas cultivadas) em relação aos sistemas cultivados com derruba e queima (42 áreas).

A rentabilidade total por trabalhador equivalente ocupado nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima (média de R\$ 1.549,65) foi superior à dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* (valor médio de R\$ 39,78). Esta diferença na rentabilidade média por trabalhador equivalente nos dois sistemas técnicos tem significância estatística ($F = 9,35$; $p < 0,01$; $T = 3,48$; 53 ; $p < 0,01$).

As culturas temporárias nos sistemas cultivados com *mulch* produziram a menor rentabilidade média por trabalhador equivalente (R\$ - 42,38); a maior rentabilidade média foi a do cultivo de hortaliças (R\$ 51,51). Nos sistemas com práticas de derruba e queima, a maior rentabilidade média por trabalhador equivalente foi proporcionada pelas culturas permanentes (R\$ 1.112,33). A maior rentabilidade média por trabalhador equivalente foi obtida pela cultura do maracujá com uso do sistema de derruba e queima, superior ao valor no sistema com tecnologia *mulch* (Fig. 3).

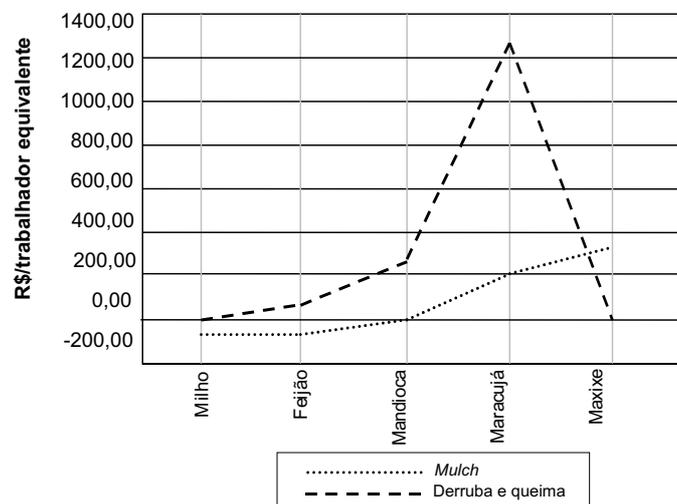


Fig. 3. Rentabilidade média por trabalhador equivalente, por cultura e sistema de cultivo.

Estes resultados são consistentes com as observações de campo que mostraram que a ampliação das áreas da cultura do maracujá cultivadas nos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima constituem estratégias produtivas daquelas unidades familiares, com vistas a intensificar o uso da terra e do trabalho. Entretanto, ressalta-se que nos estágios iniciais de crescimento, as culturas permanentes (como o maracujá), auferem rentabilidade média menor ou mesmo negativa. Contudo, ao atingirem a maturidade, essas culturas participam com a maior parcela do valor da rentabilidade média por trabalhador equivalente.

Desde que a rentabilidade total por trabalhador equivalente seja satisfatória por contínuos ciclos anuais de produção, pequenas oscilações na rentabilidade média do trabalho das culturas permanentes não comprometem o desempenho econômico dessas unidades familiares, uma vez que as estratégias produtivas baseadas nesse tipo de cultura buscam a estruturação de sistemas produtivos com áreas cultivadas em diferentes estágios de formação. Conseqüentemente, na fase inicial da estruturação de sistemas agrícolas baseados em culturas permanentes, os recursos internos das unidades familiares são fortemente requeridos, especialmente terra e trabalho. Do mesmo modo, são requeridos consideráveis montantes de recursos externos, sobretudo pela necessidade de aquisição de insumos químicos. Neste caso, a intervenção pública, por meio de mecanismos de crédito rural, pode facilitar a adoção desse tipo de estratégia.

Ao compararem-se as rentabilidades médias por trabalhador equivalente por ciclo de produção (34 no 1º ciclo, 13 cultivadas com sistema *mulch* e 21 com derruba e queima, e 21 áreas no 2º ciclo, todas com sistema de derruba e queima), independentemente do sistema agrícola de preparo do solo adotado, verifica-se que o valor do 2º ciclo de produção (R\$ 1.555,94) foi superior ao do 1º ciclo (R\$ 968,00), conforme Fig. 4. Na avaliação por tipo de cultura nota-se que as culturas permanentes proporcionaram as maiores rentabilidades médias por trabalhador equivalente nos dois ciclos de produção, sendo que as rentabilidades médias do trabalho familiar equipararam-se nos cultivos de hortaliças.

A rentabilidade média por trabalhador equivalente no segundo ciclo foi superior à rentabilidade média do primeiro ciclo para os três tipos de culturas. Como no primeiro ciclo foram cultivados sistemas agrícolas com tecnologia

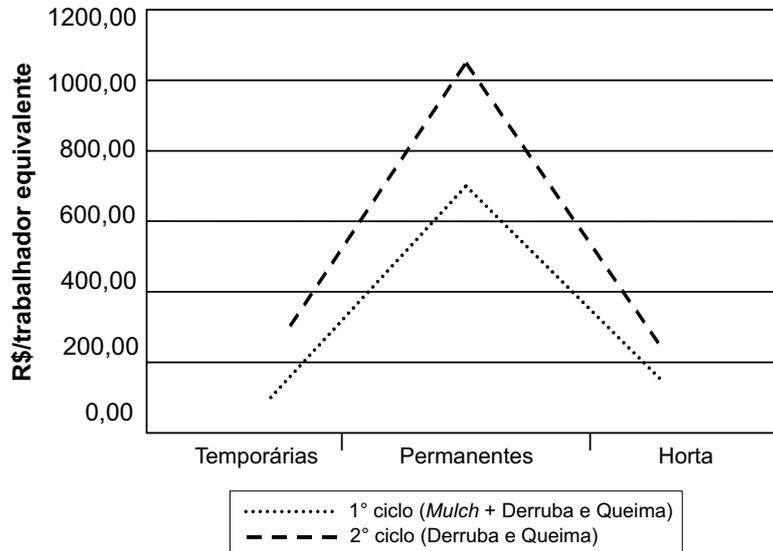


Fig. 4. Rentabilidade média por trabalhador equivalente.

mulch e com práticas de derruba e queima, enquanto no segundo ciclo foram cultivados exclusivamente sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima, conclui-se que a menor rentabilidade média do trabalho observada no primeiro ciclo deveu-se à adoção da tecnologia *mulch*.

Destaca-se ainda que no curto prazo podem ocorrer pequenas oscilações nos níveis da rentabilidade média total do trabalho familiar, sobretudo em virtude da influência exercida pelos diferentes estágios de maturação das culturas permanentes. Nesse sentido, o valor da rentabilidade média do trabalho observado nos diferentes tipos de culturas, embora sirva como parâmetro para analisar o uso do trabalho, nem sempre reflete o efetivo desempenho econômico que as unidades familiares camponesas experimentaram no ciclo anual de cultivo.

Portanto, ao utilizar a rentabilidade do trabalho familiar como parâmetro da análise de desempenho econômico de unidades familiares camponesas, essas oscilações devem ser consideradas como indicadores de tendências esperadas, previsíveis no curto prazo, podendo-se constituir, ou não, em tendências de longo prazo. Logo, se houver evidências fortes de tendência de queda na rentabilidade do trabalho para uma longa seqüência de ciclos, a configuração

de uma situação de ameaça (crise) à reprodutibilidade da unidade familiar pode ser detectada previamente.

DISCUSSÃO

O monitoramento das operações agrícolas, vendas e compras das unidades familiares consistiu em uma ação de pesquisa complexa e de difícil implementação. Isso porque as famílias camponesas, embora tenham uma boa memória do cotidiano do seu lote, não usam controles contábeis. Assim, a colaboração das famílias para o êxito das atividades de pesquisa necessitou da organização de uma rotina de registros das informações relevantes, bem como a prática de um diálogo permanente por meio de reuniões e contatos individuais com o grupo amostrado.

Ao analisar a planilha de custos de produção dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*, observa-se que a operação trituração de capoeira, cujo valor estimado foi de R\$ 143,9/hora, foi o componente que mais concorreu para a redução da renda líquida média. Esse custo operacional encontra-se muito acima do valor de R\$ 25,00 cobrado no mercado para operações mecânicas similares. Do ponto de vista estritamente econômico, a introdução da tecnologia *mulch* nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima provocou a diminuição da rentabilidade média do uso da terra e do uso do trabalho familiar das unidades familiares camponesas.

Impactos positivos sobre a rentabilidade da terra e do trabalho das unidades familiares podem ser alcançados com a redução do custo operacional do processo de trituração de capoeira na Amazônia Oriental. Esta redução pode ser obtida pela diminuição do custo total do equipamento de trituração (pela fabricação nacional), bem como por políticas públicas que facilitem o acesso à tecnologia *mulch* por meio de serviços de mecanização de instituições públicas, cooperativas ou associações de agricultores. As linhas de crédito ambiental, como o Proambiente⁴, podem constituir-se em instrumentos que facilitem a disponibilização da tecnologia *mulch* para esses produtores rurais.

Ademais, o rendimento líquido por unidade de área cultivada com tecnologia *mulch* pode ser elevado pela intensificação do uso da terra, com a

⁴ Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural na Amazônia – Proambiente.

adoção de culturas de ciclos de produção curtos (hortaliças, por exemplo) que poderiam ser intercaladas com sistemas de culturas temporárias (mandioca, feijão e milho). A agregação de valor aos produtos gerados nesses sistemas produtivos, especialmente pela certificação ambiental, é uma outra possibilidade, uma vez que as unidades familiares podem ser bonificadas pela prestação de serviços ambientais à sociedade, já que ao usarem a tecnologia *mulch* reduzem a emissão dos gases de efeito estufa (provenientes das queimadas agrícolas).

Nesse contexto, é importante a inclusão de técnicas da agricultura orgânica nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*, particularmente, da técnica de compostagem sobre parte da palhada (*mulch*), de modo a antecipar a disponibilidade dos nutrientes contidos na biomassa vegetal. Esse procedimento dispensaria o uso da adubação química e adequaria o processo produtivo das unidades familiares camponesas às normas requeridas pelas certificadoras de produtos ecológicos.

EFICIÊNCIA TÉCNICA

Os constrangimentos e as oportunidades do meio envolvente determinam a escolha, pela unidade familiar camponesa, dos tipos de culturas (temporárias, permanentes, hortaliças) a cultivar. Essa escolha estrutura o sistema de produção agrícola que melhor ajuste-se à disponibilidade de recursos internos (especialmente terra e trabalho) para obter rendimentos satisfatórios.

Como consequência, a eficiência técnica da unidade familiar exprime os resultados obtidos em uma seqüência de ciclos de produção; no curto prazo, reflete os acertos e desacertos de decisões tomadas pela unidade familiar ao longo das trajetórias dos sistemas produtivos adotados em ciclos anteriores.

Análise de Envoltória de Dados

A eficiência técnica no curto prazo das unidades familiares camponesas foi medida com o uso de modelos de Análise de Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis (DEA)) (COOPER et al., 2000). O objetivo é conhecer melhor a magnitude da interferência que a adoção de sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* pode exercer sobre a eficiência técnica das unidades familiares camponesas da Amazônia Oriental.

A abordagem por DEA, que utiliza problemas de programação linear (PPLs) para estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), é capaz de incorporar diversos inputs (entradas, recursos, insumos ou fatores de produção) e outputs (saídas ou produtos) para o cálculo da eficiência de unidades tomadoras de decisão, designadas por DMUs (Decision Making Units). Os PPLs de DEA otimizam cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto-eficientes. Essas unidades servem como referência ou *benchmark* para as unidades ineficientes.

Há dois modelos DEA clássicos. O modelo CCR (também conhecido por CRS ou *constant returns to scale*), que trabalha com retornos constantes de escala (CHARNES et al., 1978) e assume proporcionalidade entre inputs e outputs. O modelo BCC (ou VRS), devido a Banker et al. (1984), considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade. São possíveis, tradicionalmente, duas orientações para esses modelos: orientação a inputs, quando deseja-se minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção; orientação a outputs, quando o objetivo é aumentar os produtos, sem mexer nos recursos utilizados.

Existem duas formulações equivalentes para DEA. De forma simplificada, pode-se dizer, segundo Gomes (2003), que uma das formulações (modelo do Envelope) define uma região viável de produção e trabalha com uma projeção de cada DMU na fronteira dessa região. A outra formulação (modelo dos Multiplicadores) trabalha com a razão de somas ponderadas de produtos e recursos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições.

Neste artigo foi usado o modelo DEA BCC, já que as unidades familiares apresentam diferenças de escala significativas. Em (1) e em (2) apresentam-se, respectivamente, o modelo DEA BCC dos Multiplicadores e do Envelope, com orientação a inputs, já que neste artigo busca-se saber em quanto as unidades familiares ineficientes deveriam reduzir os recursos usados, de modo a aumentar a eficiência, sem alterar as quantidades produzidas. Considera-se que cada DMU k , $k = 1 \dots n$, é uma unidade de produção que utiliza r inputs x_{ik} , $i = 1 \dots r$, para produzir s outputs y_{jk} , $j = 1 \dots s$.

Em ambas as formulações h_o é a eficiência da DMU o em análise; x_{io} e y_{jo} são os *inputs* e *outputs* da DMU o . Em (1), v_i e u_j são os pesos calculados pelo modelo para *inputs* e *outputs*, respectivamente; u_* é a variável dual associada à condição $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ da formulação (2) e é interpretado como fator de escala: quando positivo, indica retornos decrescentes de escala; quando negativo, indica retornos crescentes de escala; caso seja nulo, a situação é de retornos constantes de escala. Em (2), λ_k representa a contribuição da DMU k na formação do alvo da DMU o .

$$\begin{aligned} \text{Max } Eff_o &= \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} - u_* \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^r v_i x_{io} &= 1 \\ -\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - u_* &\leq 0, \quad k=1, \dots, n \\ v_i &\geq 0, \quad i=1, \dots, r \\ u_j &\geq 0, \quad j=1, \dots, s \\ u_* &\in \Re \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \text{Min } h_o \\ \text{sujeito a} \\ h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k &\geq 0, \quad i=1, \dots, r \\ -y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k &\geq 0, \quad j=1, \dots, s \\ \sum_k \lambda_k &= 1 \\ \lambda_k &\geq 0, \quad k=1, \dots, n \end{aligned} \tag{2}$$

Modelagem, Resultados e Discussão

O modelo DEA BCC foi aplicado a 42 áreas cultivadas (42 DMUs) nos dois ciclos de produção, das quais 38 áreas cultivadas nos sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima e 4 áreas cultivadas nos sistemas agrícolas com tecnologia *mulch*. Nesta análise, das 55 áreas originalmente consideradas, foram descartadas as 13 que apresentaram resultados negativos. Como inputs foram considerados “área cultivada” e “dias trabalhados”; renda líquida é o output.

Foram feitas análises isoladas para as culturas permanentes e temporárias (para as hortaliças, pelo número reduzido de observações, foram consideradas somente as produtividades parciais), assim como uma análise considerando os recursos e os resultados globais nos três tipos de culturas. Foram igualmente testados modelos para as situações de renda líquida atual (custos atuais da operação trituração de capoeira no valor de R\$ 143,90), intermediária e ideal (cenário com custos de trituração de R\$ 25,00/hora máquina).

A Fig. 5 apresenta as medidas de eficiência técnica para ambos os sistemas de cultivo em estudo, considerando a situação atual de renda líquida.

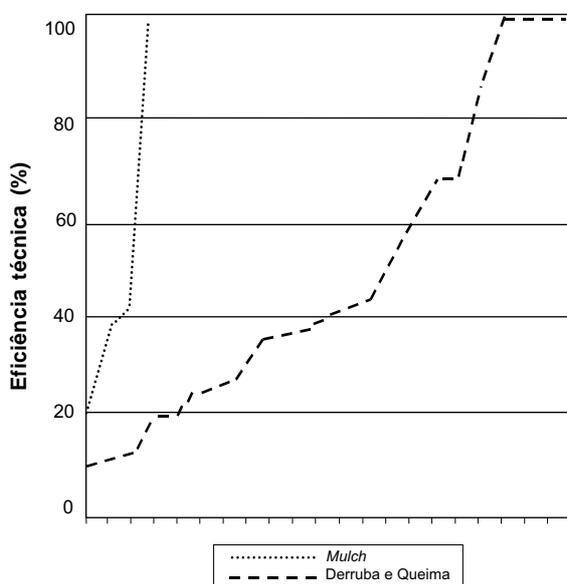


Fig. 5. Eficiência técnica para os dois sistemas técnicos em estudo (situação atual).

Observou-se que a eficiência técnica das unidades familiares que adotaram sistemas agrícolas com tecnologia *mulch* oscilou entre 20% e 100%. Já para as unidades familiares que adotaram sistemas agrícolas com práticas de derruba e queima, o valor da eficiência técnica variou de 10% a 100%. Verifica-se, ainda, que o tipo de sistema de cultura adotado exerceu forte influência na eficiência produtiva das unidades familiares, de maneira que a adoção de sistemas produtivos com a cultura do maracujá proporcionou maiores níveis de eficiência nos dois sistemas técnicos, ao passo que a cultura do milho exerceu influência negativa sobre o valor da eficiência técnica.

Adicionalmente, as unidades familiares que adotaram sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima foram mais eficientes do que as unidades familiares que adotaram sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch*.

Os modelos DEA identificam os *benchmarks*, unidades eficientes cujas práticas servem de referência para as unidades ineficientes. É em relação a essas unidades que são calculados os alvos (ou metas) para que as unidades ineficientes tornem-se 100% eficientes. Os *benchmarks* para a situação atual, considerando todas as culturas globalmente, são descritos a seguir:

- Unidade familiar do Sr. Manoel Pinheiro (mandioca e maracujá): renda líquida de R\$ 18.840,00; produtividade total igual a R\$ 2.063,53 por hectare cultivado e R\$ 25,86 de rendimento por dia trabalhado. Usou 9,13 ha de área cultivada com práticas de derruba e queima e 728,41 dias de trabalho.
- Unidade familiar do Sr. Edinilson (mandioca, milho, feijão e maracujá): rendimento líquido no valor de R\$ 17.282,00; produtividade total no valor de R\$ 2.743,17 por hectare cultivado e R\$ 37,17 de rendimento por dia trabalhado. Empregou 6,30 h de área cultivada com práticas de derruba e queima e 554,47 dias de trabalho.
- Unidade familiar do Sr. Nô (mandioca e maracujá): renda líquida de R\$ 15.959,00; produtividade total de R\$ 3402,77 por hectare cultivado e R\$ 83,42 de rendimento por dia trabalhado. Trabalhou 191,25 dias e cultivou 4,69 ha com práticas de derruba e queima.
- Unidade familiar do Sr. Patinha (maracujá): rendimento líquido no valor de R\$ 3.688,00; produtividade total de R\$ 5.122,22 por hectare cultivado

e R\$ 29,62 de rendimento por dia trabalhado. Usou 0,72 ha de área cultivada com práticas de derruba e queima e 124,50 dias de trabalho.

- Unidade familiar do Sr. Tota (feijão): renda líquida de R\$ 221,00; produtividade total no valor de R\$ 1.381,25 por hectare cultivado e R\$ 18,42 de rendimento por dia trabalhado. Cultivou 0,16 ha com práticas de derruba e queima e usou 12 dias de trabalho.

Embora a unidade familiar do Sr. Manoel Pinheiro (mandioca e maracujá) tenha obtido maior renda líquida por área cultivada total, teve o menor rendimento por hectare cultivado e por dia trabalhado em comparação com unidades familiares do Sr. Edinilson (mandioca, milho, feijão e maracujá), do Sr. Nô (mandioca e maracujá) e do Sr. Patinha (maracujá). Por sua vez, a unidade familiar do Sr. Tota (feijão) obteve rendimento líquido e produtividade total menor do que as demais unidades familiares de referência.

Para a avaliação que considerou somente culturas temporárias em ambos os sistemas de cultivo, as unidades familiares de referência foram as descritas a seguir:

- Unidade produtiva do Sr. Nô (mandioca): renda líquida de R\$ 1.200,00; produtividade total no valor de R\$ 902,26 por hectare cultivado e rendimento por dia trabalhado no valor de R\$ 240,00; 1,33 ha de área cultivada e 5 dias de trabalho.
- Unidade produtiva do Sr. Tota (feijão): rendimento líquido no valor de R\$ 221,00; R\$ 1.381,25 por hectare cultivado e R\$ 18,42 de rendimento por dia trabalhado; 0,16ha de área cultivada e 12 dias de trabalho.
- Unidade produtiva do Sr. Tontonho (mandioca): renda líquida de R\$ 146,50; R\$ 443,94 por hectare cultivado e R\$ 168,00 por dia trabalhado; 0,33 ha de área cultivada e 0,87 dia de trabalho;
- Unidade produtiva do Sr. Decão (mandioca): rendimento líquido no valor de R\$ 60,00; R\$ 375,00 por hectare cultivado e R\$ 25,06 por dia trabalhado; 0,16 ha de área cultivada e 3 dias de trabalho.

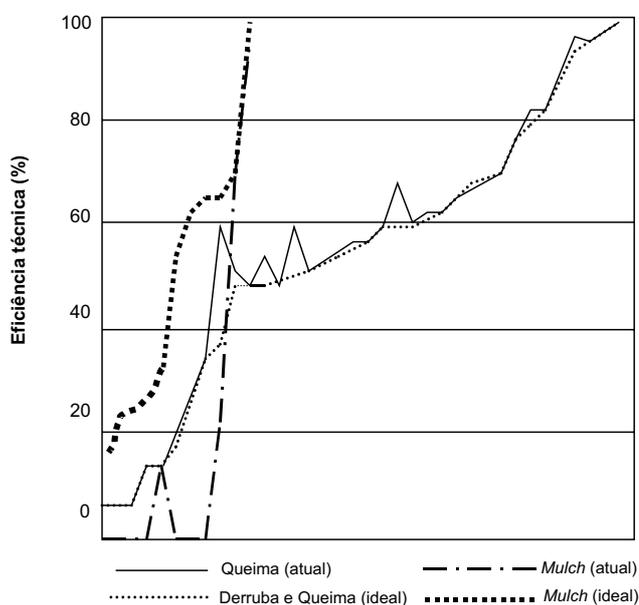
Em relação à eficiência técnica das unidades familiares camponesas que adotaram sistemas agrícolas cultivados com a cultura do maracujá, esta teve valor médio de 66%, valor superior à eficiência média das unidades familiares com sistema de culturas temporárias (49,%) e à eficiência média

total (47%) (temporárias, permanentes e hortaliças). Para esse caso, o *benchmark* foi a unidade familiar do Sr. Bilo, que usou sistema de cultivo para o maracujá com tecnologia *mulch*.

É importante destacar que, embora as unidades familiares que usaram o sistema de cultivo com tecnologia *mulch* tenham obtido, em média, eficiência técnica menor (18,3%) do que aquelas com prática de derruba e queima (57,2%) considerando o quadro atual, a avaliação com valores ideais de renda líquida aproximou os valores médios de eficiência (48,9% e 55,6% para *mulch* e derruba e queima, respectivamente), o que mostra que, no longo prazo, o sistema de cultivo *mulch* pode proporcionar valor de eficiência técnica superior ao do sistema de derruba e queima.

Na Fig. 6 comparam-se os valores de eficiência técnica nos dois cenários de custos, atual e ideal (custo operacional do uso da tecnologia trituração de capoeira de R\$ 25,00). Neste último caso, aumentam as chances de adoção da tecnologia *mulch* pelas unidades familiares camponesas, já que os níveis de eficiência técnica podem tornar-se superiores aos níveis de eficiência técnica das unidades familiares que adotarem sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima.

Fig. 6. Eficiência técnica em dois cenários.



Nesse contexto, ressalta-se ainda que neste estudo de eficiência foram considerados somente aspectos produtivos e financeiros. A inclusão de variáveis ambientais nas medidas de eficiência pode resultar em um cenário bem diferente do descrito até aqui, já que a tecnologia *mulch* pode ser considerada “limpa” em relação às práticas de derruba e queima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da tecnologia *mulch*, como alternativa tecnológica ao uso do fogo na agricultura por segmentos sociais camponeses da Amazônia Oriental, consiste em uma resposta de segmentos da pesquisa agropecuária brasileira às demandas tecnológicas da agenda de pesquisa da Cooperação Científica e Tecnológica Internacional. Essas demandas estão direcionadas para a mitigação da crise ecológica global, por meio da superação da matriz energética baseada em combustíveis fósseis (padrão técnico produtivista da agricultura). Portanto, a reorientação do padrão tecnológico da agricultura camponesa de derruba e queima para a adoção de padrões ambientais de produção e consumo (tal como o baixo uso de fertilizantes químicos pelo uso da tecnologia trituração de capoeira) é parte de um movimento mais amplo de modernização da agricultura mundial.

Os dados obtidos por meio de ensaio experimental realizado sugerem que os sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima seguem diferentes estratégias produtivas de uso da terra e do trabalho. Neste sentido, foram detectadas trajetórias que conduzem ao uso extensivo da terra com culturas temporárias e ao uso intensivo da terra e do trabalho com culturas permanentes. O aumento da área cultivada com culturas permanentes restringe a aplicabilidade massiva da tecnologia de trituração de capoeira.

Do ponto de vista econômico, os valores das rentabilidades médias por trabalhador equivalente e de rendimento líquido por unidade de área cultivada e por dia trabalhado nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* são significativamente inferiores aos valores das rentabilidades médias por trabalhador equivalente aplicado nos sistemas agrícolas cultivados com práticas de derruba e queima. Isso significa que, no curto prazo, a introdução da tecnologia *mulch* diminui a rentabilidade por trabalhador equivalente das unidades familiares camponesas. Em relação à eficiência técnica, foram igualmente

verificados menores valores para os processos produtivos com tecnologia *mulch*.

Portanto, a incorporação da tecnologia *mulch* ao processo produtivo por si só não garante o nível de remuneração do trabalho familiar. São dois os fatores principais que afetam o rendimento líquido: a baixa produtividade física (kg/ha) dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* e os altos custos de produção, especialmente o custo operacional da trituração de capoeira (R\$ 143,90/hora máquina). Dessa forma, tornam-se importantes estudos que visem à redução do custo operacional de trituração do valor de R\$ 143,9 para R\$ 25,00/hora máquina. Este cenário foi avaliado pelo modelo de eficiência técnica e mostra-se promissor. Por sua vez, a elevação do rendimento líquido por área cultivada total dos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* pode ser buscada pela intensificação do uso da terra, com a adoção de consórcios de cultivos temporários (mandioca, feijão e milho) intercalados com cultivo de hortaliças (maxixe, pimenta doce, berinjela).

A agregação de valor aos produtos gerados nos sistemas agrícolas cultivados com tecnologia *mulch* pode ser também buscada pela certificação ambiental, uma vez que propiciam serviços ambientais à sociedade.

REFERÊNCIAS

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S. de; GOMES, E. G. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for Data Envelopment Analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, Providence, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BRIENZA JR., S.; COSTA SANTOS, V.O.; PANTOJA, R. de F. R.; SÁ, T. D. de A.; VIELHAUER, K; DENICH, M.; VLEK, P.L. G. V. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2000, Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental; CNPq, 2000.

Avaliação do desempenho de sistemas agrícolas na Amazônia Oriental cultivados com tecnologia...

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHAYANOV, A. Sobre a teoria dos sistemas econômicos não capitalistas. In: SILVA, J. G. da; STOLKE, V. (Org.). **A questão agrária**. São Paulo: Brasiliense, 1981. p.133-163

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2000.

COSTA, F. A. Industrialism, peasant rationality and sustainable development in the Amazon: Theoretical-methodological directions for the project ENV 44. In: **THIRD SHIFT-WORKSHOP**, 3., 1998, Manaus. **Proceedings...** Hamburg: Universität Hamburg, 1999. p. 219-237.

_____. **Formação agropecuária da Amazônia: os desafios do desenvolvimento sustentável**. Belém: UFPA; NAEA, 2000.

_____. Macroeconomia e especificidade camponesa: uma hipótese baseada em eficiência reprodutiva para a dinâmica dos investimentos na agricultura dos Estados Unidos. **Reforma Agrária**, Campinas, SP, v. 31, n. 1, p. 9-29, jan.-abr. 2002.

FREITAS, A. C. R. **Crise ecológica e mudança técnica da agricultura camponesa de derruba e queima da Amazônia Oriental**. Belém: Universidade Federal do Pará; Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, 2004. 169 p. Tese de Doutorado.

GOMES, E. G. **Modelos de análise de envoltória de dados com ganhos de soma zero**. Rio de Janeiro: Programa de Engenharia de Produção/COPPE-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. 139 p. Tese de Doutorado.

KATO, M. S.; KATO, O. R. Preparo de área sem queima, uma alternativa para a agricultura de derruba e queima da Amazônia Oriental: aspectos agroecológicos. In: **SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL**, 2000, Belém. **Anais...**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental; CNPq, 2000.

KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C.; NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; LI, W. **Applied linear statistical models**. 5th edition. New York: McGraw-Hill, 2004.