

# PROPOSTA DE UM CONJUNTO MÍNIMO DE INDICADORES BIOFÍSICOS PARA O MONITORAMENTO DA SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS<sup>1</sup>

Omar Daniel<sup>2</sup>, Laércio Couto<sup>3</sup>, Elias Silva<sup>3</sup>, Carlos Alberto Moraes Passos<sup>4</sup>, Rasmô Garcia<sup>5</sup> e Ivo Jucksch<sup>6</sup>

**RESUMO:** Em função da escassez de trabalhos que considerem a avaliação da sustentabilidade dos sistemas, propuseram-se alguns critérios de seleção que foram aplicados a propostas de indicadores já existentes. O objetivo deste trabalho foi a proposição de um conjunto mínimo de indicadores que possam atender à demanda de monitoramento da sustentabilidade ambiental de sistemas agroflorestais, com ou sem o componente animal. As principais conclusões foram: a categoria recursos endógenos comportou o maior número de indicadores no componente biofísico; a maior concentração de indicadores na categoria recursos endógenos encontra-se nos elementos fauna, flora e solo; o elemento manejo técnico apresentou maior abundância de indicadores na categoria operação do sistema; todos os elementos da categoria recursos exógenos apresentaram praticamente o mesmo número de indicadores; o componente animal dos sistemas agroflorestais exige maior número de indicadores; a maioria dos indicadores sugeridos depende apenas de observações diretas e apenas uma minoria necessita de análises laboratoriais; a maioria dos indicadores sugeridos é de aplicação rápida e pouco onerosa; os sistemas agroflorestais sem o componente animal são mais fáceis e menos onerosos de serem monitorados.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade e indicadores ambientais

## PROPOSAL OF A MINIMUM SET OF BIOPHYSICAL INDICATORS FOR MONITORING THE SUSTAINABILITY IN AGROFORESTRY SYSTEMS

**ABSTRACT:** *Agroforestry Systems are considered sustainable alternatives to intensive production systems and due to the scarcity of research work related to the evaluation of sustainability of Agroforestry Systems, selection criteria are proposed which were applied to indicators already known*

---

<sup>1</sup> Parte integrante da Tese de Doutorado (UFV) do primeiro autor.

<sup>2</sup> Professor Doutor, DCA/UFMS, Caixa Postal 533, 79804-970 Dourados-MS, [omar@ceud.ufms.br](mailto:omar@ceud.ufms.br)

<sup>3</sup> Professores Doutores, DEF/UFV, 36571-000 Viçosa-MG

<sup>4</sup> Professor Doutor, FENF/UFMT

<sup>5</sup> Professor Doutor, DZO/UFV

<sup>6</sup> Professor Doutor, DPS/UFV, 36571-000 Viçosa-MG.

*in the pertinent literature. The objective of this paper comprised therefore the use of the smallest group of indicators which would be able to satisfy the requirements for monitoring environmental sustainability of Agroforestry Systems including or not the animal component. The main conclusions were: the category of endogenous resources involved the greatest number of indicators in the biophysical component; the greatest concentration of indicators in the category of endogenous resources is located in the fauna, flora and soil components; the element technical management showed the major occurrence of indicators in the category of operation of the system; all elements of the category of exogenous resources showed about the same number of indicators; the animal component of the Agroforestry Systems require greater number of indicators; the majority of the indicators suggested in this paper depend only upon the direct observations and only a small number need laboratorial analyses; most indicators suggested is cheap and easy to apply; Agroforestry Systems without the animal component are easier and cheaper to monitor.*

*Key words: Sustainable development, sustainability indicators and Agroforestry Systems.*

## 1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade encontra-se definida de diversas formas na literatura. Uma delas, a de Conway (1986), citada por Faeth (1994), é simples e genérica, por isso mesmo adaptável a diversas situações: "sustentabilidade é a habilidade de um sistema em manter sua produtividade quando este encontra-se sujeito a intenso esforço ou alterações".

Isto significa dizer que a sustentabilidade é a capacidade de um sistema de manter ou melhorar o estoque de capital, seja ele o manufaturado ou o natural, de uma geração para outra (De Camino & Müller, 1996) e também intragerações (Bartuska *et al.*, 1998). Na interpretação de Franklin (1995), sustentabilidade refere-se à manutenção do potencial do sistema para produzir a mesma quantidade e qualidade de bens e serviços perpetuamente.

Alguns aspectos essenciais do desenvolvimento agrícola, subordinados à sustentabilidade, podem ser caracterizados pelos seguintes temas (Sands & Podmore, 1997): incremento da produtividade salvaguardando a produtividade inerente do solo, por meio da manutenção da matéria orgânica, rotações de culturas e ciclagem de nutrientes; prevenção/minimização da degradação ambiental, protegendo águas superficiais e subterrâneas ou eliminando o uso de pesticidas e fertilizantes sintéticos; assegurar a capacidade

para sobreviver indefinidamente, minimizando as perdas de solo, reduzindo o uso de energia proveniente de combustível fóssil; manter a diversidade genética; manter a rentabilidade e a estrutura das comunidades.

No desenvolvimento sustentável, três fatores resumem a capacidade de sustentabilidade dos sistemas e envolvem os temas citados por Sands & Podmore (1997) e muito mais: o econômico, o social e o ambiental (Bensimón, 1991; SAP, 1997). Esta capacidade de ser sustentável pode ser avaliada em qualquer atividade humana, estando relacionada ao ambiente em estudo, seja urbano ou rural. Sua avaliação, para o caso da agricultura que é considerada como o principal suporte da sustentabilidade, pode ser operada nos níveis: global, nacional, regional, de propriedade, de ecossistema e de agroecossistema (Camino V. & Müller, 1993).

Por não contemplarem os princípios básicos da sustentabilidade, os atuais modelos intensivos de produção primária são considerados não sustentáveis. Dentre os modelos alternativos sustentáveis e de princípios agroecológicos, destacam-se os sistemas agroflorestais (SAF). Esta tecnologia, dentre outras, segundo Kaimowitz (1996), gera um agroecossistema produtivo menos dependente de recursos externos, além de satisfazer requisitos ambientais (Knight, 1980, citado por Altieri, 1991). Segundo Torquebiau (1989), o atendimento de muitos destes requisi-

tos ocorre em função do uso de recursos endógenos e de práticas de manejo que otimizam a produção combinada, e por gerarem numerosos serviços.

Vários autores, ao fazerem paralelos entre os SAF e os sistemas agrícolas tradicionais, citam que as suas vantagens superam as desvantagens (Couto, 1990; MacDicken & Vergara, 1990; Anderson & Sinclair, 1993; Estrada, 1995; Reiche C., 1995; Urrea, 1995).

Entretanto, há controvérsias quanto às afirmações de que os SAF em geral sejam realmente sustentáveis (MacDicken & Vergara, 1990). Estes autores citam outras fontes que afirmam que nem todas as combinações de árvores e cultivos agrícolas ou animais alcançam os objetivos da sustentabilidade, do incremento na produção e dos benefícios para a pobreza rural. Isto induz à necessidade de dispor de procedimentos metodológicos para avaliar os níveis de sustentabilidade dos sistemas agroflorestais.

O uso de indicadores biofísicos (Daniel et al., 1999b) e socioeconômicos (Daniel, 2000) é atualmente a metodologia mais utilizada para avaliar a sustentabilidade de sistemas de produção em geral. Isso porque fornece um simples meio de explicá-la e de aumentar a consciência pública para a necessidade de mudanças de comportamento frente ao desenvolvimento (Hart, 1995).

Em função disso, desenvolveu-se este estudo, cujo objetivo foi a seleção de um grupo mínimo de indicadores biofísicos que possam ser úteis na avaliação e monitoramento da sustentabilidade de sistemas agroflorestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Critérios para Seleção dos Indicadores

Neste trabalho, a metodologia utilizada para a definição de indicadores de sustentabilidade para SAF considera apenas aqueles relacionados com os aspectos socioeconômicos do conceito de sustentabilidade.

Para a aplicação da proposta foram utilizados os indicadores genéricos possíveis de se-

rem utilizados em SAF, produzidos por Daniel (1999b). O autor listou 117 indicadores, visando oferecer ampla possibilidade de adaptação desses indicadores às diversas variações de SAF atualmente existentes.

De modo a atender ao objetivo deste trabalho aplicaram-se à lista de indicadores de Daniel et al. (1999b) os critérios de seleção listados e caracterizados na Tabela 1. Os critérios utilizados nesta tabela foram os mesmos aplicados aos trabalhos do *The State Environmental Goals and Indicators Project* (SEGIP, 1995), da Universidade da Flórida, que os divide em dois tipos básicos:

a) critérios essenciais: critérios que um indicador deve atender (relevância, representatividade, escala apropriada, qualidade dos dados, mensurabilidade, importância, suporte de decisões, ambigüidade);

b) critérios preferenciais: critérios que um indicador pode atender (sensibilidade, resultabilidade, custo, integrabilidade, compreensibilidade, previsibilidade ou tendência).

Para melhor compreensão da Tabela 1, acrescenta-se que SEGIP (1995) sugeriu o uso de, pelo menos, um critério próprio do sistema em avaliação, para cada um dos seus 14 critérios de seleção.

Os critérios de 1 a 13 aplicados por Daniel (1999b), para selecionar os 117 indicadores citados em seu trabalho, foram complementados por mais seis critérios, compondo uma proposta de critérios que poderão ser usados para qualquer sistema de produção agrícola e não somente para SAF. Tais critérios, com algumas modificações, foram extraídas de Bertollo (1998).

Estes 19 critérios foram utilizados para reduzir o número de indicadores listados por Daniel et al. (1999b). A eles foi acrescentado um vigésimo critério, que foi a manutenção de, no mínimo, um indicador para cada descritor definido pelo autor. Este novo aspecto não consta da Tabela 1 porque foi específico para este trabalho, podendo ser retirado por usuários que necessitem

de uma maior maleabilidade da proposta para aplicá-la a outros sistemas de produção.

**Tabela 1** – Critérios de seleção de indicadores de sustentabilidade do sistema em valiação, relacionados com os critérios básicos de SEGIP (1995)**Table 1** – Selection criteria of indicators of sustainability of system analyzed, related with basic criteria of SEGIP (1995).

	Critérios de seleção de SEGIP (1995)													
	Relevância	Representatividade	Escala apropriada	Qualidade dos dados	Mensurabilidade	Importância	Supporte de decisões	Ambigüidade	Sensibilidade	Resultabilidade	Custo	Integrabilidade	Compreensibilidade	Previsibilidade ou tendência
Critérios de seleção do sistema em avaliação														
1	X													
2	X													
3	X													
4		X												
5			X											
6									X					
7				X										
8					X									
9				X										
10												X		
11	X													

Continua...

Continuação Tabela 1...

	Critérios de seleção de SEGIP (1995)													
	Relevância	Representatividade	Escala apropriada	Qualidade dos dados	Mensurabilidade	Importância	Supporte de decisões	Ambigüidade	Sensibilidade	Resultabilidade	Custo	Integrabilidade	Compreensibilidade	Previsibilidade ou tendência
	Critérios de seleção do sistema em avaliação													
12							X							
13						X								
14						X							X	
15													X	
16											X			
17									X					
18														
19		X						X						

Neste trabalho, os indicadores listados em Daniel (1999a), que não tenham atendido a um ou mais dos critérios preferenciais, não necessariamente foram excluídos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os indicadores selecionados como sendo úteis para a avaliação e monitoramento da sustentabilidade de SAF, no compartimento biofísico. Os indicadores encontram-se agrupados em descritores, elementos e categorias, segundo recomendação e descrição de Camino V. e Müller (1993), estrutura esta que também foi utilizada por Daniel (1999b).

Embora na metodologia tenha-se optado pelos argumentos de seleção dos indicadores aplicados por Daniel (1999b), o qual determinou a manutenção de pelo menos um indicador para cada descritor, foram feitas algumas modificações:

a) o elemento luz, cujo descritor era a radiação, foi excluído, uma vez que esta, por ter qualidade e quantidade fixas, independe do sistema produtivo utilizado. Além disso, seu aproveitamento depende de planejamento prévio, tornando-o pouco importante para a avaliação da sustentabilidade;

b) no elemento flora, o descritor mutualismo apresenta indicadores que são atendidos de forma indireta pelos indicadores do descritor uso de recursos naturais não renováveis, ou seja, o melhor aproveitamento de um implica em redução dos níveis dos outros, e vice-versa. Esta exclusão foi feita para o caso em questão, no qual procura-se oferecer um grupo mínimo de indicadores ideais, e não significa que, para SAF específicos, os avaliadores não possam adaptar um ou outro dos descritores citados;

c) outra alteração significativa foi o agrupamento dos quatro indicadores pertencentes ao descritor status do elemento ar em um único, a produção de poluentes, simplificando e reduzindo a avaliação;

d) o mesmo foi feito com os dois indicadores citados por Daniel (1999b), relacionados com limpezas químicas, que foram agrupados em um único indicador.

Com base em justificativa encontrada em Daniel (1999b), não se incluiu a categoria operação de sistemas exógenos na estrutura para definição de indicadores de sustentabilidade proposta por este trabalho.

Um resumo dos indicadores de sustentabilidade é apresentado na Tabela 3, onde se observa que, do total de indicadores biofísicos de sustentabilidade, 57 são recomendados para os sistemas silvipastoris e agrissilvipastoris, e 45 aos sistemas agrissilviculturais.

O incremento de 13 indicadores (10 deles especificamente relacionados com o elemento fauna) para avaliação dos sistemas com componente pastoril se deve ao aumento da complexidade das relações ecológicas entre os componentes, e à necessidade de monitorá-las.

Por ordem de grandeza da representatividade dos indicadores, verificou-se que 56,1%, 31,6% e 12,3% pertencem, respectivamente, às categorias: recursos endógenos, operação do sistema e recursos exógenos. O maior peso dos recursos endógenos já era esperado, tendo em vista ser esta categoria a base dos recursos disponíveis para a produção do sistema.

A categoria recursos endógenos compreende 56,1% dos indicadores obtidos, estando a maioria relacionada com os elementos fauna (19,3%), flora (15,8%) e solo (12,3%), haja vista que estes são importantes representantes do compartimento ambiental em qualquer ecossistema.

Fazendo-se o mesmo tipo de comparação na categoria operação do sistema, tem-se que o elemento manejo técnico incluiu 26,3% dos indicadores, enquanto que para o rendimento técnico a proporção foi de 5,3%.

Com relação à comparação dessa categoria com o total (31,6%), já era esperado que não superasse a categoria recursos endógenos (56,1%), tendo em vista a importância deste, que

caracteriza o próprio sistema de produção, e que biofísicos.  
é a fonte de todas as influências sobre os fatores

**Tabela 2** – Conjunto mínimo de indicadores biofísicos de sustentabilidade para sistemas agroflorestais.  
**Table 2** – *Minimum group of biophysical indicators of sustainability for agroforestry systems.*

Categoria	Elemento	Descritor	(Número do indicador) Indicador	SAF <sup>1</sup>
Recursos endógenos	Água	Status	(1) Nível médio de eutrofização dos reservatórios e/ou cursos d'água (Ca + Mg por ml)	1 2 3
	Solo	Precipitação	(2) Nível médio anual de turbidez dos reservatórios (TU- <i>Turbidez Unit</i> )	1 2 3
Conservação		(3) Terracamento (sim/não)	1 2 3	
Qualidade química		(4) Plantio direto de culturas agrícolas e cultivo mínimo de culturas florestais (sim/não)	1 2 3	
		(5) Capacidade de troca catiônica (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>3</sup> )	1 2 3	
		(6) Teor de matéria orgânica (%)	1 2 3	
Qualidade física		(7) Profundidade efetiva (cm)	1 2 3	
		Contaminantes	(8) Aplicação de agrotóxicos com conhecido poder residual prolongado no solo e com facilidade de lixiviação (sim/não)	1 2 3
Flora			Reprodução	(9) Aplicação de resíduos (lodo de esgoto, composto de lixo, etc.) no solo, utilizados como fertilizantes ou corretivos, que contenham contaminantes bioacumuladores nocivos (sim/não)
		(10) Hibridação entre espécies nativas e exóticas componentes do sistema (sim/não)		1 2 3
		Diversidade	(11) N° total de componentes da flora, utilizados em todo o ciclo do sistema	1 2 3
	Cadeia trófica	(12) N° de espécies consumidoras primárias	2 3	
	Alteração de habitats	(13) Destruição da vegetação nativa existente no sistema, em função do manejo de algum componente animal em regime aberto (sim/não)	1 2 3	
		Dinâmica	(14) Uso efetivo dos conceitos de máxima exploração da capacidade de sítio para cada componente vegetal, valorizando a ciclagem de nutrientes e o aproveitamento da luz (sim/não)	1 2 3
	Pragas e doenças	Estrutura	(15) Frequência anual de incidência de pragas em nível de dano econômico à vegetação	1 2 3
			(16) Frequência anual de incidência de doenças com efetivo dano econômico à vegetação	1 2 3
		(17) N° de espécies florestais nativas	1 2 3	
		(18) N° de espécies florestais exóticas	1 2 3	

Continua...

Continuação Tabela 2...

Categoria	Elemento	Descrição	Indicador	SAF <sup>1</sup>
Fauna	Reprodução Cadeia trófica Espécies raras Vida silvestre Parasitas e doenças Contaminantes		(19) Híbridação entre espécies nativas e exóticas componentes do sistema (sim/não)	2 3
			(20) Nº de espécies predadoras que compõem o sistema	2 3
			(21) Nº de espécies raras nativas que compõem o sistema	2 3
			(22) O sistema possibilita abrigo à fauna silvestre (sim/não)	1 2 3
			(23) Frequência anual de incidência de doenças com efetivo dano econômico aos componentes animais	2 3
			(24) Bioacumulação: aplicação de agrotóxicos com conhecido poder de acumulação na cadeia trófica (sim/não)	1 2 3
			(25) Nº de componentes animais (vertebrados e invertebrados) utilizados em todo o ciclo do sistema	2 3
			(26) Nº de espécies animais domésticas	2 3
			(27) Nº de espécies animais silvestres	2 3
			(28) Nº de espécies animais nativas	2 3
Ar	Status		(29) Nº de espécies animais exóticas	2 3
			(30) Produção de poluentes que alteram a visibilidade, que geram odores desagradáveis, que provocam irritações oculares ou que geram notável deposição, causando incômodo aos animais e ao homem (sim/não)	1 2 3
Energia	Consumo		(31) Consumo de madeira para energia, proveniente de áreas nativas manejadas ou plantadas (st ha.ano <sup>-1</sup> )	1 2 3
			(32) Proporção entre áreas de produção e áreas de proteção ambiental	1 2 3
Operação do sistema	Áreas de proteção Resíduos		(33) Reciclagem de embalagens, de forma direta ou indireta (sim/não)	1 2 3
			(34) Correto armazenamento de embalagens de produtos tóxicos (sim/não)	1 2 3
	Uso de recursos naturais não renováveis		(35) Queimadas (sim/não)	1 2 3
			(36) Uso de combustíveis fósseis (sim/não)	1 2 3
			(37) Aplicação intensiva de fertilizantes químicos (sim/não)	1 2 3

Continua...

Continuação Tabela 2...

Categoria	Elemento	Descritor	Indicador	SAF <sup>1</sup>	
Recursos Exógenos	Matéria orgânica		(38) N° de espécies vegetais decíduas ou semidecíduas	1 2 3	
			(39) Prática da incorporação de resíduos (sim/não)	1 2 3	
			(40) Prática da compostagem (sim/não)	1 2 3	
			(41) N° de limpezas químicas	1 2 3	
			(42) N° de limpezas mecanizadas pós-plantio	1 2 3	
	Práticas culturais		(43) N° de limpezas manuais	1 2 3	
			(44) Corte semi-mecanizado ou mecanizado (sim/não)	1 2 3	
			(45) N° de desbastes totalmente mecanizados	1 2 3	
	Rendimento Técnico		(46) N° de desbastes manuais	1 2 3	
			(47) Proporção entre o n° de árvores desramadas e o n° total de árvores	1 2 3	
			(48) Estimativa do volume da biomassa arbórea (volume há.ano <sup>-1</sup> ÷ 10)	1 2 3	
			(49) Estimativa do peso da biomassa vegetal não arbórea efetivamente colhida (t ha.ano <sup>-1</sup> )	1 2 3	
			(50) Estimativa do peso (t ha.ano <sup>-1</sup> )	2 3	
	Recursos Exógenos	Água	Status	(51) Nível médio anual de turbidez dos cursos d'água, a jusante da área do sistema	1 2 3
		Solo	Conservação	(52) Terracimento suficiente nas áreas vizinhas ao sistema (sim/não)	1 2 3
Flora		Alteração de habitats	(53) Impedimento do fluxo de propágulos vegetais (genes) entre habitats que se relacionavam antes da implantação do sistema (sim/não)	1 2 3	
		Cadeia trófica	(54) Alteração da cadeia trófica, se os predadores escaparem para o ambiente natural (sim/não)	2 3	
Fauna		Alteração de habitats	(55) Impedimento do fluxo de animais (genes) entre habitats que se relacionavam antes da implantação do sistema (sim/não)	1 2 3	
		Status	(56) Geração de qualquer tipo de poluição do ar por parte de sistemas exógenos vizinhos ao sistema em análise, que sejam fornecedores deste (sim/não)	1 2 3	
Ar		Áreas de proteção	(57) Existência de quaisquer prejuízos às áreas de proteção exógenas, em função da necessidade do cumprimento de compromissos com o sistema em análise (sim/não)	1 2 3	

<sup>1</sup> Sistemas Agroflorestais- (1) sistemas agrissilvipastoris; (2) sistemas agrissilvipastoris; (3) sistemas silvipastoris. Terminologia sugerida por Daniel et al. (1999b).

**Tabela 3.** Quantificação dos indicadores biofísicos de sustentabilidade para sistemas agroflorestais (SAF)**Table 3.** Quantification of biophysical indicators of sustainability for agroforestry systems (AF)

Categoria	Elementos	Nº de indicadores por SAF			Nº de indicadores por elemento
		Sistemas agris-silviculturais	Sistemas agris-silvipastoris	Sistemas silvipastoris	
Recursos endógenos	Água	2	2	2	2
	Solo	7	7	7	78
	Flora	8	9	9	9
	Fauna	2	12	12	12
	Ar	1	1	1	1
	Energia	1	1	1	1
	Áreas únicas	1	1	1	1
	Subtotal	22	32	32	32
Operação do sistema endógeno	Manejo técnico	15	15	15	15
	Rendimento técnico	2	3	3	3
	Subtotal	17	18	18	18
Recursos exógenos	Água	1	1	1	1
	Solo	1	1	1	1
	Flora	1	1	1	1
	Fauna	1	2	2	2
	Ar	1	1	1	1
	Áreas únicas	1	1	1	1
	Subtotal	6	7	7	7
	Total	45	57	57	57

Na categoria operação do sistema, 83,3% dos indicadores dizem respeito ao elemento manejo técnico, contra apenas 16,7% do rendimento técnico, o qual representa apenas a consequência do manejo (Daniel et al., 1999b).

Para a categoria recursos exógenos foram definidos poucos indicadores, em função de sua menor, porém, não menos importante atuação no sistema endógeno. Nesta categoria, todos os elementos tiveram praticamente o mesmo número de indicadores.

Na Tabela 4 encontra-se o número de indicadores distribuídos por SAF e por modo de avaliação dos indicadores.

Embora a quantidade de indicadores definidos neste trabalho seja bastante reduzida em relação ao proposto por Daniel et al. (1999b), ainda supera as sugestões de Torquebiau (1989), que definem 24 indicadores e Camino V. & Müller (1993) que recomendam entre 6 e 8. Embora extensa, a quantidade de indicadores proposta não é exaustiva e também não inclui altos custos no processo de avaliação. Isso porque a maioria deles é obtida por avaliação direta, sejam por simples respostas (sim/não) como é o caso do terraceamento, seja por observação direta como o número total de componentes.

**Tabela 4.** Quantidade de indicadores biofísicos distribuídos por sistema e por modo de avaliação  
**Table 4.** *Quantity of biophysical indicators distributed by system and by evaluation way*

Modo de avaliação dos indicadores		Sistemas		
		Agrissilviculturais	Agrissilvipastoris	Silvipastoris
Verificação direta	Resposta binária (sim/não)	23	25	25
	Observação direta	13	22	22
Laboratório	Instrumental	6	6	6
	Campo	3	4	4
Total		45	57	57

Dos indicadores que necessitam de alguma análise laboratorial, apenas seis deles exigem o uso de instrumentos e dependem de alguma estrutura mais sofisticada. Quatro deles relacionam-se com o elemento solo, sendo que, destes, três fazem parte das análises de rotina dos laboratórios pertinentes (indicadores de nº 5 a 7) e um depende apenas de rápida avaliação *in loco* (indicador nº 7). Os três restantes, pertencentes ao elemento "água", também podem ser analisados em laboratórios que operam com análises de água e que já têm rotinas definidas.

Os resultados demonstram que é possível avaliar a sustentabilidade de sistemas, de forma abrangente, porém de forma rápida a baixo custo.

Também fica demonstrado que os sistemas agrissilviculturais, por necessitarem de menor número de indicadores para avaliar a sustentabilidade ambiental, têm seu monitoramento mais fácil e menos oneroso que os sistemas que apresentam o componente animal.

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que: a categoria recursos endógenos requer o maior número de indicadores no componente biofísico; a maior concentração de indicadores sugeridos na categoria recursos

endógenos encontrou-se nos elementos fauna,

flora e solo; o elemento manejo técnico apresentou maior abundância de indicadores na categoria operação do sistema; todos os elementos da categoria recursos exógenos apresentaram praticamente o mesmo número de indicadores; o componente animal dos sistemas agroflorestais é visto como gerador da necessidade de acréscimo na quantidade de indicadores; a maioria dos indicadores sugeridos depende apenas de observações diretas e apenas uma minoria necessita de análises laboratoriais; a maioria dos indicadores sugeridos é de aplicação rápida e pouco onerosa; os sistemas agroflorestais sem o componente animal são mais fáceis e menos onerosos de serem monitorados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. Por que estudar la agricultura tradicional? **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, v. 1, n. 1, p. 16-24, mar. 1991.
- ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Forestry Abstracts**, Wallingford, v. 54, n. 6, p. 489-523, June 1993.

- BARTUSKA, T. J.; KAZIMEE, B. A.; OWEN, M. S. Defining sustainability. In: **Community sustainability**: a comprehensive urban regenerative process/a proposal for Pullman Washington, USA. Washington: School of Architecture/Washington State University, 1998. n.p.
- BENSIMÓN, C. L. Analisis de sostenibilidad de un plan de manejo forestal: caso Palcazu, Peru. **Revista Forestal del Peru**, Lima, v. 18, n. 2, p. 83-99, 1991.
- BERTOLLO, P. Assessing ecosystem health in governed landscapes: a framework for developing core indicators. **Ecosystem Health**, Malden, v. 4, n. 1, p. 33-51, Mar. 1998.
- CAMINO V., R. de; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales**: bases para establecer indicadores. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Projeto IICA/GTZ, 1993. 134 p. (Serie Documentos de Programas/IICA, 38)
- COUTO, L. O estado da arte de sistemas agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 94-98.
- DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais**. 2000. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 367-370, jul./set. 1999a.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; SILVA, E.; JUCKSCHI, I.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Sustentabilidade em sistemas agroflorestais: indicadores biofísicos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 38-392, out./dez. 1999b.
- DE CAMINO, R.; MÜLLER, S. Esquema para la definición de indicadores. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.10, p.62-67, nov. 1996.
- ESTRADA, R. Economic and institutional analysis of agroforestry projects in Honduras. In: CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. (Ed.). **Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry**: project experience in Central America and the Caribbean. Washington: World Bank, 1995. p.114-131. (World Bank Environment Paper Number, 14).
- FAETH, P. Análisis económico de la sustentabilidad agrícola. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n. 7, p. 32-41, ago. 1994.
- FRANKLIN, J. F. Sustainability of managed temperate forest ecosystems. In: MUNASINGHE, M.; SHEARER, W. **Defining and measuring sustainability: the biogeophysical foundations**. New York: United Nations University, 1995. p. 356-385.
- HART, M. **Criteria and ranking scheme for indicators of sustainability**. North Andover, MA, USA: QLF/Atlantic Center for the Environment, 1995. 21 p.
- KAIMOWITZ, D. El avance de la agricultura sostenible en América Latina. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.10, p.2-9, nov. 1996.
- MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: classification and management. New York: John Wiley & Sons, 1990. 382 p.
- REICHE C., C. Economic and institutional analysis of agroforestry projects in El Salvador.

- In: CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. (Ed.). **Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry**: project experience in Central America and the Caribbean. Washington: World Bank, 1995. p. 81-95. (World Bank Environment Paper Number, 14).
- SANDS, G. R.; PODMORE, T. H. **Development of an environmental sustainability index for irrigated agricultural systems**. Colorado: Colorado State University, 1997. 11 p.
- SAP - Southern African Perspectives. Sustainable development and environmental assessment. **Splash**, Lenexa, v. 13, n. 1, p. 10-16,19-20, 1997.
- SEGIP - The State Environmental Goals and Indicators Project. Evaluation criteria. In: BERGQUIST, G. et al. **Prospective indicators for state use in performance agreements**. Florida: SEGIP/Florida Center for Public Management, 1995. p. B6-B7.
- TORQUEBIAU, E. Sustainability indicators in agroforestry. In: HUXLEY, P.A. (Ed). **Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1989. 14 p. (irregularmente paginado)
- URREA, O. S. Economic and institutional analysis of agroforestry projects in Guatemala. In: CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. (Ed.). **Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry**: project experience in Central America and the Caribbean. Washington: World Bank, 1995. p. 96-113. (World Bank Environment Paper Number, 14).