

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DE SISTEMAS  
DE PRODUÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR EM UNAÍ, MG:  
RESULTADOS ECONÔMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS<sup>1</sup>

*José Humberto Valadares Xavier<sup>2</sup>*

*Armando Caldeira-Pires<sup>3</sup>*

*José Luiz Fernandes Zoby<sup>4</sup>*

*Marcelo Leite Gastal<sup>5</sup>*

RESUMO

Adequar-se aos princípios do desenvolvimento sustentável é, atualmente, o grande desafio das instituições de apoio ao desenvolvimento. No caso de instituições de pesquisa agropecuária esse desafio pode ser traduzido na busca por desenvolver tecnologias que garantam rentabilidade econômica aos estabelecimentos rurais ao mesmo tempo em que reduzem os impactos ambientais. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a relação entre os resultados econômicos e os impactos ambientais de quatro sistemas de produção de agricultura familiar no Município de Unaí, MG. Este estudo faz parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pela Embrapa Cerrados em parceria com a Universidade de Brasília e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) SR-28, com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O estudo utilizou o instrumento de observação do processo de produção denominado “rede de estabelecimentos de referência”. Os impactos ambientais foram analisados utilizando a metodologia de Análise do Ciclo de Vida de Produtos (ACV). Neste estudo, evidenciou-se que os sistemas mais intensivos no uso de insumos (fertilizantes e rações) alcançam maiores resultados econômicos, mas também causam maior impacto ambiental. A incorporação de ferramentas como a rede de estabelecimentos de referência e a ACV aos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das instituições de pesquisa agropecuária pode auxiliar na superação do desafio de gerar uma exploração agrícola mais ajustada aos princípios do desenvolvimento sustentável.

**Termos para indexação:** agricultura familiar, impacto ambiental, resultados econômicos, análise de ciclo de vida (ACV).

<sup>1</sup> Aceito para publicação em outubro de 2005.

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, M.Sc, Embrapa Cerrados. BR 020, Km 18, Rodovia Brasília-Fortaleza, Caixa Postal 08223, Planaltina, DF, CEP 73301-970. E-mail: jhumbert@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Químico, Ph.D., Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da Universidade de Brasília (UnB). SAS Quadra 5 Bloco H sala 200 – Brasília, DF, CEP 70070-914. E mail: armandcp@unb.br

<sup>4</sup> Engenheiro agrônomo, Ph.D., Embrapa Cerrados. E-mail: zoby@cpac.embrapa.br

<sup>5</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor, Embrapa Cerrados. E-mail: mgastal@cpac.embrapa.br

J. H. V. Xavier et al.

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF THE  
FAMILY FARM PRODUCTION SYSTEMS IN UNAÍ, MG:  
ECONOMIC RESULTS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

ABSTRACT

To cope with the principles of the sustainable development (economical viability, ecological prudence and social inclusion) is, nowadays, the great challenge of the support institutions to the development. In the case of agricultural research institutions that challenge can be translated in the search for developing technologies that guarantee economical profitability to rural establishments at the same time they reduce environmental impacts. In that context, the goal of this paper is to analyze the relationship between the economical results and environmental impacts of four production systems of family agriculture in the Municipality of Unaí, MG. The study is part of a research project developed by Embrapa Cerrados, in partnership with Brasilia University and INCRA SR-28, with CNPq's financial support. The study used the observation tool of production process denominated "net of reference establishments". The environmental impacts were analyzed using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. The study evidenced that the most intensive systems in the use of inputs (fertilizers and rations) reach larger economical results but also cause larger environmental impacts. The incorporation of tools as the "net of reference establishments" and LCA in the Research and Development (R&D) projects of the institutions of agricultural research can help overcome the challenge of align agricultural exploitation to the principles of the sustainable development.

**Index terms:** family farm, environmental impact, economical results, life cycle assessment (LCA).

INTRODUÇÃO

O fortalecimento do conceito de desenvolvimento sustentável vem influenciando diretamente o processo produtivo e tecnológico da agricultura, baseado nos princípios da chamada Revolução Verde, fundamentada, sobretudo, na utilização intensiva de insumos e mecanização (ALMEIDA, 1998; EHLERS, 1999). Um dos resultados dessa influência é a busca de uma exploração agrícola que procure incorporar os princípios do desenvolvimento sustentável, definidos por Sachs (2000) como inclusão social, prudência ecológica e viabilidade econômica.

Assim, o atual desafio da pesquisa agropecuária é adequar-se ao conceito de desenvolvimento sustentável, inovando as metodologias e ferramentas de pesquisa, visando a produzir uma exploração agrícola ajustada aos princípios desse conceito. Nesse contexto, dois temas têm sido constantemente debatidos: a viabilização da agricultura familiar e o desenvolvimento de ferramentas de análise de impacto ambiental dos sistemas de produção agrícola.

No caso da agricultura familiar, cresce a noção de sua importância e de seu papel no desenvolvimento. A agricultura familiar brasileira, ocupando apenas 30,5% da área total dos estabelecimentos e contando somente com 25% do financiamento total, é responsável por 37,9% de toda a produção nacional. Acrescenta-se que ela é a principal geradora de postos de trabalho no meio rural, respondendo por 76,9% do pessoal ocupado na agricultura (INCRA; FAO, 2000).

Do ponto de vista do impacto ambiental e no contexto das ações de manejo dos sistemas de produção agrícola, o desenvolvimento de ferramentas que permitem a sua avaliação torna-se particularmente importante para a pesquisa agropecuária. Essa noção impõe o desafio para as instituições de pesquisa agropecuária de gerar tecnologias que permitam obter viabilidade econômica dos sistemas de produção, ao mesmo tempo em que minimizam o impacto ambiental. Dessa forma, o desenvolvimento e a aplicação de ferramentas de análise de impacto ambiental têm recebido grande atenção de diversos institutos de pesquisa agropecuária (RODRIGUES et al., 2002).

Análise do Ciclo de Vida de Produtos (ACV)<sup>6</sup> é uma das ferramentas que foi desenvolvida para análise de sistemas produtivos com foco ambiental. Ela foi inicialmente desenvolvida para determinar o impacto ambiental de indústrias e de seus processos de produção. Contudo, mais recentemente, têm sido realizados estudos de ACV da produção agrícola, principalmente, para sistemas produtivos de colheitas únicas ou processos de produção de alimentos à escala industrial (CALDEIRA-PIRES et al., 2002).

Nesse contexto, este artigo analisa a relação entre os resultados econômicos e os impactos ambientais de sistemas de produção da agricultura familiar num assentamento de reforma agrária do Município de Unaí, MG, utilizando

---

<sup>6</sup> LCA, Life Cycle Assessment, na literatura inglesa.

para isso a metodologia de ACV. Parte-se do pressuposto que o modelo de exploração baseado na “Revolução Verde”, ou seja, na utilização intensiva, sobretudo, de insumos químicos e mecanização, também serve de orientação à exploração dos sistemas de produção da agricultura familiar, ainda que esses agricultores não consigam utilizar esses fatores em sua totalidade. Dessa forma, a idéia inicial, a ser confirmada pelo estudo, é que os maiores resultados econômicos estão associados aos sistemas de produção que causam maiores impactos ambientais potenciais, porque são mais intensivos em tecnologias com uso de insumos sintéticos (adubos, rações, medicamentos, agrotóxicos, etc.) e mecanização.

Este trabalho foi conduzido no âmbito de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)<sup>7</sup> desenvolvido no Município de Unai, MG, intitulado *Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária*, comumente chamado de Projeto Unai (ZOBY et al., 2001). Essa iniciativa possui três linhas básicas de ação, complementares e indispensáveis, com base nos princípios do desenvolvimento sustentável:

- a) Apoio à organização social dos assentados.
- b) Validação de tecnologias efetuada em uma rede de estabelecimentos de referência.
- c) Uso de pesquisas de mercado, de estudos de canais de comercialização e de cadeias produtivas como instrumentos de apoio à inserção dos assentados no mercado.

É importante ressaltar que os agricultores assentados pela reforma agrária formam um importante segmento que está inserido na lógica da agricultura familiar. Além disso, esse segmento possui uma magnitude expressiva na região do Distrito Federal e Entorno (INCRA-SR-28), onde o projeto é desenvolvido. Nessa região, existem 107 assentamentos instalados com 6.593 famílias, perfazendo uma população estimada de 32.965 pessoas e ocupando uma área de 319.753,54 ha (SILVA, 2001).

---

<sup>7</sup> O projeto é desenvolvido pela Embrapa Cerrados, em parceria com o Grupo de Trabalho de Apoio à Reforma Agrária (GTRA/DEX) da Universidade de Brasília (UnB) e pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – Superintendência Regional 28 (INCRA SR-28), com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

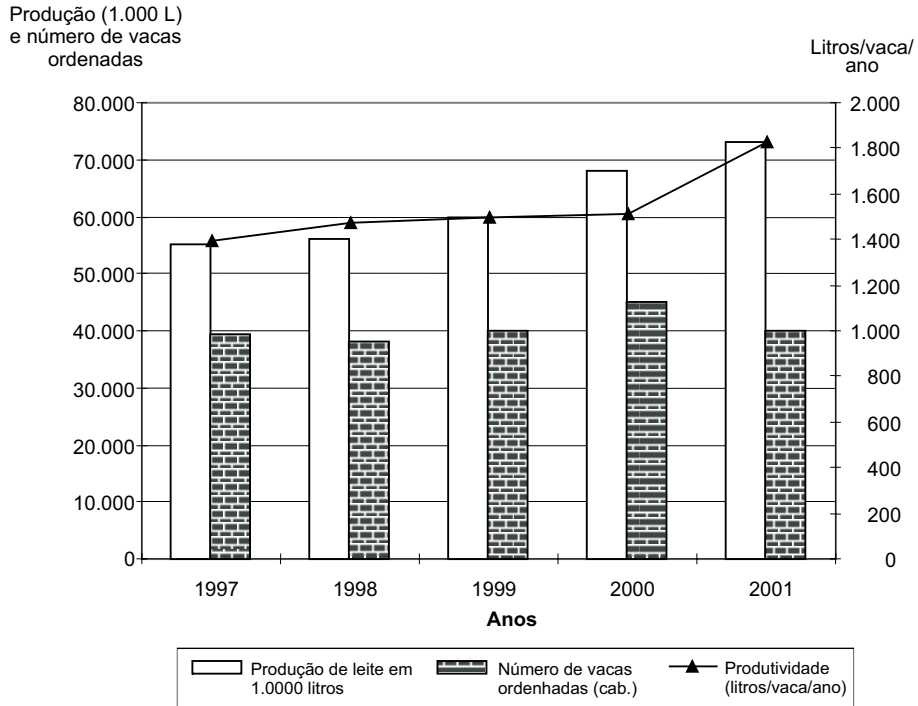
Finalmente, este artigo complementa o trabalho de Xavier e Caldeira-Pires (2004), que trata das questões teóricas e metodológicas da ACV, e apresenta um panorama geral dessa metodologia, seus principais conceitos e fases necessárias à sua utilização, bem como seu uso para determinar impactos ambientais na agricultura, visando a discutir a potencialidade de sua aplicação.

### CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O Município de Unaí possui 8.438 km<sup>2</sup> e está situado na porção noroeste de Minas Gerais. Insere-se também, devido à sua proximidade com Brasília, na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (Ride), antes denominada Região Geoeconômica de Brasília. A precipitação média anual oscila entre 1.200 e 1.400 mm, com as chuvas concentrando-se no período de outubro a março, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro a janeiro. A estação seca, com duração de 5 a 6 meses, coincide com os meses mais frios. A umidade relativa média varia de 60% a 70%. A temperatura média anual é de 24,4°C. A máxima média é de 29,8°C, ao passo que a mínima média é de 14,6°C (SEBRAE, 1999).

Do ponto de vista agropecuário, Unaí apresenta uma característica especial: a área municipal está dividida em duas partes, conhecidas como as terras da chapada e do vão. As primeiras são terras planas de Cerrado, ocupadas a partir da década de 1970 por empreendimentos de grande porte. Nessas unidades, destacam-se os cultivos de milho e soja. Esses produtores adotam tecnologias como irrigação por pivô-central e equipamentos agrícolas, obtendo produtividade elevada. Essas terras apresentam menor fertilidade que as do vão, o que exige investimentos em correção do solo e adubação. O vão localiza-se na parte mais baixa e possui terras de melhor qualidade, está composto de estabelecimentos de tamanhos médio e pequeno, dedicando-se à pecuária, sobretudo, para produção de leite e culturas de subsistência. As explorações típicas de agricultura familiar aparecem nessa região.

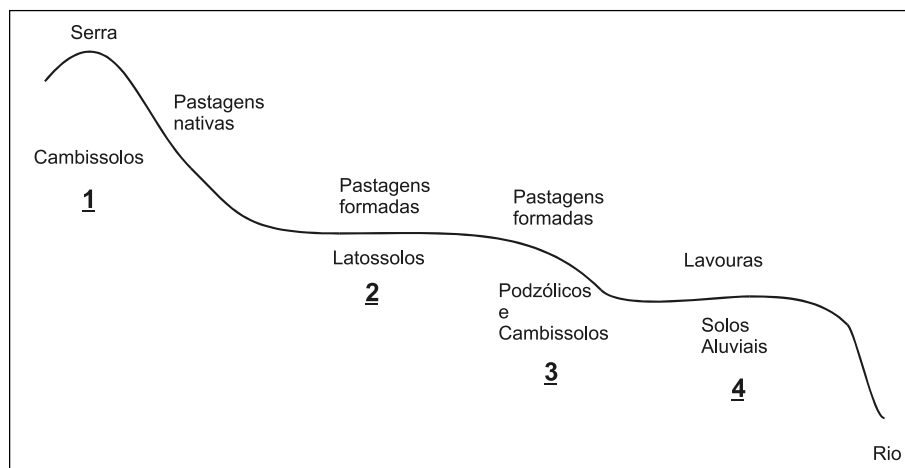
A produção de leite é uma característica marcante de Unaí. A Fig. 1 apresenta a evolução da produção no período de 1997 a 2001, caracterizada por um aumento de quase 30% na produtividade média no período. O fato de o município ser uma importante bacia leiteira influencia na determinação de sistemas de produção nos quais a pecuária é uma importante atividade econômica.



**Fig. 1.** Produção de leite, produtividade e número de vacas ordenhadas do Município de Unaí, MG no período de 1997 a 2001.

Fonte: IBGE-Pesquisa Pecuária Municipal (2003).

O assentamento Santa Clara Furadinho, foco deste estudo, fica a cerca de 50 km da sede do município e uma de suas principais características é a diversidade de solos. A Fig. 2 descreve, de maneira esquemática, uma topossequência do assentamento, com os principais tipos de solos encontrados e sua utilização. Os Cambissolos (1 e 3) são solos pouco profundos e de fertilidade variada. No assentamento, geralmente, possuem fertilidade elevada. Na fase 1 são utilizados com pastagens nativas e, às vezes, cultivadas, em virtude das limitações impostas pela alta declividade. Os Latossolos (2) normalmente são profundos e possuem como principal característica a baixa fertilidade. São utilizados com pastagens formadas, mas necessitam de correção e adubação para uma boa resposta, em termos de produção e produtividade. Os Podzólicos



**Fig. 2.** Representação esquemática de topossequência com os principais tipos de solos encontrados no assentamento Santa Clara Furadinho e sua utilização.

Fonte: Dados da pesquisa.

e Cambissolos da fase 3 geralmente possuem boa fertilidade. Finalmente, os solos Aluviais da fase 4, formados pela deposição de sedimentos, apresentam fertilidade alta e bom teor de matéria orgânica, o que lhes confere maior capacidade de armazenamento de água e, conseqüentemente, menor risco de perdas por falta de chuvas. Dessa forma, são utilizados para o plantio de lavouras, principalmente arroz e milho.

A maior parte dos assentados é originária da própria região. A área dos lotes varia de 13,3 a 33 ha. Na agricultura, predominam as lavouras de milho (48,5 ha) e arroz (7,5 ha) que são cultivadas em itinerários técnicos diversificados. O milho aparece como lavoura de maior destaque tanto na área plantada quanto na opinião dos produtores. A pecuária, de maneira geral, é orientada para a exploração leiteira. Aproximadamente 30 famílias trabalham com a produção de leite que é vendido in natura e/ou queijo, para atravessadores. A maior parte das pastagens é formada por braquiárias (*Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*) e Andropogon (*Andropogon gayanus*). A suplementação alimentar do rebanho no período seco é normalmente realizada, no entanto, existe grande variabilidade em termos dos alimentos utilizados e da duração do período de suplementação.

Os tipos de sistemas de produção<sup>8</sup> identificados a partir dos questionários, aplicados na fase de diagnóstico do Projeto Unaf, encontram-se na Tabela 1. A maior parte dos sistemas de produção identificados está relacionada à produção de leite.

**Tabela 1.** Tipos de sistema de produção identificados no assentamento Santa Clara Furadinho (Unaf, MG) e sua distribuição percentual no ano de 2002.

<b>Tipo de sistema de produção</b>	<b>Nº entrevistados</b>	<b>%</b>
Produtores de subsistência sem leite	5	17,86
Produtores de subsistência com leite p/ consumo	1	3,57
Produtores de queijo	12	42,86
Produtores de leite menos intensivos	3	10,71
Produtores de leite mais intensivos	7	25,00
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptado de Zoby et al. (2003).

## METODOLOGIA

Para o estudo aqui descrito foram acompanhados quatro sistemas de produção, dois do tipo “produtores de leite menos intensivos” e dois do tipo “produtores de leite mais intensivos”, durante o período de outubro 2002 a junho 2003. Esses sistemas fazem parte da rede de lotes de referência<sup>9</sup> do Projeto Unaf. Essa rede é uma ferramenta eficaz no processo de mudança técnica junto aos agricultores e forma a base para coleta das informações necessárias a este estudo.

<sup>8</sup> Segundo Bonnal et al. (1994 p.10), um sistema de produção de agricultura familiar pode ser definido como “a combinação dos fatores de produção utilizados por um produtor e sua família com a finalidade de satisfazer seus objetivos, tomando em conta um determinado contexto ambiental, social, econômico, administrativo e político”. O sistema de produção, portanto, abrange todo o estabelecimento: terras, equipamentos, benfeitorias, cultivos, criações, família do agricultor e modo como esses diversos componentes interagem não apenas entre si, mas também com o ambiente externo.

<sup>9</sup> Originalmente, essa ferramenta foi denominada Rede de Fazendas de Referência. No entanto, decidiu-se, no âmbito do projeto, utilizar o termo estabelecimento, em função do público trabalhado.



De maneira geral, foram acompanhadas variáveis estruturais, de funcionamento e de resultados, nos níveis técnico e socioeconômico.

As variáveis estruturais dizem respeito à situação patrimonial: a área da propriedade e sua distribuição, o tamanho do rebanho, os equipamentos, as benfeitorias e os estoques de produtos e insumos. Além disso, levantou-se a composição do núcleo familiar para calcular o seu potencial de trabalho. Esses dados foram coletados no início e no final do período.

As variáveis de funcionamento e de resultados dizem respeito à caracterização do processo produtivo. Esses dados foram coletados mensalmente. Levantaram-se as seguintes informações:

- a) Fluxo de caixa – Todos os ingressos (vendas) e gastos do sistema de produção.
- b) Itinerários técnicos dos cultivos – O itinerário técnico é definido como uma combinação lógica e ordenada de técnicas que permitem controlar o meio e obter uma produção (SEBILLOTE, 1974<sup>10</sup>; 1978<sup>11</sup>, citados por MILLEVILLE, 1992). Foram medidas as áreas de todas as lavouras conduzidas pelo agricultor e coletados dados técnicos e econômicos de cada uma delas, referentes às práticas realizadas, tais como preparo de solo, plantio, adubação, adubação de cobertura, controle de ervas daninhas, manejo fitossanitário e colheita.
- c) Uso de mão-de-obra – Foram coletados dados relativos a quantidade e tipos de serviços executados no lote e o tipo de mão-de-obra utilizada (familiar, temporária, etc.).
- d) Manejo do rebanho – Foram coletados dados relativos ao manejo sanitário, alimentação e mineralização.
- e) Informações pluviométricas – Em cada lote foi instalado um pluviômetro para acompanhamento da quantidade e distribuição das chuvas no lote.

---

<sup>10</sup> SEBILLOTE, M. Agronomie el agriculture. Essay d'analyse des taches de l'agronome. Série Biologie, **Cah. Orstom**, n. 24, p. 3-25, 1974.

<sup>11</sup> SEBILLOTE, M. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. **C.R. Acad. Agric. Fr.** n. 11. p. 906-913.

A lógica para a construção dos indicadores econômicos foi adaptada de Bonnal et al. (1994) e baseou-se na idéia de que o produtor procura estabelecer um processo de produção que garanta ingressos suficientes para saldar as despesas do próprio processo e, ao mesmo tempo, satisfazer as necessidades de ingresso necessárias à manutenção da família. Assim, alguns aspectos merecem ser ressaltados.

Primeiramente, foram consideradas como atividades da produção aquelas relacionadas à pecuária, agricultura, outras criações (suínos e aves) e transformações de produtos. As atividades de venda de mão-de-obra não foram consideradas, pois funcionam como um complemento, nos casos em que o produtor não consegue garantir os ingressos mínimos necessários à manutenção da família por meio da produção, conforme explicitado por Lovissolo (1989).

Em segundo lugar, a análise econômica baseia-se no fluxo de vendas (ingressos) e gastos necessários à realização do processo de produção. No caso dos ingressos, foram consideradas todas as vendas relacionadas a cada atividade. No caso dos gastos, foram considerados aqueles relacionados diretamente a cada atividade e que foram chamados de gastos variáveis. No entanto, considerou-se também que existem gastos que se relacionam à produção, mas que não são diretamente vinculados a uma atividade produtiva específica. Esses foram chamados de gastos gerais e incluem itens tais como manutenção de equipamentos e benfeitorias, combustíveis, lubrificantes, energia, pequenas ferramentas, impostos e mensalidades.

Os sistemas foram analisados com base no que se denominou Benefício da Produção (BP). O BP é o resultado obtido ao subtrair da soma dos ingressos da produção o valor dos gastos com esse processo ( $BP = [(Ingressos) - (Gastos Variáveis + Gastos Gerais)]$ ). Na lógica de exploração familiar, um Benefício da Produção crescente é um bom indicador de que o sistema de produção está permitindo ao produtor sobra de dinheiro para destinar à família e/ou acumular em patrimônio familiar.

A Tabela 2 apresenta os ingressos e gastos variáveis considerados para o cálculo do Benefício da Produção dos sistemas. Os valores dos ingressos e gastos foram corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

**Tabela 2.** Ingressos e gastos variáveis considerados no cálculo do Benefício da Produção (BP).

Ingressos (R\$)	Gastos variáveis (R\$)
	<b>Pecuária</b>
Venda de leite in natura	Manutenção de pastagens
Venda de bovinos	Aluguel de pastagens
	Ração
	Mineralização
	Manejo sanitário
	Frete de produtos (leite, insumos, etc.)
	<b>Agricultura</b>
Venda de milho	Insumos
Venda de arroz	Mecanização
Venda de feijão	Pagamento de mão-de-obra temporária
Venda de mandioca	
Venda de outros produtos agrícolas	
	<b>Outras criações</b>
Venda de aves	Ração
Venda de ovos	Manejo sanitário
Venda de suínos	Pagamento de mão-de-obra temporária
	<b>Produtos transformados</b>
Venda de polvilho	Insumos
Venda de farinha	Pagamento de mão-de-obra temporária
Venda de queijo	

Entendendo que os sistemas de produção analisados estão inseridos na lógica da agricultura familiar, os indicadores escolhidos buscaram medir os resultados econômicos alcançados em função de fatores relevantes à racionalidade econômica desse tipo de exploração. Conforme Wanderley (1999), geralmente a agricultura familiar explora pequenas áreas. Embora essa característica não seja determinante, isto é, ela não é familiar por ser pequena, do ponto de vista da análise econômica, é importante analisar o Benefício da Produção por unidade de área (BP/ha), já que a terra é normalmente um fator escasso. Outra característica importante é o fato de o processo de produção ser conduzido com participação majoritária da mão-de-obra da família. Assim, utilizou-se como indicador da valorização do trabalho familiar o Benefício da Produção por Unidade de Trabalho Homem (UTH) do núcleo familiar (BP/

UTH). Utilizando-se esse indicador, calcula-se o resultado econômico em função da força de trabalho familiar potencial.

Os diferentes sistemas de produção analisados alcançam resultados econômicos diferenciados em função das diferentes práticas e insumos utilizados, que, por sua vez, implicam diferentes impactos no ambiente. Nesse contexto, a metodologia de ACV foi utilizada especificamente para determinar os diferentes impactos ambientais potenciais causados individualmente pelos sistemas analisados.

Os passos da ACV estão internacionalmente padronizados pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (Setac) e pela International Standardization Organization (ISO). A ACV pode ser dividida em quatro fases principais: definição do objetivo e do âmbito (escopo) do estudo, inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema; determinação dos impactos ambientais associados às entradas e às saídas do sistema, interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, considerando os objetivos do estudo (WEIDEMA, 1997; CALDEIRA-PIRES et al., 2002; XAVIER, 2003; XAVIER; CALDEIRA-PIRES, 2004). Visando facilitar sua aplicação, diversos softwares têm sido desenvolvidos. No âmbito deste trabalho utilizou-se o programa Simapro Versão 5.0. Portanto, sua aplicação será descrita de acordo com os passos realizados pelo programa (PRÉ CONSULTANTS, 2001a), conforme seu manual (PRÉ CONSULTANTS, 2001b).

Especificamente, o objetivo dessa ACV é identificar e comparar os potenciais impactos ambientais de quatro sistemas de produção (S01, S02, S03 e S04) de agricultura familiar em um assentamento de reforma agrária no Município de Unai, MG. Os sistemas S01 e S02 são do tipo “produtores de leite menos intensivos”, enquanto S03 e S04 são do tipo “produtores de leite mais intensivos”.

A definição da Unidade Funcional, que é a base para a análise e comparação dos sistemas, foi feita tendo como base o conceito de renda bruta que é definida, segundo Hoffmann et al. (1978), como o valor de todos os produtos obtidos durante o ano agrícola, como resultado do processo de produção.

Foram considerados, para o cálculo da renda bruta, neste trabalho, os produtos de origem animal vendidos e consumidos, bem como a variação do inventário do rebanho bovino. No caso dos cultivos, foi considerada a produção do ano agrícola. Para os produtos transformados, foram contabilizadas as

quantidades vendidas e consumidas. Não foram considerados os valores relacionados a receitas provenientes de aluguel de máquinas, arrendamento de terras e vendas de mão-de-obra. De maneira específica, foram considerados os seguintes itens: leite, bovinos, leite transformado (queijo), milho, arroz, suínos, aves e ovos. Para efeito de cálculo da renda bruta, foram utilizados os preços dos produtos no mês de outubro 2002 no Município de Unaí, MG.

A Tabela 3 descreve a composição da renda bruta dos sistemas. É importante destacar que a participação dos produtos é distinta em cada um deles. Provavelmente essa diferença, aliada à diversidade de formas de produção, cause impactos ambientais diferenciados também.

Como os valores de renda bruta de cada sistema são diferentes (Tabela 3), definiu-se como Unidade Funcional o valor de R\$ 1.000,00 de renda bruta. Com base nesse valor e na participação percentual dos produtos na formação da renda bruta de cada sistema de produção (Tabela 3), as quantidades de produto foram, então, normalizadas, conforme Tabela 4. Nessa normalização não foram considerados os ajustes de escala relacionados ao processo de produção.

O funcionamento dos diversos componentes dos sistemas de produção, para gerar a Unidade Funcional, requer um conjunto de insumos/produtos e serviços (inputs), conforme Fig. 3, que podem estar relacionados a diferentes impactos ambientais. Esses inputs foram normalizados em relação à Unidade Funcional, no entanto, essa normalização não levou em consideração fatores de escala. Para o funcionamento dos sistemas são necessários ainda elementos considerados como integrantes do próprio sistema. Nesse caso, destacam-se as criações, de maneira especial os bovinos, a mão-de-obra familiar, as forrageiras, os cultivos, as máquinas e os equipamentos. Quanto às relações existentes entre os diversos componentes, sobressaem-se a utilização da produção de milho para alimentação das criações e o uso do leite como “insumo” para a transformação em queijo (Fig. 3).

A associação entre os inputs e os potenciais impactos ambientais é feita a partir de bases de dados que são partes integrantes do software Simapro. Essas bases, especialmente, desenvolvidas para estudos de ACV, possuem amplos conjuntos de materiais, processos de produção, sistemas de energia e transporte, bem como cenários de deposição de produtos na natureza. Para este trabalho foram utilizadas as bases BUWAL 250 e IDEMAT 2001, conforme descritas no manual de utilização do programa (PRÉ CONSULTANTS, 2001b).

**Tabela 3.** Composição da renda bruta de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período out. 2002 a jun. 2003, a preços de outubro de 2002.

Produto	Unidade	S01			S02			S03			S04		
		Quantidade	R\$	%	Quantidade	R\$	%	Quantidade	R\$	%	Quantidade	R\$	%
Leite	litro	4.821	1.590,93	21,84	4.775	1.575,75	18,32	10072	3.323,76	45,16	27.406	9.043,98	49,01
Bovinos	UA <sup>(1)</sup>	0,25	175,00	2,40	3,25	2.275,00	26,45	1,10	770,00	10,46	12,15	8.505,00	46,09
Leite transformado	litro	696	382,80	5,26	2.461	1.353,55	15,74		0,00	34,70		0,00	0,00
Milho	kg	10.920	4.149,60	56,98	5.700	2.166,00	25,18	6720	2.553,60	0,00		0,00	0,00
Arroz	kg	1.200	516,00	7,09	900	387,00	4,50		0,00	2,04		0,00	0,00
Suínos	cab.	4	200,00	2,75	3	150,00	1,74	3	150,00	7,09	3	150,00	0,81
Aves	cab.	38	228,00	3,13	109	654,00	7,60	87	522,00	0,55	108	648,00	3,51
Ovos	dúzia	27	40,50	0,55	27	40,50	0,47	27	40,50	100,00	72	108,00	0,58
<b>Total</b>			<b>7.282,83</b>	<b>100,00</b>		<b>8.601,80</b>	<b>100,00</b>		<b>7.359,86</b>			<b>18.454,98</b>	<b>100,00</b>

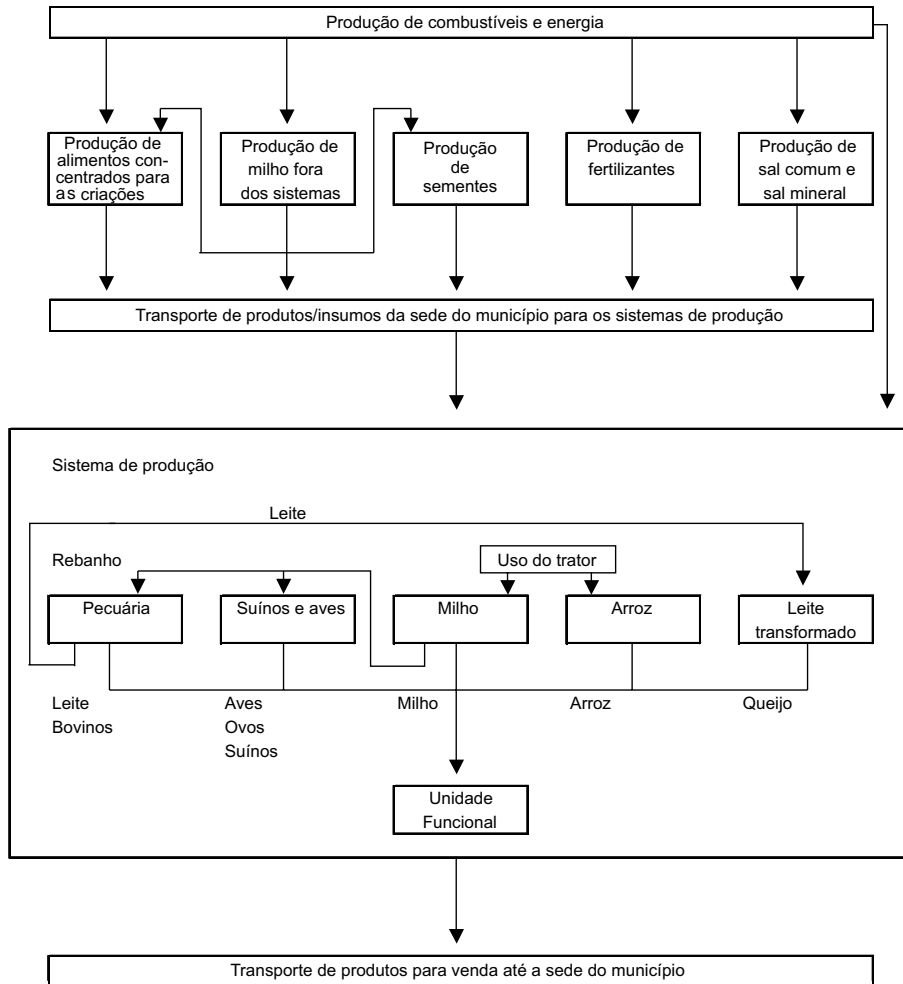
<sup>(1)</sup> UA: Unidade Animal, equivale a, aproximadamente, uma vaca com peso vivo de 400 kg.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 4.** Composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaf, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

Produto	Unidade	S01		S02		S03		S04	
		Quantidade	R\$	Quantidade	R\$	Quantidade	R\$	Quantidade	R\$
Leite	litro	661,97	218,45	555,12	183,19	1.368,52	451,61	1.485,02	490,06
Bovinos	UA	0,0343	24,03	0,3778	264,48	0,15	104,62	0,6583	460,85
Leite transformado	litro	95,57	52,56	286,10	157,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho	kg	1.499,42	569,78	662,65	251,81	913,05	346,96	0,00	0,00
Arroz	kg	164,77	70,85	104,63	44,99	0,00	0,00	0,00	0,00
Suínos	cabeça	0,55	27,46	0,35	17,44	0,41	20,38	0,16	8,13
Aves	cabeça	5,22	31,31	12,67	76,03	11,82	70,93	5,85	35,11
Ovos	dúzia	3,71	5,56	3,14	4,71	3,67	5,50	3,90	5,85
<b>Total</b>			<b>1.000,00</b>		<b>1.000,00</b>		<b>1.000,00</b>		<b>1.000,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa.



**Fig. 3.** Representação esquemática dos limites do estudo e dos fluxos considerados na análise dos potenciais impactos ambientais dos sistemas de produção.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para este estudo específico de ACV, os dados apresentaram baixa qualidade no que se refere à região geográfica, uma vez que não existem bases de dados brasileiras para estudos de ACV, nem para a produção industrial e, muito menos, sobre a produção agrícola. Esse fato não invalida a possibilidade de



comparação entre os sistemas de produção, visto que a análise foi feita utilizando as mesmas bases de dados.

Apesar da quantidade de informações existentes nas bases utilizadas, alguns insumos/produtos não foram encontrados. Nessa situação, enquadraram-se os remédios para o rebanho, o farelo de soja, o herbicida 2,4 D, o sal mineral e as sementes certificadas. Nesses casos, buscou-se, primeiramente, verificar a importância relativa de cada insumo/produto em termos de sua participação percentual nos totais de massa e valor econômico. Os produtos com baixa participação não foram incluídos no estudo. Assim, não foram considerados na análise os remédios utilizados para o rebanho (cálcio injetável, iodo, vermífugos, etc.), pois esses produtos contribuíram com pequenos percentuais. Ressalta-se que esse procedimento foi utilizado por Cederberg e Mattsson (2000) para estudo de ACV de propriedades de produção de leite na Suécia.

Raciocínio semelhante foi utilizado para o herbicida 2,4 D que foi utilizado apenas pelo sistema S03. Não obstante possuir um percentual de valor econômico de 4,29%, esse item contribuiu com apenas 0,09% da massa.

Para os itens que possuíam participações maiores, buscaram-se produtos similares nas bases de dados. Para o sal mineral foram utilizados os mesmos dados do sal comum. As sementes certificadas foram utilizadas apenas para o plantio de milho. Nesse caso, foram considerados os dados das bases para produção de milho. O farelo de soja é um subproduto da industrialização da soja para produção de óleo, que é utilizado como fonte de proteína para a formulação de ração concentrada do gado de leite no próprio estabelecimento. Assim, optou-se por utilizar como similar o subproduto protéico da indústria de produção de amido de batata, que tem a mesma finalidade.

Os limites da análise encontram-se na Fig. 3. As construções e o maquinário não foram incluídos, em virtude da carência de dados. A única exceção refere-se ao uso do trator na agricultura, que associa os impactos relativos à produção do óleo diesel e às emissões advindas da queima de combustível durante seu funcionamento.

Considerou-se que o manejo dos produtos depois da venda era idêntico. Contudo, em virtude de a Unidade Funcional de cada sistema de produção ser composta por quantidades diferentes de produtos (Tabela 4), provavelmente, diferentes potenciais impactos ambientais estariam relacionados a cada sistema. No entanto, não havia dados disponíveis para serem utilizados na análise. Dessa

forma, não foram incluídas fases pós-venda nem estabelecidos cenários para a deposição dos produtos.

O software possui a flexibilidade de permitir a montagem de bases de dados específicas para cada estudo de ACV realizado. Foram incluídos, então, dados relativos às emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) do rebanho bovino que são importante fator de potencial impacto ambiental da agropecuária. Os dados dessas emissões foram retirados do Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano da pecuária, produzido sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia (LIMA et al., 2002). Utilizou-se o fator de emissão 61 kg de  $\text{CH}_4$ /cab./ano, normalizado em relação ao período do estudo (nove meses). Esse valor refere-se à Região Centro-Oeste e foi utilizado porque Unaí localiza-se a 165 km de Brasília e, portanto, possui características que foram assumidas como similares às da Região Centro-Oeste. O fator de emissão utilizado está associado à fermentação entérica dos animais. Não foram associadas emissões ao esterco porque ele, de acordo com o manejo empregado pelos agricultores, seca e se decompõe no campo, o que, segundo Lima et al. (2002), torna mínima a emissão dessa fonte.

Foi realizado também o cálculo da quantidade de Unidades Animais (UA) necessárias à produção da Unidade Funcional.

Para o uso do trator, os dados da base relacionavam o consumo de combustível e as emissões apenas para seu deslocamento e não para as atividades da lavoura. Foram utilizados os padrões de emissão constante da base de dados do Simapro, mas com dados de consumo de combustível para cada operação mecanizada, de acordo com Folle e Brandini (1995). Os dados encontram-se na Tabela 5. Para efeito de entrada de dados no Simapro foram utilizadas as médias de consumo para cada operação. No caso da colheita mecanizada, que foi realizada com batedeira de cereais acoplada ao trator, utilizou-se o dado de consumo informado por Martin (informação verbal)<sup>12</sup>, igual a 4,20 L/hora de funcionamento.

A pecuária, conforme a Fig. 3, é um componente que utiliza um conjunto de inputs e produz mais de um produto. Não haveria problemas para a análise se esses produtos se destinassem apenas à composição da Unidade Funcional. Contudo, uma parte do leite é utilizada no ciclo do leite transformado para a

<sup>12</sup> Comunicação verbal feita por U. Martin, Embrapa Cerrados, Laboratório de Mecanização em 2002.

**Tabela 5.** Consumo de óleo diesel por hectare para diversas operações de campo.

<b>Operação/implemento</b>	<b>Consumo de óleo diesel por hectare (L/ha)<sup>(1)</sup></b>
Aração solos médios	10 – 17
Grade aradora “off set”	10 – 20
Grade niveladora de arrasto	5 – 10
Semeadora	3 – 08

<sup>(1)</sup> Considera para o cálculo o consumo necessário ao implemento e trator de três toneladas.

Fonte: Folle e Brandini (1995).

produção de queijo. Assim, os impactos foram alocados entre o leite, os bovinos e o leite transformado, utilizando como critério a massa produzida. O esterco, que é um subproduto da pecuária, permanece no sistema e é utilizado na fertilização das capineiras e canaviais. Não foi necessária, portanto, realizar nenhuma alocação para esse produto porque ele não representa uma saída do ciclo para compor a Unidade Funcional.

O milho e o arroz foram considerados como componentes que resultam em um único produto, uma vez que subprodutos, como a palha, são utilizados no próprio sistema. Os impactos ambientais relacionados ao milho, produzido no próprio sistema e utilizado em outros componentes (pecuária e suínos e aves), foram alocados em função da massa.

O componente suínos e aves resulta em diversos produtos, tais como suínos, aves e ovos. Como esses produtos são utilizados apenas para compor a Unidade Funcional, não foi necessária uma alocação diferenciada para cada um desses produtos.

A partir desses dados, o programa Simapro monta o ciclo de vida de um sistema de produção, por meio de uma árvore de fluxos. A idéia básica é que para a composição do ciclo do sistema são necessários outros ciclos, processos de produção e materiais. Os dados para a montagem dos ciclos de cada componente do sistema foram coletados diretamente com os produtores. Com base nesses dados, o programa computacional associa outros processos e materiais que fazem parte dos bancos de dados utilizados. Para cada um deles o programa associa intervenções ambientais que, por sua vez, serão agregadas em categorias de impacto ambiental. A forma como cada intervenção será associada às categorias de impacto e a maneira como cada categoria irá compor

o impacto final dependerão do indicador de impacto ambiental escolhido e, conseqüentemente, do seu método de cálculo.

Para este trabalho utilizou-se o Ecoindicador 99, desenvolvido no âmbito de um projeto específico sob a liderança do Ministério da Habitação, Planejamento Espacial e Meio Ambiente da Holanda (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001). Esse indicador, amplamente usado na Europa, permite agregar os resultados na forma de um valor, mas também visualizar as categorias de danos e categorias de impacto associadas a esse valor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O passo inicial para discussão dos resultados consiste em especificar o grau de intensificação dos diferentes sistemas, uma vez que ela aparece como o elemento diferenciador tanto dos resultados econômicos quanto dos impactos ambientais.

A estrutura dos sistemas (Tabela 6) apresentou certa semelhança. A maior parte da área estava destinada às pastagens, enquanto as lavouras e outros cultivos ocuparam áreas menores. As lavouras foram maiores nos sistemas S01 e S02, ao mesmo tempo em que, nos sistemas S03 e S04, aumentaram as áreas de capineira e cana, destinadas à alimentação do rebanho no período de seca (maio a setembro).

Na Tabela 7, verificam-se as principais características da pecuária. Os sistemas S03 e S04 apresentaram maiores taxas de lotação, produções por área destinada à pecuária (pastagens formadas, pastagens nativas, capineira e canavial) e produções por dia de trabalho familiar. Destaca-se, no entanto, que S03 apresentou a menor média de produção por vaca. Basicamente, a alimentação suplementar na época de seca foi composta de cana e capim, como alimentos volumosos e pelo fornecimento de concentrados. Contudo, apenas S03 e S04 forneceram volumoso durante o período de estudo. Nesses sistemas foi utilizada uréia associada à cana. Em todos os sistemas, os agricultores empregaram ração concentrada comercial, e em S04 houve o maior fornecimento de concentrado por Unidade Animal. No sistema S03, além da ração comercial, foram fornecidos farelo de soja e milho. A mineralização (sal comum e sal mineral) foi baixa em todos os sistemas, e o mesmo aconteceu para o uso de medicamentos para o rebanho.

**Tabela 6.** Distribuição das terras de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Discriminação	S01		S02		S03		S04	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Quintal	0,50	1,90	0,50	2,70	0,50	2,4	1,00	5,60
Lavouras	3,40	12,60	2,70	14,60	2,00	9,5	0,00	0,00
Silagem	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Capineira	0,00	0,00	0,30	1,60	0,50	2,4	1,50	8,30
Canavial	0,50	1,90	0,50	2,70	1,00	4,8	2,50	13,90
Pastagem nativa <sup>(1)</sup>	7,60	28,10	2,80	15,10	2,00	9,5	1,00	5,60
Pastagem formada	15,00	55,50	11,70	63,30	15,00	71,4	12,00	66,60
<b>Total</b>	<b>27,00</b>	<b>100,00</b>	<b>18,50</b>	<b>100,00</b>	<b>21,00</b>	<b>100,00</b>	<b>18,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> São utilizadas como pastagens nativas as áreas de campo, cerrado/cerradão e mata.

<sup>(2)</sup> Considera-se como área destinada à pecuária a soma das áreas de pastagens nativas, pastagens formadas, silagem, capineira e canavial.

Fonte: Dados da pesquisa.

**Tabela 7.** Características da pecuária de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Característica	S01	S02	S03	S04
Tamanho do rebanho (UA)	5,13	17,13	26,40	30,38
Taxa de lotação (UA/ha)	0,24	1,16	1,32	2,34 <sup>(1)</sup>
Área de pecuária com pastos formados (%)	69,77	75,48	81,08	70,59
Área de pecuária com cana e capineira (%)	2,33	5,16	8,11	23,53
Área de capineira e canavial por UA (m <sup>2</sup> )	975	467	568	1.152
Produção total de leite (L)	5.517	7.236	10.072	27.406
Produção média por vaca (L/dia)	6,5	6,7	5,0	7,1
Produção média de leite por dia (L)	20	27	37	100
Produção de leite por área de pecuária (L/ha)	257	467	544	1.612
Dias de trabalho familiar	67	84	90	231
Produção de leite por dia de trabalho familiar (L)	82	86	112	119
Ração concentrada (kg/UA)	39,9	4,7	29,9	101,7
Sal mineral (g/UA/dia)	0,00	5,35	36,08	12,67
Sal comum (g/UA/dia)	17,83	0,00	6,92	18,10
Mineralização (g/UA/dia)	17,83	5,35	43,00	30,77

<sup>(1)</sup> O produtor precisou alugar pastagens durante o ano.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, os sistemas S03 e S04 mostraram-se mais intensivos em termos da pecuária. No sistema S01, observou-se valor alto para a quantidade de ração fornecida aos animais; no entanto, não houve fornecimento de sal mineral. É importante ressaltar que o período de acompanhamento (out. 2002 a jun. 2003) não abrangeu todo o ano agrícola. Dessa forma, uma parcela do período de seca não foi incluída no trabalho, o que provavelmente elevaria as quantidades de ração fornecidas, sobretudo, em S02, S03 e S04, uma vez que o produtor do sistema S01 não estava produzindo leite na seca.

Na agricultura, o milho apareceu como cultivo principal, ocupando a maior parte da área plantada. Os itinerários técnicos utilizados nessa cultura estão descritos na Tabela 8. O agricultor do sistema S04 não conduziu lavouras no ano agrícola 2002/2003.

Paradoxalmente, o sistema S02, que apresentou a maior intensificação em termos de mecanização e adubação, foi o que obteve a menor produtividade. No entanto, as adubações que foram feitas estiveram abaixo das recomendações gerais, segundo a Embrapa (RECOMENDAÇÕES..., 1997), sobretudo, quanto ao fósforo ( $P_2O_5$ ), que seriam em torno de noventa kg/ha de  $P_2O_5$ , considerando que mesmos os solos férteis na Região do Cerrado contêm baixos teores desse nutriente. Além disso, nesse sistema houve alta infestação de plantas daninhas, resultando em aproximadamente o dobro de dias de trabalho para capina que os outros sistemas. O sistema S03, apesar de não ter obtido a maior produtividade por área, alcançou as maiores produtividades de fatores escassos como mão-de-obra e capital. Ao que parece, o uso da tração animal não sobrecarregou demasiadamente o trabalho, ao mesmo tempo em que permitiu redução nos gastos.

Na agricultura, de maneira geral, verificou-se um baixo nível de intensificação em relação à aplicação de fertilizantes, enquanto foi mais intensiva em relação à mecanização.

A criação de suínos e aves caracterizou-se pela pequena escala e pela rusticidade. Na maior parte dos sistemas utilizou-se o milho produzido como base para a alimentação. Apenas em S04 foi fornecida ração concentrada. De maneira semelhante, a transformação de produtos, realizada nos sistemas S01 e S02, caracterizou-se por um processo de produção bastante simples, em que o principal insumo utilizado foi o leite produzido no próprio sistema.

**Tabela 8.** Itinerários técnicos do cultivo de milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

Característica	S01	S02	S03
Área (ha)	3,00	2,12	2,00
Preparo de solo	Trator alugado	Trator alugado	Tração animal, trator alugado
Implementos	Grade aradora, grade niveladora	Grade aradora, grade niveladora	Arado, tração animal, grade niveladora
Preparo de solo (horas máq./ha)	2,76	3,30	2,25
Plantio	Manual (Matraca)	Trator	Trator
Plantio (horas máq./ha)	0,00	1,18	1,00
Semente	Comercial	Comercial	Comercial
Adução	Não foi realizada	Química (160 kg/ha de 5-25-15)	Química (50 kg/ha de 5-25-15)
Adução de plantio (kg/ha)	Não foi realizada	Nitrogênio (N): 08 Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ): 40 Potássio (K <sub>2</sub> O): 24	Nitrogênio (N): 03 Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ): 13 Potássio (K <sub>2</sub> O): 8
Adução de cobertura	Não foi realizada	Não foi realizada	Não foi realizada
Tipo de capina	Manual (enxada)	Manual (enxada)	Tração animal e herbicida (2,4 D)
Número de capinas	2	2	2
Capinas (dias/ha)	5	9	4
Colheita	Manual e mecânica (bateadeira de cereais)	Manual e mecânica (bateadeira de cereais)	Manual e mecânica (bateadeira de cereais)
Colheita (horas máq./ha)	2,10	1,60	1,00
Total mecanização (horas máq./ha)	4,86	6,08	3,75
Dias de trabalho/ha	24	17	18
Gastos/ha (R\$) <sup>(1)</sup>	294,65	358,37	214,79
Produtividade (kg/ha)	3.640	2.689	3.360
Produto obtido por dia de trabalho (kg)	152	158	187
Produto obtido por R\$ <sup>(1)</sup> gasto (kg)	12,35	7,50	15,64

<sup>(1)</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, a pecuária foi a atividade que se destacou em termos de área ocupada e também no que se refere à demanda de mão-de-obra familiar. Sua intensificação, então, determinou também o grau de intensificação dos sistemas. Nessa lógica, S01 foi o sistema menos intensivo, enquanto S02 e S03 apresentaram-se relativamente próximos. No sistema S02, a agricultura foi mais intensificada, ao passo que S03 foi mais intensivo na pecuária. Como a pecuária revelou-se como um elemento determinante para o grau de intensificação, considerou-se S03 mais intensivo que S02. O sistema S04 apresentou-se como o mais intensivo, em função da alta quantidade de ração fornecida ao rebanho, mesmo não conduzindo lavouras no período de acompanhamento.

Na Tabela 9, pode-se observar a estrutura dos ingressos dos sistemas de produção. O arroz e os ovos comportaram-se como produtos tipicamente destinados ao consumo próprio (familiar), enquanto os produtos oriundos da pecuária (leite, bovinos e leite transformado), à exceção de S01, participaram com mais de 80% dos ingressos em todos os sistemas de produção. O sistema S02, apesar de ter exibido a agricultura mais intensificada, não realizou nenhuma venda de produto dessa atividade no período acompanhado. Nos sistemas mais intensivos (S03 e S04), observou-se forte dependência da pecuária como fonte de ingressos, e, em S04, ela representou 100% dos ingressos.

**Tabela 9.** Estrutura dos ingressos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Produto <sup>(1)</sup>	S01		S02		S03		S04	
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)
Leite	1.132,20	34,61	1.097,73	33,04	2.111,85	61,09	7.575,30	74,98
Bovinos	0,00	0,00	1.120,00	33,71	848,09	24,53	2.527,40	25,02
Leite transformado	157,34	4,81	701,67	21,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho	1.768,25	54,05	0,00	0,00	392,59	11,36	0,00	0,00
Arroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suínos	196,11	5,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aves	17,44	0,54	403,51	12,13	104,63	3,02	0,00	0,00
Ovos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>3.271,34</b>	<b>100,00</b>	<b>3.322,91</b>	<b>100,00</b>	<b>3.457,16</b>	<b>100,00</b>	<b>10.102,70</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Valores monetários corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Fonte: Dados da pesquisa.



Os gastos realizados encontram-se apresentados na Tabela 10. A mecanização representou mais do que 30% dos gastos, sobretudo, nos sistemas menos intensivos (S01 e S02) cujas áreas de agricultura foram maiores. Ao contrário, nos sistemas mais intensivos, os gastos com ração e outros produtos da pecuária foram mais expressivos. Não houve uma correlação positiva entre a intensificação dos sistemas e os respectivos gastos. Somente S04 apresentou gastos elevados associados à intensificação e à especialização na produção de leite.

Os valores recebidos pelos principais produtos componentes dos ingressos (leite, bovinos, leite transformado e milho) não exibiram grandes variações, exceto no caso do sistema S03, no qual o preço do leite foi bem menor que nos demais sistemas (Tabela 11). Essa diferença representou redução no nível de ingressos desse sistema, afetando seus resultados

**Tabela 10.** Estrutura dos gastos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

Gastos <sup>(1)</sup>	S01		S02		S03		S04	
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)
Manutenção de pastagens	0,00	0,00	0,00	0,00	69,61	7,15	250,99	9,64
Aluguel de pastagens	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276,49	10,62
Ração	102,38	6,45	36,71	3,10	209,21	21,49	1.480,07	56,87
Uréia	0,00	0,00	0,00	0,00	31,60	3,25	26,26	1,01
Mineralização	4,81	0,30	15,69	1,33	120,95	12,42	83,96	3,23
Remédios	35,24	2,22	13,11	1,11	26,07	2,68	17,48	0,67
Sementes	326,84	20,58	120,00	10,14	92,59	9,51	0,00	0,00
Adbos	0,00	0,00	320,00	27,03	85,04	8,74	0,00	0,00
Mecanização	538,30	33,90	506,13	42,75	147,64	15,17	0,00	0,00
Agrotóxicos	0,00	0,00	0,00	0,00	25,75	2,65	0,00	0,00
Mão-de-obra temporária	319,04	20,09	63,03	5,32	69,64	7,15	146,73	5,64
Outros gastos variáveis <sup>(2)</sup>	57,21	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	150,48	5,78
Gastos gerais <sup>(3)</sup>	204,25	12,86	109,34	9,22	95,36	9,79	169,87	6,54
<b>Total</b>	<b>1.588,07</b>	<b>100,00</b>	<b>1.184,01</b>	<b>100,00</b>	<b>973,46</b>	<b>100,00</b>	<b>2.602,33</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Valores monetários corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

<sup>(2)</sup> Leitões, sacos, frete de produtos e insumos.

<sup>(3)</sup> Manutenção de equipamentos e benfeitorias, combustíveis, lubrificantes, energia, pequenas ferramentas, impostos, mensalidades, etc.

Fonte: Dados da pesquisa.

econômicos negativamente. O sistema S02 recebeu o maior preço por bovinos vendidos, o que impactou positivamente seus ingressos. Esse efeito dos preços aproximou os ingressos dos sistemas S02 e S03. Pode-se dizer, então, que os maiores níveis de ingressos dos sistemas mais intensivos são, em grande parte, resultado da maior produção e produtividade e não das diferenças entre os preços recebidos.

**Tabela 11.** Preços médios de produtos, insumos e serviços relacionados ao processo de produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

Produto/insumo/ serviço	Unidade	Preços médios por unidade de produto/insumo/serviço <sup>(1)</sup>			
		S01	S02	S03	S04
Leite	litro	0,26	0,26	0,22	0,28
Bovinos	UA	-	746,67	565,39	561,64
Leite transformado	litro	0,26	0,37	-	-
Milho	kg	0,23	-	0,24	-
Suínos	cabeça	78,44	-	-	-
Aves	cabeça	8,72	5,53	6,98	-
Ração comercial	kg	0,51	0,46	0,43	0,43
Uréia	kg	-	-	0,63	0,67
Sal mineral	kg	-	0,72	0,43	0,53
Sal comum	kg	0,19	-	0,16	0,19
Sementes (milho)	kg	2,51	2,00	2,31	-
Adubo	kg	-	0,80	0,85	-
Mecanização	hora máq.	22,55	32,36	33,47	-
Herbicida (2,4 D)	litro	-	-	12,86	-
Mão-de-obra	dia	8,86	9,23	8,78	9,30

<sup>(1)</sup> Valores monetários corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os gastos apresentaram uma variação maior nos valores, em virtude de maior número de opções. Em S01 o item de gasto que apresentou maior contribuição percentual no total foi a mecanização (33,9%)(Tabela 10), justamente aquele que o produtor pagou, em comparação com os outros sistemas, o menor preço unitário (Tabela 11). Fato semelhante aconteceu para o item mão-de-obra temporária. Nos sistemas mais intensivos os produtores

pagaram preços relativamente menores pela ração comercial; contudo, a diferença foi de apenas R\$ 0,03 por quilo comparado com S02 (Tabela 11). Em comparação com S01, a diferença foi maior (R\$ 0,08); no entanto, a quantidade total empregada nesse sistema foi menor que aquelas utilizadas por S03 e S04.

À semelhança dos ingressos, as diferenças de preços unitários médios pagos pelos insumos e serviços não foram suficientes para explicar as diferenças nos totais de gastos. As diferenças encontradas associaram-se mais fortemente às quantidades utilizadas.

Na Tabela 12 são exibidos os resultados econômicos dos sistemas de produção. Os dados indicam que os sistemas intensivos obtêm maiores resultados econômicos, tanto em termos absolutos quanto em relação aos fatores escassos. No que se refere à área, contudo, os sistemas S02 e S03 praticamente não apresentaram diferenças nos resultados obtidos. Entretanto, em termos de valorização da mão-de-obra familiar, houve expressiva diferença entre eles. No sistema intensivo e especializado S04, constataram-se resultados bem maiores que os demais, porém a especialização pode ser problemática, considerando a sustentabilidade, pois um decréscimo no preço do leite afetaria negativamente os resultados desse sistema num grau muito maior que os outros.

**Tabela 12.** Resultados econômicos de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Critério <sup>(1)</sup>	Unidade	Sistema de produção			
		S01	S02	S03	S04
A – Área do sistema de produção	ha	27,00	18,50	21,00	18,00
B – UTH <sup>(2)</sup> do núcleo familiar	unid.	2,80	2,80	1,50	1,80
C – Ingressos da produção	R\$	3.271,34	3.322,91	3.457,16	10.102,70
D – Gastos da produção	R\$	1.588,07	1.184,01	973,46	2.602,33
E – Benefício da produção (BP): C – D	R\$	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37
F – BP/ha: E ÷ A	R\$	62,34	115,62	118,27	416,69
G – BP/UTH: E ÷ B	R\$	601,17	763,89	1.655,80	4.166,87

<sup>(1)</sup> Valores monetários corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

<sup>(2)</sup> Unidade de Trabalho Homem.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme discutido, os resultados econômicos obtidos pelos sistemas estão, em grande parte, ligados à sua intensificação, de maneira especial na pecuária. Cabe então verificar os impactos ambientais causados pelo seu funcionamento para alcançar tais resultados.

Na Tabela 13 observam-se os impactos ambientais dos sistemas em termos de categorias de impacto, caracterizados pelo valor do Ecoindicador 99 calculado pelo programa Simapro (quanto maior o ecoindicador maior o impacto ambiental associado com aquele item). As principais categorias de impacto foram as seguintes:

- a) Efeitos respiratórios causados pela emissão de substâncias inorgânicas para o ar – Esses impactos relacionam-se principalmente à produção de fertilizantes em virtude tanto de sua utilização direta nos sistemas de produção quanto de seu uso na produção do milho, necessário à fabricação da ração concentrada comercial. Outra fonte está ligada à queima de combustível pelo uso do trator e pelo transporte de produtos e insumos.
- b) Mudança climática causada pela emissão de gases de efeito estufa – Destacam-se nessa categoria a produção de fertilizantes, o uso do trator e a emissão de metano pelos bovinos.

**Tabela 13.** Valores do Ecoindicador 99 (categorias de impacto) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

<b>Categorias de impacto</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Substâncias cancerígenas	0,074	0,370	0,277	0,370
Efeitos respiratórios de substâncias orgânicas	0,021	0,029	0,057	0,035
Efeitos respiratórios de substâncias inorgânicas	1,980	1,560	2,040	3,450
Mudança climática	3,310	8,340	14,800	7,520
Radiação	0,000	0,000	0,000	0,000
Camada de ozônio	0,001	0,000	0,001	0,002
Ecotoxicidade	0,074	0,044	0,123	0,256
Acidificação/eutrofização	0,549	0,373	0,540	1,190
Uso do solo (Uso de área)	0,005	0,010	0,004	0,000
Minerais	0,000	0,000	0,000	0,000
Combustíveis fósseis	8,500	7,450	10,000	15,200
<b>Total</b>	<b>14,514</b>	<b>18,176</b>	<b>27,842</b>	<b>28,023</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

- c) Uso de combustíveis fósseis – Esses impactos relacionam-se à matriz energética necessária à produção dos insumos, de maneira especial a uréia, os fertilizantes e a ração concentrada comercial. Outras fontes são o uso do trator e o transporte de insumos e produtos.

Os resultados iniciais demonstraram que os sistemas mais intensivos produziram maiores impactos ambientais. Torna-se necessário, contudo, realizar uma análise mais detalhada para identificar quais componentes do sistema de produção são responsáveis pelos maiores impactos ambientais, bem como as origens desses impactos. É importante salientar, no entanto, que os sistemas produziram a Unidade Funcional (R\$ 1.000,00 de renda bruta) por meio de composições diferentes de produtos (leite, bovinos, leite transformado, suínos e aves, arroz e milho). Assim, não se pode comparar os componentes de cada sistema entre si. Isto é, não é possível, por exemplo, comparar diretamente o milho do sistema 01 com o do sistema 03, pois o cálculo de cada ciclo do milho foi feito com base na sua participação na Unidade Funcional nos respectivos sistemas. Como esses percentuais foram diferentes, a comparação direta não é realizável.

Analisando-se a Tabela 14, observa-se que a pecuária (ciclos leite, bovinos e leite transformado) e o milho foram os componentes responsáveis pela maior parte do valor do Ecoindicador 99 em todos os sistemas. Os ciclos arroz e suínos e aves apresentaram baixa contribuição para o impacto ambiental em todos os sistemas, sobretudo porque participaram com baixos percentuais na Unidade Funcional.

**Tabela 14.** Valores do Ecoindicador 99 dos ciclos (componentes) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Ciclos componentes dos sistemas	SO1	SO2	SO3	SO4
Arroz	0,335	1,518	0,000	0,000
Milho	6,910	6,049	3,069	0,000
Suínos e aves	0,606	0,252	0,363	2,120
Bovinos	0,107	1,589	1,020	3,910
Leite	5,730	5,789	23,390	21,993
Leite transformado	0,826	2,979	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>14,514</b>	<b>18,176</b>	<b>27,842</b>	<b>28,023</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Como a pecuária e o milho foram os componentes que apresentaram maiores contribuições para o impacto ambiental dos sistemas de produção, será feita uma análise mais detalhada deles.

Na Tabela 15, podem ser visualizados os impactos ambientais do ciclo de vida do milho respectivamente nos sistemas S01, S02 e S03.

**Tabela 15.** Valores do Ecoindicador 99 dos componentes do milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Componente</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>
Sementes	0,467	0,193	0,179
Fertilizantes	0,000	3,142	1,080
Gradagem aradora	1,841	1,121	0,000
Gradagem niveladora	0,922	0,563	0,604
Plantio mecanizado	0,000	0,413	0,443
Batedeira de cereais	1,100	0,505	0,176
Transporte de produtos/insumos	2,580	0,112	0,587
<b>Total</b>	<b>6,910</b>	<b>6,049</b>	<b>3,069</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

No sistema S02, que apresentou o cultivo mais intensivo, a maior parte do valor do Ecoindicador 99 foi associada ao uso de fertilizantes (52%). Esse sistema, por um lado, apresentou o maior uso de fertilizantes e horas máquina por área e, por outro lado, não se observou produtividade elevada da lavoura. Dois aspectos podem então ser observados. Primeiramente, a participação do milho na Unidade Funcional poderia ter sido maior, o que por sua vez diminuiria a participação da pecuária, que apresentou os maiores impactos nos sistemas S02, S03 e S04 (Tabela 14). Em segundo lugar, cada unidade de milho, para composição da Unidade Funcional desse sistema, promoveu maior potencial de impacto ambiental, pois necessitou de maior quantidade de adubo e mecanização para ser produzida. De maneira mais clara, enquanto S01 e S03 utilizaram respectivamente 0 e 14,9 gramas de adubo para produzir um quilo de milho, S02 utilizou 59,5 gramas (Tabela 8).

Em síntese, na produção de milho, os impactos ambientais relacionaram-se, de maneira especial, à utilização de fertilizantes e à mecanização.

É importante destacar que nenhum dos agricultores utilizou fertilização nitrogenada em cobertura, que pode permitir aumentos de produtividade, mas também é uma importante fonte de impacto ambiental. Assim, é provável que a adubação venha a ter um peso maior nos impactos, pois as operações mecanizadas tendem a se manter nos mesmos níveis.

Na Tabela 16, são apresentados os impactos ambientais da pecuária respectivamente nos sistemas S01, S02, S03 e S04. As emissões de metano pelo rebanho representaram importante fonte de impacto em todos os sistemas, juntamente com a ração concentrada comercial.

**Tabela 16.** Valores do Ecoindicador 99 dos componentes da pecuária em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Componente	S01	S02	S03	S04
Ração	2,081	0,700	2,868	12,688
Mineral	0,062	0,050	0,758	0,239
Rebanho	2,760	7,848	14,199	6,498
Uréia	0,000	0,000	0,655	0,198
Farelo de soja	0,000	0,000	0,950	0,000
Milho	0,000	0,000	0,160	0,000
Eletricidade	0,000	0,000	1,270	2,220
Transporte de produtos/insumos	1,760	1,759	3,550	4,060
<b>Total</b>	<b>6,663</b>	<b>10,357</b>	<b>24,410</b>	<b>25,903</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

No sistema S04, que foi o mais intensivo, cerca de 49% do valor do Ecoindicador (Tabela 16) relacionou-se à ração, enquanto 25% do impacto foi proveniente do rebanho. O mesmo não aconteceu em S03 no qual o rebanho foi a principal fonte dos impactos ambientais. Tal fato está relacionado à baixa eficiência do rebanho para gerar a renda bruta da pecuária nesse sistema.

Na Tabela 17, pode-se observar que o sistema S03 necessitou de maior número de Unidades Animais por unidade monetária de renda bruta produzida. Grande parte dessa deficiência é resultante de sua baixa produtividade de leite

por vaca. Adicionalmente, esse sistema possui alta dependência da pecuária, mais especificamente da produção de leite, na composição da Unidade Funcional. Assim, S03 demandou uma quantidade maior de Unidades Animais (UAs) para compor a Unidade Funcional. Hass et al. (2001), em trabalho comparando diferentes fazendas leiteiras na Alemanha, encontraram comportamento semelhante naquelas com baixa performance na produção de leite.

**Tabela 17.** Participação percentual dos produtos da pecuária na composição da Unidade Funcional, produtividade do rebanho, tamanho do rebanho e UAs necessárias à composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unai, MG), no período outubro 2002 a junho 2003.

Aspectos	S01	S02	S03	S04
Renda bruta da pecuária <sup>(1)</sup>	2.148,73	5.204,30	4.093,76	17.548,98
Tamanho do rebanho (UA)	5,13	17,13	26,40	30,38
UAs por unidade monetária de renda bruta pecuária	0,0024	0,0033	0,0064	0,0017
Leite (% da Unidade Funcional) <sup>(2)</sup>	27,10	34,06	45,16	49,01
Bovinos (% da Unidade Funcional)	2,40	26,45	10,46	46,09
Pecuária (% da Unidade Funcional)	29,50	60,51	55,62	95,10
Produtividade do rebanho (litros/vaca/dia)	6,5	6,7	5,0	7,1
Número de UA <sup>(3)</sup> necessário à Unidade Funcional	0,70	1,99	3,59	1,65

<sup>(1)</sup> Soma dos valores da renda bruta do leite, leite transformado e bovinos, a preços de outubro de 2002.

<sup>(2)</sup> Soma dos percentuais do leite in natura e do leite transformado.

<sup>(3)</sup> UA: Unidade Animal, equivale a aproximadamente uma vaca com peso vivo de 400 kg.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em síntese, na pecuária, os impactos ambientais relacionaram-se principalmente ao rebanho e à utilização de ração concentrada comercial. A alta participação do rebanho nos impactos ambientais, superando os impactos ligados à ração concentrada, não foi observada em outros estudos de ACV. Isso está relacionado, provavelmente, ao fato de que esses estudos analisaram sistemas de produção na Europa onde o nível de utilização de concentrados na alimentação do rebanho é muito maior que o observado nos sistemas analisados.



Os resultados discutidos permitem dizer que os sistemas de produção mais intensivos alcançaram maiores resultados econômicos e também causaram maiores impactos ambientais. Tanto os resultados econômicos quanto, principalmente, os impactos ambientais se relacionaram ao uso intensivo de insumos. No entanto, essa relação não parece ser simples, uma vez que as múltiplas interações existentes nos sistemas e entre estes e o meio externo (ambiental e socioeconômico) produzem efeitos diferenciados.

Na agricultura, por exemplo, o uso mais intensivo de fertilizantes não implicou maior produtividade, o que sobrecarregou o impacto ambiental sem produzir maior resultado econômico para o sistema.

Da mesma maneira, na pecuária, a relação entre a produtividade do rebanho e o número de Unidades Animais (UA) para formar a Unidade Funcional mostrou-se extremamente importante, uma vez que a manutenção de produtividades altas durante o ano na região de estudo é dependente do fornecimento de alimentação suplementar aos animais no período de seca. Assim, em sistemas nos quais o leite possui percentual elevado na Unidade Funcional, garantir produtividades altas do rebanho significa diminuir o número de Unidades Animais para a formação da Unidade Funcional, o que pode reduzir o impacto ambiental. No entanto, isso está associado ao fornecimento de ração que, por sua vez, eleva os impactos e aumenta os gastos, o que influencia os resultados econômicos dos sistemas.

Considerou-se que o processo de produção agrícola, como uma atividade econômica, possui um determinante da mesma natureza. Tratando-se desse processo no âmbito da agricultura familiar, esse determinante foi entendido como a busca da maximização do Benefício da Produção (BP) com o objetivo de garantir a própria produção e os ingressos necessários a cobrir os gastos com a família. Isso, no entanto, resulta em impactos ambientais.

Nesse contexto, incorporou-se o conceito de ecoeficiência na análise dos sistemas de produção. Esse conceito pode ser definido, conforme o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), como a busca da produção de bens e serviços economicamente competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro lado, reduzam progressivamente os impactos ambientais e a intensidade do uso de recursos ao longo do ciclo de vida. Esse incremento do valor de produtos e serviços criados resulta na busca de maximização da produtividade

dos recursos e na geração de benefícios ao longo do ciclo de vida dos produtos, ao invés de simplesmente minimizar os resíduos ou a poluição (WBCSD, 1996). Segundo Verfaillie e Bidwell (2000), a ecoeficiência contém duas dimensões, uma relacionada ao valor dos produtos ou serviços e, outra, relacionada à sua influência no meio ambiente. De maneira geral, a ecoeficiência é representada pela seguinte fórmula:

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Influência no ambiente}}$$

Pode-se dizer, então, que a ecoeficiência dos sistemas seria a relação entre o Benefício da Produção (BP) e o impacto ambiental. Isto é, essa relação (BP/IA) expressa o BP gerado para cada ponto de impacto ambiental do Ecoindicador 99. Quanto maior a relação maior será a ecoeficiência do sistema de produção. Na Tabela 18 é apresentado um resumo dos resultados obtidos nesse estudo, assim como os valores de ecoeficiência (BP/IA) dos sistemas de produção.

**Tabela 18.** Resultados econômicos, impactos ambientais e sua relação em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho (Unaí, MG), no período out. 2002 a jun. 2003.

	S01	S02	S03	S04
Renda bruta (R\$)	7.282,83	8.601,80	7.359,86	18.454,98
Impacto ambiental (valor do Ecoindicador 99 por R\$1.000,00 de renda bruta)	14,5	18,2	27,8	28,0
Impacto ambiental total (valor do Ecoindicador 99)	105,60	156,55	204,60	516,64
Benefício da produção (R\$)	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37
Benefício da produção/ha	62,34	115,62	118,27	416,69
Benefício da produção/UTH	601,17	763,89	1.655,80	4.166,87
Gastos familiares correntes <sup>(1)</sup> (R\$)	2.104,34	1.542,07	2.304,24	1.986,50
Gastos familiares excepcionais <sup>(2)</sup> (R\$)	456,62	52,10	0,00	150,00
Total de gastos familiares (R\$)	2.560,96	1.594,17	2.304,24	2.136,50
Ecoeficiência (BP/IA)	15,94	13,66	12,14	14,52

<sup>(1)</sup> Gastos relacionados ao vestuário, alimentação, educação, transporte, saúde, etc.

<sup>(2)</sup> Gastos que não ocorrem com regularidade ou que são imprevistos (compra de televisão, gastos extras com saúde, etc.).

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, os sistemas não apresentaram diferenças muito grandes na relação BP/IA. O sistema S01 alcançou o melhor valor de ecoeficiência (BP/IA); no entanto, a necessidade de ingressos da família não foi coberta apenas com a produção, forçando o produtor a vender mão-de-obra.

No outro extremo, S03 apresentou a menor eficiência, pois mostrou impacto semelhante a S04 e um BP bem menor. Esse fato reforça a importância da reflexão sobre os níveis de intensificação desejáveis para os sistemas de produção, considerando os aspectos ambientais e econômicos. Ao que parece, o incremento de produtividade, sobretudo da pecuária, por meio da intensificação, causa efeitos benéficos nos resultados econômicos, sem aumentar demasiadamente os impactos ambientais. Estabelecer esses níveis não é foco deste trabalho, no entanto, entende-se que a capacitação dos agricultores no manejo dos fatores de produção e das tecnologias é de grande importância para que o uso dos insumos se reverta realmente em resultado.

Em relação à pesquisa agropecuária, é necessário refletir sobre as tecnologias que poderiam aumentar a ecoeficiência dos sistemas de produção, por meio do incremento dos resultados econômicos, sem elevar, ou ainda diminuindo, os impactos ambientais. Nesse aspecto, é importante considerar também a diversidade da agricultura familiar, pois as estratégias para melhoria dos resultados podem ser, e provavelmente serão, diferentes para cada tipo de sistema.

## CONCLUSÕES

Neste estudo demonstrou-se que sistemas de produção da agricultura familiar alcançam resultados econômicos e causam impactos ambientais diferenciados. Os tipos mais intensivos no uso de insumos alcançam maiores resultados econômicos e também causam maiores impactos ambientais. Na agricultura, a maior parte dos impactos ambientais está relacionada ao uso de fertilizantes e mecanização. Sua utilização intensiva, sem considerar outros fatores que influenciam na produção (ervas daninhas, por exemplo), não assegura maiores produtividades, o que implica aumento dos impactos ambientais sem incremento dos resultados econômicos. A pecuária possui participação significativa no impacto ambiental. No sistema mais intensivo, esse impacto deve-se ao uso de ração. Contudo, nos sistemas menos intensivos e com menor

produtividade, a maior fonte de impacto está relacionada às emissões de metano do rebanho.

Como os insumos e a mecanização são, ao mesmo tempo, importantes fontes de impacto ambiental e de gastos para a produção, sua utilização de maneira eficiente pode ter como consequência melhorias do resultado econômico sem resultar num aumento do impacto ambiental. Em outras palavras, aumentos de produtividade pelo melhor gerenciamento de fertilizantes e rações, assim como de outros aspectos da produção que estão sob o controle dos agricultores, podem trazer melhores resultados econômicos sem elevar os impactos ambientais. É importante esclarecer que se trata de utilizar melhor os recursos que os agricultores dispõem e não necessariamente aumentar o volume de insumos utilizados. Essa melhoria gerencial pode incrementar significativamente a ecoeficiência dos sistemas.

Do ponto de vista metodológico e de sua relação com a pesquisa agropecuária, a rede de estabelecimentos de referência mostrou-se um potente instrumento de observação do processo de produção em escala real. Sua utilização permite conhecer os resultados das tecnologias empregadas pelos agricultores numa perspectiva sistêmica, analisando os resultados de cada componente do sistema e os resultados do conjunto. A ACV, por sua vez, complementa e amplia esse processo de análise ao permitir a quantificação dos potenciais impactos ambientais de cada sistema, considerando o ciclo de vida.

Nesse contexto, a escolha de uma Unidade Funcional para aplicação da metodologia de ACV tendo como base a renda bruta possibilita analisar diferentes sistemas, assim como incorporar a complexidade dos sistemas de produção da agricultura familiar e suas principais interações. Destaca-se que esse foi um importante avanço do estudo, para adequar o uso dessa metodologia no âmbito da agricultura familiar.

O uso articulado da rede de estabelecimentos de referência e da metodologia de ACV pode permitir uma contribuição significativa no processo de P&D, considerando, de maneira especial, três aspectos:

- a) O teste e a validação de alternativas tecnológicas que permitam incrementar a ecoeficiência de diferentes tipos de sistemas de produção, em diversas condições agroecológicas.

Análise de ciclo de vida (ACV) de sistemas de produção da agricultura familiar em...

- b) A geração e o desenvolvimento de tecnologias no âmbito do ciclo de vida com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental dos insumos utilizados no processo de produção.
- c) A identificação de demandas de pesquisa nos diferentes tipos de sistemas de produção de agricultura familiar.

Finalmente, é importante esclarecer que este é um estudo preliminar acerca da viabilização da agricultura familiar com vistas ao desenvolvimento sustentável. Sua contribuição necessita ser complementada por outros estudos, sobretudo, em virtude da importância da agricultura familiar, não só no Brasil, como também em diversos países do mundo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à idéia do desenvolvimento (rural) sustentável. In: ALMEIDA, J.; NAVARRO, J. **Reconstruindo a agricultura**: idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre-RS: Ed. Universidade - UFRGS, 1998. p. 33-55

BONNAL, P.; XAVIER, J. H. V.; SANTOS, N. A. dos; SOUZA, G. L. C. de; ZOBY, J. L. F.; GASTAL, M. L.; PEREIRA, E. A.; PANIAGO JÚNIOR, E.; SOUZA, J. B. de. **O papel da rede de fazendas de referência no enfoque de pesquisa-desenvolvimento**: Projeto Silvânia. Planaltina-DF: EMBRAPA - CPAC, 1994. 31 p. (EMBRAPA - CPAC. Documentos, 56).

CALDEIRA-PIRES, A.; RABELO, R. R.; XAVIER, J. H. V. Uso potencial da análise do ciclo de vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF; v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

CEDERBERG, C.; MATTSSON, B. Life cycle assessment of milk production: a comparison of conventional and organic farming. **Journal of Cleaner Production**, Great Britain, v. 8, p. 49-60, 2000.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

**RECOMENDAÇÕES técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1997. 204 p.

J. H. V. Xavier et al.

FOLLE, S. M.; BRANDINI, A. Uso de máquinas e implementos agrícolas no preparo de solos de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 7. , 1989, Brasília, DF. Estratégias de utilização: anais. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1995. p. 98-114.

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The eco-indicator 99**: a damage oriented method for life cycle impact assessment - Methodology Report. Netherlands: Pré Consultants, 2001. 132 p. Disponível em: <[http://www.pre.nl/download/EI99\\_methodology\\_v3.pdf](http://www.pre.nl/download/EI99_methodology_v3.pdf)>. Acesso em: 04 Ago. 2003.

HAAS, G.; WETTERICH, F.; KÖPKE, U. Comparing organic, intensive and extensive grassland farming in southern Germany by process Life Cycle Assessment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, England, v. 83, p. 43-53, 2001.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. de C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. de; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 2. ed. rev. São Paulo, SP: Pioneira, 1978. 325 p.

IBGE-Pesquisa Pecuária Municipal. SIDRA–Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Banco de Dados Agregados**. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>>. Acesso em: 02 Jul. 2003.

INCRA; FAO. **Novo retrato da agricultura familiar**: o Brasil redescoberto. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74p.

LIMA, M. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; LIGO, M. A. V. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões de metano da pecuária. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002, 78 p. <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 02 jul. 2003.

LOVISOLO, H. R. **Terra, trabalho e capital**: produção familiar e acumulação. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1989. 231 p.

MILLEVILLE, P. Investigacion sobre las practicas de los agricultores. **Revista Investigacion Desarrollo para América Latina**, Barquisimeto, Venezuela, n. 1, p. 09-15, 1992.

PRÉ CONSULTANTS SimaPro: version 5.0, [S.l.]: Product Ecology Consultants, 2001a. 1 CD-ROM. Conjunto de programas.

\_\_\_\_\_. **User manual**: introduction into LCA methodology and practice with SimaPro 5. Netherlands: Pré Consultants, 2001b. 48 p.

Análise de ciclo de vida (ACV) de sistemas de produção da agricultura familiar em...

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF: v. 19, n. 3, p. 349-375, set/dez. 2002.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 95 p.

SEBRAE (MG). **Diagnóstico do município de Unaí**. Belo Horizonte-MG, 1999. 172 p.

SILVA, G. L. da. **Viabilidade socioeconômica da reforma agrária: estudo de caso sobre o P. A. Renascer**. 2001. 88 f. Monografia – (Curso de Especialização e Extensão em Educação do Campo e desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos de Reforma Agrária). – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

VERFAILLIE, H. A.; BIDWELL, R. **Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance**. London: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2000. 37 p.

WANDERLEY, M. de N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: TEDESCO, J. C. (Org.). **Agricultura familiar: realidades e perspectivas**. 2. ed. Passo Fundo, RS: EDIUPF, 1999. Cap. 1, p.21-55.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. **Eco-efficiency and cleaner production: charting the course to sustainability**. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP), 1996. 18 p.

WEIDEMA, B. P. **Environmental assessments of products: a textbook on Life Cycle Assessment**. Helsinki: The Finnish Association of Graduate Engineers TEK, 1997. 93 p.

XAVIER, J. H. V. **Análise de ciclo de vida (ACV) da produção agrícola familiar em Unaí-MG: resultados econômicos e impactos ambientais**. 2003. 149 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Brasília, DF.

XAVIER, J. H. V.; CALDEIRA-PIRES, A. Uso potencial da Análise de Ciclo de Vida de Produtos (ACV) para a caracterização de impactos ambientais na agricultura. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 311-341, mai./ago., 2004.

J. H. V. Xavier et al.

ZOBY, J. L. F.; ROCHA, F. E. de C.; XAVIER, J. H. V.; GASTAL, M. L. **Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 64 p. (Embrapa. Programa 09 – Agricultura Familiar. Subprojetos 09.2002.015-01, 09.2002.015-02, 09.2002.015-03). Convênio CNPq 521041/001-5. Projeto em andamento.

\_\_\_\_\_. **Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 176 p. (Embrapa. Programa 09 – Agricultura Familiar. Subprojetos 09.2002.015-01, 09.2002.015-02, 09.2002.015-03). Convênio CNPq 521041/001-5. Relatório do Projeto 09.2002.015 e Subprojetos componentes.