

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO
CULTIVO COMERCIAL DO BAMBU GIGANTE:
PRODUÇÃO DE COLMOS E BROTOS**

RODRIGO LUIZ GUARNETTI

São Paulo

2007

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CULTIVO
COMERCIAL DO BAMBU GIGANTE: PRODUÇÃO DE COLMOS E
BROTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Profº Dr. Biagio F. Giannetti

Co-orientador: Profº Dr. Silvia H. Bonilla

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Produção mais limpa e ecologia industrial

Projeto de Pesquisa: Cálculo de indicadores ambientais

RODRIGO LUIZ GUARNETTI

São Paulo

2007

Guarnetti, Rodrigo Luiz.

Estudo da Sustentabilidade Ambiental do Cultivo Comercial do Bambu Gigante: Produção de Brotos e Colmos.

287p.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Paulista (UNIP) São Paulo, 2007.

Área de concentração: Engenharia de Produção e Meio Ambiente

Orientador: Biagio F. Giannetti

Co-orientador: Silvia H. Bonilla

1. Bambu 2. Sustentabilidade 3. Emergia 4. Diagrama Ternário

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mulher Fátima, que me mostrou o caminho a ser seguido.

AGRADECIMENTOS

Ao grande mestre e amigo Prof^o Dr. Biagio F. Giannetti pela competente orientação e paciência.

À minha co-orientadora Prof^a Dra. Sílvia Helena Bonilla pelo incentivo e dicas importantes para o trabalho.

Prof^a Dra. Cecília M. V. B. Almeida, acreditou na proposta de pesquisa e contribuiu com minha formação acadêmica.

Prof^o Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira, por fornecer dados relevantes sobre bambu e participar da Banca Examinadora. Obrigado por mais essa instrução.

Prof^o Dr. Aldo Roberto Ometto, membro da Banca Examinadora, contribuiu para o aprimoramento deste trabalho com preciosas sugestões.

Aos companheiros de curso que contribuíram com esse trabalho, em especial Carlos Cezar e Fernando Faro.

*Se fosse possível voltar o filme de minha vida,
teria usado mais gravatas...*

SUMÁRIO	
Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Equações	xi
Lista de Abreviações e Símbolos	xii
Observação	xii
GLOSSÁRIO	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Princípios da Sustentabilidade Ambiental	18
1.2. O bambu	21
2. OBJETIVOS	25
2.1. Objetivos Gerais	25
2.2. Objetivos Específicos	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
4. METODOLOGIA E FUNDAMENTOS	34
4.1. Origem dos dados empregados no cultivo comercial do bambu gigante	34
4.2. Descrição do sistema de cultivo comercial de bambu gigante	37
4.3. Contabilidade ambiental em energia do cultivo de pinus no Brasil	39
4.4. Contabilidade Ambiental em Energia	40
4.5. Transformidade e energia/unidade	41
4.6. Indicadores Ambientais	44
4.7. Diagrama de fluxos de energia	46
4.8. Diagrama Ternário de Energia	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1. Contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu gigante	53
5.1.1. Diagrama de fluxos de energia	53
5.1.2. Contabilidade ambiental em energia da fase de implantação	55

5.1.3. Contabilidade ambiental em emergia do estado estacionário	62
5.1.4. Análise dos recursos ambientais empregados	70
5.2. Estudo da sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante	74
5.2.1. Evolução da sustentabilidade ambiental desde a fase de implantação até o estado estacionário	74
5.2.2. Sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante no estado estacionário	79
5.2.3. Influência da renovabilidade da água de irrigação na sustentabilidade ambiental	81
5.2.4. Influência do valor da emergia por unidade da água de irrigação na sustentabilidade ambiental	82
5.2.5. Influência da mão de obra local na sustentabilidade ambiental	84
5.3. Comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de broto de bambu com alimentos tradicionais	86
5.4. Comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de pinus com bambu	95
6. CONCLUSÃO	103
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	107
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXO A	117
ANEXO B	124
ANEXO C	129
ANEXO D	130
ANEXO E	134
ANEXO F	141
ANEXO G	160
ANEXO H	167
ANEXO I	176
ANEXO J	183
ANEXO K	198

ANEXO L	207
ANEXO M	212
ANEXO N	218
ANEXO O	226
ANEXO P	234
ANEXO Q	239
ANEXO R	242
ANEXO S	245
ANEXO T	247
ANEXO U	253
ANEXO V	261
ANEXO X	271
ANEXO Z	272
ANEXO A1	278
ANEXO B1	280

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Emergia/unidade empregada nesse trabalho	42
Tabela 2 - Resumo dos índices em emergia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação (espaçamento 7x8 m)	56
Tabela 3 - Resumo dos índices em emergia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos (espaçamento 7x7 m)	57
Tabela 4 - Resumo dos índices em emergia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados (espaçamento 7x7 m)	58
Tabela 5 - Resumo dos índices em emergia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos (espaçamento 7x7 m)	60
Tabela 6 - Resumo dos índices em emergia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado a produção de brotos irrigados (espaçamento 7x7 m)	60

Tabela 7 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação	63
Tabela 8 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados	86
Tabela 9 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação	67
Tabela 10 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigados	68
Tabela 11 - Semelhança na composição nutricional dos alimentos. Valor de referência: 100g	86
Tabela 12 - Contabilidade ambiental do cultivo de pinus	96
Tabela 13 - Produção e os investimentos e energia dos cultivos de pinus e bambu com manejo voltado à produção de colmos	99

Lista de Figuras

Figura 1 - Três modelos de sustentabilidade ambiental	20
Figura 2 - Partes do bambu	22
Figura 3 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações	22
Figura 4 - Distribuição de bambu no mundo	23
Figura 5 - Moita de bambu gigante	24
Figura 6 - Localização Projeto Bambu (Unesp/Bauru) na cidade de Bauru	35
Figura 7 - Áreas de cultivo de bambu na forma de moitas na Austrália	36
Figura 8 - Símbolos utilizados nesta dissertação para construção dos diagramas de fluxo de energia	47
Figura 9 - Representação de um diagrama de fluxos de energia	48
Figura 10 - Elementos principais da planilha de contabilidade ambiental em energia	49
Figura 11 - Linhas que representam fontes de recursos admitindo um ponto hipotético "A"	51
Figura 12 - Linhas de sustentabilidade	52
Figura 13 - Diagrama de fluxos de energia referente ao cultivo do bambu voltado à produção de brotos ou colmos	53

Figura 14 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação	71
Figura 15 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados	72
Figura 16 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação	73
Figura 17 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigados	74
Figura 18 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação	76
Figura 19 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de colmos irrigados	77
Figura 20 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de brotos irrigados	78
Figura 21 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação no cultivo com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação	79
Figura 22 - Sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos e de colmos	80
Figura 23 - Variação da sustentabilidade de acordo com a renovabilidade da água de Irrigação no cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos	82
Figura 24 - Variação da sustentabilidade com diferentes valores de energia/unidade empregada no cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos com irrigação	83
Figura 25 - Influência da mão de obra na variação da sustentabilidade no cultivo de colmos sem irrigação (dados do Projeto Bambu/Unesp-Bauru)	85
Figura 26 - Sustentabilidade ambiental da produção de alimentos similares sob o aspecto nutricional	87
Figura 27 - Comparação dos fluxos de energia por área dos alimentos com composição nutricional semelhante	88
Figura 28 - Percentual de energia renovável dos alimentos com composição nutricional semelhante	89
Figura 29 - Comparação da produção em massa seca por área dos alimentos com composição nutricional semelhante	90

Figura 30 - Comparação da energia por massa dos alimentos com composição nutricional semelhante	91
Figura 31 - Energia por grama de proteína dos alimentos com composição nutricional semelhante	92
Figura 32 - Energia por grama de carboidrato dos alimentos com composição nutricional semelhante	93
Figura 33 - Energia por grama de fibra dos alimentos com composição nutricional semelhante	94
Figura 34 - Energia por joule dos alimentos com composição nutricional semelhante	95
Figura 35 - Recursos ambientais empregados no cultivo de pinus	98
Figura 36 - Sustentabilidade ambiental do cultivo	99
Figura 37 - Influência das parcelas renováveis nos resultados da sustentabilidade dos cultivos	101

Lista de Equações

Equação 1	44
Equação 2	44
Equação 3	45

Lista de Abreviações e Símbolos

EIR	Razão de Investimento em Emergia (<i>Emergy Investment Ratio</i>)
ELR	Razão de Carga Ambiental (<i>Environmental Loading Ratio Indice</i>)
ESI	Índice de Sustentabilidade (<i>Environmental Sustainability Indice</i>)
EYR	Razão de Rendimento em Emergia (<i>Emergy Yield Ratio</i>)
F	Recurso Proveniente da Economia
N	Recurso Não Renovável
R	Recurso Renovável
sej	Joule de Emergia Solar (<i>solar emergy joules</i>)
Y	Emergia Total (Saída do Sistema)

Observação

Os termos em línguas estrangeiras e nomes científicos constantes neste trabalho estão grafados em *itálico*, a não ser quando em referências bibliográficas.

As citações bibliográficas contidas nesse trabalho estão de acordo com a revista científica *Agriculture Ecosystems & Environment*.

GLOSSÁRIO

Albedo: relação de energia radiante refletida e recebida por uma superfície, expressa geralmente em porcentagem, sendo que uma aplicação mais comum é a luz refletida por um corpo celeste (IBGE, 2004).

Angiospermas: possuem sementes abrigadas no interior de frutos, são do grupo das plantas com flores (Moizéz, 2007).

Assexuadamente: forma mais comum de reprodução por propagação. Ocorre principalmente a partir de caules (Moizéz, 2007).

Colmo: caule do bambu; Cresce apenas horizontalmente e permanece com o mesmo diâmetro por toda a sua vida, pois este não apresenta características anatômicas radiais (IBGE, 2004).

Exergia: é o nome dado ao processo de colocar dois sistemas térmicos em equilíbrio. Uma outra definição seria a de balancear o calor e o trabalho de um sistema. Ou simplesmente exergia é a energia disponível que se usa num processo. (Wikipédia, <http://pt.wikipedia.org/>)

Insolação: radiação solar direta incidente por unidade de área em um dado local. O número de horas de brilho solar é variável e depende, principalmente, do período do ano, do período do dia e da latitude local (IBGE, 2004).

Irrigação por aspersão: método de irrigação onde a água é conduzida em tubos sob pressão, e aplicada na cultura em forma de chuva artificial (IBGE, 2004).

Laminado: peça que consiste de chapas ou lâminas de madeira unidas através de colas adesivas ou meios mecânicos (IBGE, 2004).

Manejo: interferência planejada e criteriosa do homem no sistema natural, visando um benefício ou, favorecendo o funcionalismo essencial desse sistema natural. É baseado em método científico e apoiado em pesquisa e conhecimentos sólidos (IBGE, 2004).

Monocotiledôneas: plantas com presença de um cotilédone, raízes fasciculadas, folhas com nervuras paralelas (Moizéz, 2007).

Resinas fenólicas: bastante versátil e moldável, a resina fenólica apresenta uma grande capacidade de resistência tanto ao calor como a umidade. Pode ser utilizada para diversas aplicações: sob a forma de verniz, impregnada em tecidos e madeira, entre outras (Augusto Guimarães & Irmãos http://www.agi.pt/resina_fenolica.html).

RESUMO

O estudo de aspectos relacionados a sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) em escala comercial no Brasil tanto voltado à produção de colmos como de brotos foi possível empregando a contabilidade ambiental em emergia. O recurso mais significativo em uso de emergia no cultivo sem irrigação é a mão de obra (35% em emergia). A água de irrigação é o recurso mais significativo (30% em emergia) utilizado nos cultivos irrigados. Se a localidade do sistema ou a qualidade da água de irrigação for alterada, o valor do Indicador de Sustentabilidade muda significativamente. O diagrama ternário possibilitou visualizar de forma clara os diferentes valores do Indicador de Sustentabilidade do cultivo do broto de bambu e de alimentos concorrentes. Foram comparados os cultivos de alimentos que possuem aspectos nutricionais semelhantes ao broto de bambu: repolho, feijão verde, batata e tomate. O cultivo do broto de bambu apresenta maior sustentabilidade ambiental entre os cultivos de alimentos pesquisados. Quando comparado com a produção de madeira de pinus, o cultivo do bambu voltado à produção de colmos é mais sustentável quando considerado as parcelas renováveis da mão de obra e energia elétrica. Sem essa consideração, o cultivo de pinus tem maior sustentabilidade.

**Colmos: caules do bambu que crescem apenas horizontalmente e permanecem com o mesmo diâmetro por toda a sua vida.*

Palavra Chave: bambu, sustentabilidade, emergia, diagrama ternário.

ABSTRACT

The study of aspects about the environmental sustainability of the commercial scale cultivation of the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus*) in Brazil to produce either *culms or shoots, was possible employing the emergy environmental accounting. The major emergy flow on the cultivation without irrigation is the labor input representing about 35% of all emergy value. On the other hand, the irrigation water is the main emergy flow for the irrigated cultivation, representing about 30% of all emergy value. If the local where the system is placed or the quality of irrigation water is altered, the value of Sustainable Index significantly changes. The ternary diagram enabled to visualize clearly the value of Sustainable Index of the cultivation of bamboo shoot and competitive food. Cultivation of food with similar nutrition properties compared with bamboo shoot: was selected to make the comparison: cabbage, green bean, potato and tomato. The cultivation of bamboo shoot show major environmental sustainability among the cultivations of foods searched. When compared with the production of pinus wood, the cultivations of bamboo with production of culms is more sustainable when considered the renewable parts of labor and electrical energy. If this consideration is not made, the cultivation of pinus presents major sustainability.

**Culms: bamboo's stalks that grow up only horizontally and get with the same diameter for all your life.*

Keywords: bamboo, sustainability, emergy, ternary diagram.

1. INTRODUÇÃO

O fato das atividades humanas atuais operarem próximas aos limites da biosfera impõe que os sistemas produtivos sejam ambientalmente sustentáveis. Processos que consomem altas taxas de energia renovável precisam ser identificados, afinal, são mais sustentáveis do que aqueles que utilizam altas quantidades de energia não renovável (Lefroy e Rydberg, 2003).

O cultivo comercial do bambu é por muitos um sistema com grandes vantagens ambientais. Países como China, Tailândia, entre outros, produzem e consomem grandes quantidades de bambu (Kamegasawa, 2004), seja na forma de brotos, servindo de alimento, ou colmos, onde quando processado (laminado) pode ser utilizado como pisos, cabos de ferramentas, móveis, componentes da construção civil, entre outros. Além de ser o recurso natural que menos tempo leva para ser renovado, não havendo nenhuma espécie de planta que o possa superá-lo em velocidade de crescimento e aproveitamento por área, o bambu ainda é um excelente fixador de carbono (Pereira, 2006a). Essas características despertaram o interesse de países como o Equador, Costa Rica, Colômbia, Austrália entre outros, que hoje possuem extensas plantações comerciais de bambu.

A contabilidade ambiental em energia (Odum, 1996) é uma metodologia capaz de avaliar a sustentabilidade do cultivo de bambu, pois ao mesmo tempo permite contabilizar os recursos naturais e econômicos que atravessam o sistema utilizando uma unidade comum, denominada sej (joule de energia solar). Nesse sentido, Brown e Ulgiati (2002), definiram o Indicador de Sustentabilidade em Energia (ESI), que reflete a habilidade do sistema produtivo em maximizar o rendimento e minimizar a carga ambiental.

Em recente artigo, Giannetti e colaboradores (2006), propuseram o diagrama ternário de energia e suas aplicações foram descritas por Almeida et al. (2007). Trata-se de uma ferramenta gráfica que pode ser utilizada como suporte na tomada de decisão. A imediata visualização dos dados da

contabilidade ambiental em emergia, permite comparar processos com ou sem serviços do ecossistema, além de acompanhar seu desempenho ao longo do tempo.

O objetivo desse trabalho é estudar e comparar a sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante em escala comercial com produtos agrícolas concorrentes, onde a ênfase está voltada às condições de cultivo do Brasil. A contabilidade ambiental em emergia juntamente com o diagrama ternário serão empregados nesse estudo.

1.1 Princípios da Sustentabilidade Ambiental (Giannetti et al., 2007).

A sustentabilidade ambiental dificilmente será alcançada se a relação entre as decisões (sejam do consumidor ou do produtor) e a biosfera não for entendida. A implementação de melhorias ambientais locais não é uma garantia de contribuição à sustentabilidade. Segundo Herman Daly (1997), ideólogo da *Teoria da Sustentabilidade*, há dois princípios básicos a serem atendidos:

1º princípio da sustentabilidade ambiental

Os recursos naturais não devem ser consumidos a uma velocidade que impeça sua recuperação.

2º princípio da sustentabilidade ambiental

A produção de bens não deve gerar resíduos que não possam ser absorvidos pelo ambiente de forma rápida e eficaz.

A aplicação desses princípios em *nível global* direciona *ações locais* em prol da conservação dos sistemas de sustentação da vida e da biodiversidade, do aumento de uso de recursos renováveis, da minimização da utilização de

recursos não renováveis e do respeito aos limites da capacidade de suporte dos ecossistemas.

A figura 1 mostra três modelos de interação dos sistemas humanos (econosfera e sociosfera) com o meio ambiente (ecosfera). Nestes modelos podem ser identificados os fluxos que se referem aos princípios da sustentabilidade de Herman Daly (1997). O primeiro modelo de interação (A) representa os sistemas humano e natural como compartimentos ilimitados em seu desenvolvimento. Neste tipo de sustentabilidade fraca, a soma de todos os capitais (ambiental, econômico e social) é mantida constante, sem diferenciação do tipo de capital. Admite-se a perfeita substituição entre os diferentes tipos de capitais. Por exemplo, uma planta de tratamento de efluentes líquidos substituiria perfeitamente o serviço ambiental de purificação de água realizado por uma floresta.

O segundo modelo de sustentabilidade média (B) considera os três compartimentos (eco, econo e sociosfera) como áreas de domínio comuns. Contudo, neste modelo há outras áreas que são independentes. As interações de troca entre os sistemas (humanos) social e econômico possuem áreas que não dependem fortemente do sistema natural. Neste tipo de sustentabilidade, a soma dos três tipos de capital (ecológico, econômico e social) é também mantida constante, porém a substituição entre os diferentes tipos de capital é parcial. Por exemplo, o plantio de um bosque substituiria parcialmente o capital natural de uma floresta natural.

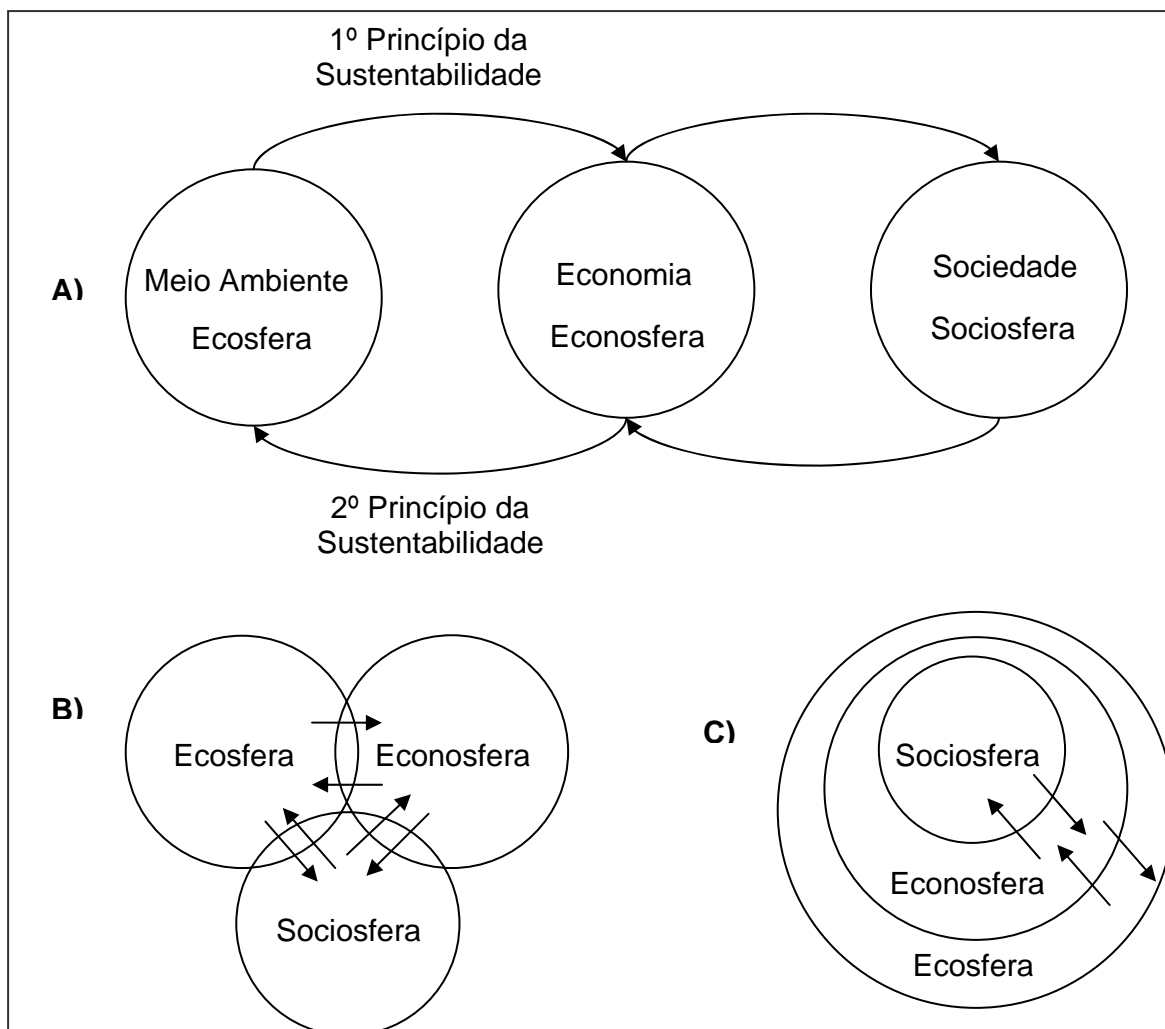


Figura 1 - Três modelos de sustentabilidade ambiental: (A) fraca, (B) média e (C) forte.

No modelo de sustentabilidade ambiental forte (C), o meio ambiente contém os sistemas humanos, fornecendo recursos (como minérios e energia solar) e prestando serviços ambientais (como a dispersão de poluentes). Estes recursos e serviços ambientais são a base do desenvolvimento socioeconômico e são a fonte da real prosperidade humana. Os sistemas humanos estão contidos no sistema natural e a econosfera e a sociosfera não podem crescer além das limitações intrínsecas da biosfera.

Neste tipo de modelo (C), para alcançar a sustentabilidade é necessário manter o capital. Por exemplo, o esgotamento dos combustíveis fósseis é compensado pelo desenvolvimento de outra fonte de energia, como as fontes de energia renováveis. Nesse contexto o Indicador de Sustentabilidade em Energia (ESI) desenvolvido por Brown e Ulgiati (1997) parece ser ideal para avaliar a sustentabilidade ambiental de processos produtivos, pois leva em conta os aspectos relacionados ao rendimento dos processos e a carga imposta ao meio ambiente (maiores detalhes a respeito do ESI e outros indicadores ambientais na seção Metodologia e Fundamentos, item 4.6).

1.2 O bambu

Classificado como *Bambusae*, subfamília das *Graminae*, o bambu é classificado como uma planta lenhosa, monocotiledônea, e pertencente às angiospermas. É constituído por uma parte aérea denominada colmo, e outra subterrânea caracterizada pela presença de rizoma e raiz. Seus colmos são cilíndricos, ocos e separados transversalmente por internós, denominados de diafragmas, que externamente é representado pelos nós de onde nascem os ramos e folhas como pode ser visto na figura 2.

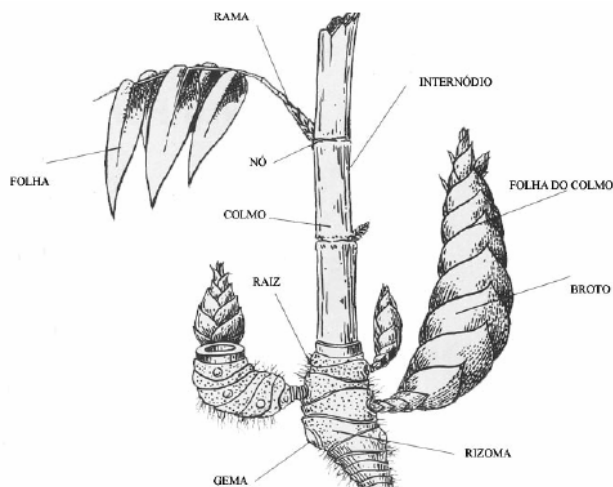


Figura 2 - Partes do bambu (Teixeira, 2006).

Diferente da madeira, o caule do bambu, cresce apenas horizontalmente e permanece com o mesmo diâmetro por todo a sua vida, pois este não apresenta características anatômicas radiais, esses colmos apresentam em média comprimentos de 20 a 35cm entre um nó e outro, sendo geralmente oco, com raríssimas espécies onde é totalmente sólido. A figura 3 mostra as partes do colmo em maiores detalhes.

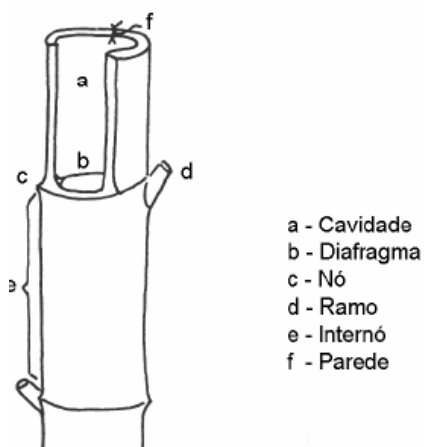


Figura 3 - Seção de um colmo de bambu e suas denominações (Janssen, 1988).

O rizoma é responsável pelo nascimento e desenvolvimento de novos colmos. Exerce também a importante função de armazenar nutrientes para a planta, podendo ser classificados em dois grupos: o tipo moita ou simpodial e o tipo alastrante ou monopodial.

Os bambuzais podem ser encontrados em latitudes 45° 30'norte e 47° sul. Sua principal área de distribuição é nos trópicos, em regiões quentes e chuvosas como na Ásia tropical, África e América do Sul, possuindo poucas espécies nas áreas temperadas. A maioria das espécies se desenvolvem em temperaturas que podem variar de 8° C a 36° C (Figura 04).



Figura 4 - Distribuição de bambu no mundo (Moizés, 2007)

O bambu gigante

Dendrocalamus giganteus é o nome da espécie conhecida popularmente como bambu gigante. É o maior bambu do Mundo (Cusak, 1997), seus colmos podem alcançar 30 metros de comprimento por 30 centímetros de diâmetro. Originário da Tailândia pode ser cultivado em temperaturas que variam de - 4°C a 25 °C. A figura 5 mostra uma moita de bambu gigante.



Figura 5 - Moita de bambu gigante

Florescimento

Os bambus apresentam florações do tipo esporádicas, que ocorrem apenas em algumas plantas de uma população, e do tipo sincrônicas, que ocorrem simultaneamente em todas as plantas de uma população.

Em muitas espécies de bambus o florescimento é um fenômeno raro, podendo acontecer em intervalos de até 120 anos (Filgueiras, 1988). Várias espécies de bambus morrem ao florescer devido à energia desprendida pela planta para a formação de um grande número de sementes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- São dois os objetivos a serem alcançados no estudo da sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante:
 - Identificar os recursos de maior impacto na sustentabilidade ambiental empregando a contabilidade ambiental em emergia;
 - Realizar estudos comparativos da sustentabilidade ambiental de alguns produtos agrícolas concorrentes.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a contabilidade ambiental em emergia do cultivo comercial do bambu gigante;
- Identificar os recursos ambientais mais significativos em uso de emergia no cultivo do bambu e verificar sua influência na sustentabilidade ambiental;
- Estudar a evolução dos indicadores ambientais em emergia ELR – Indicador de carga ambiental, EYR – Indicador de rendimento em emergia e o ESI - Indicador de sustentabilidade ambiental, desde a implantação até o estado estacionário;
- Comparar a sustentabilidade ambiental entre o cultivo do broto de bambu e alimentos semelhantes na composição nutricional;
- Comparar a sustentabilidade ambiental do cultivo de pinus e de bambu.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O bambu no Mundo

Nos últimos anos o bambu vem chamando à atenção de pesquisadores em todo o mundo (Kamegasawa, 2004). Sua exploração pode ser voltada à alimentação quando o manejo é voltado à produção de brotos ou à produção de matéria prima na fabricação de papel, tecido, construção civil, móveis, laminado colado entre outras, quando a produção é voltada a colmos.

Na alimentação, os países asiáticos mantêm a tradição do uso do bambu, onde a população consome o bambu isolado ou misturado a legumes e verduras. O broto de bambu é um alimento rico em proteínas, cálcio, ferro e vitaminas, é bastante apreciado nos mais variados pratos. Neste continente, brotos e cervejas de bambu também são processados e enlatados, atividade que constitui parte importante da indústria alimentícia dessa região (Teixeira, 2006).

Os colmos do bambu possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas que podem ser utilizadas em lugar dos custosos plásticos e metais. Suas características de leveza, força, dureza, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho são ideais para os diferentes propósitos tecnológicos (Pereira, 1997a).

A produção de laminados ou compensados utilizando colmos de bambu é outra utilização industrial. Existem várias fábricas de pisos laminados feitos de bambu, os chamados de *Plyboo*, pelo mundo. A tecnologia de produção de compensados de bambu é parecida com a utilizada em madeiras. O produto é obtido pela união de camadas delgadas de bambu dispostas alternadamente em ângulo reto. A união de tais camadas é realizada com resinas fenólicas. Na China, o potencial de produção de compensado de bambu é de 4.200.000 m³,

que corresponde a quatro vezes à produção atual de compensado de madeiras (Teixeira, 2006).

Embora milenar, a cultura do bambu, teve sua utilização e pesquisa, predominantemente restritas aos países orientais. A China utiliza a polpa do bambu para produzir papel há mais de 1700 anos (Pereira, 1997b), possuindo atualmente uma área cultivada de 7 milhões de hectares, segundo dados do China National Bamboo Research Center (CNBRC, 2001), representando aproximadamente 32% dos 25 milhões de hectares de bambu plantados em todo o mundo. Desde 1970, o governo chinês tem dado maior atenção às pesquisas relativas à proteção, melhoramentos genéticos e processamento de painéis à base de bambu (Moizéz, 2007).

Na Austrália, o RIRDC (Rural Industries Research & Development Corporation), um dos maiores órgãos ligados ao desenvolvimento e pesquisas na agricultura e indústria, tem obtido dados de interesse mundial com relação ao plantio do bambu em escala comercial. Em 1997, formulou um questionário relacionado ao cultivo do bambu na Austrália e enviou para produtores em todo país. Com base nas respostas, foi possível mapear e identificar os maiores problemas enfrentados pelos produtores. Os dados foram discutidos em congresso (Midmore, 1998), possibilitando elaborar um projeto de incentivo à produção em escala comercial de bambu, além de fornecer dados visando obter maior eficiência em seu manejo.

Na América Latina, países como o Equador, Costa Rica e a Colômbia, se destacam por utilizarem bambu em diversas aplicações como a construção de casas, pontes, postes e outros.

O Brasil possui uma grande variedade de espécies de bambu, sendo encontrada por todo o território nacional, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Teixeira, 2006). Observadas as proporções territoriais e o clima da China, que é o maior produtor de bambu, no Brasil visualiza-se também o favorecimento de uma

produção em larga escala, principalmente pelo clima tropical e subtropical das extensas áreas existentes.

A maior produção no Brasil está destinada à fabricação de vara-de-pesca, mobiliários tradicionais utilizando colmos de bambu, artesanato, brotos comestíveis, instrumentos e papéis de fibras longas. No Brasil a empresa Itapagé– Celulose, Papéis e Artefatos, fundada em 1974 no estado do Maranhão, às margens do Rio Parnaíba, possui mais de 30.000 hectares destinados à cultura de bambu, que é destinado à produção de celulose de fibra longa, de alta resistência, ideal para a fabricação de papel (Fonte:<http://www.itapage.com>, 2006).

A falta de conhecimento agrônômico e tecnológico desenvolvidos especificamente para o bambu, dificulta a disseminação de seu uso (Azzini e Salgado, 1981). Nesse sentido, pesquisadores monitoram cultivos e estudam a viabilidade de sua aplicação na indústria, seja produzindo brotos ou colmos (Pereira e Garbino, 2003).

Estudo da sustentabilidade ambiental nos sistemas agrícolas

O estudo da sustentabilidade de sistemas produtivos que operam na interface entre o meio ambiente e a economia, como é caso dos sistemas agrícolas, requer uma metodologia capaz de considerar tais interações. A contabilidade ambiental em emergia, desenvolvida por Odum (Odum, 1996) contabiliza ao mesmo tempo as contribuições da natureza e da economia numa métrica comum. O resultado da contabilidade quantifica as três classes de recursos empregados no sistema, os recursos renováveis, não renováveis e os pagos. Conhecer esses fluxos é de fundamental importância, pois é por meio deles que podemos entender o comportamento do sistema e sua relação com o meio ambiente. Nesse sentido, Odum (1996) desenvolveu e aplicou alguns indicadores ambientais em emergia: rendimento de emergia (EYR, *emergy yield*

ratio), investimento de energia (EIR, *energy investment ratio*), carga ambiental (ELR, *environmental loading ratio*). Esse grupo de indicadores fornece informações importantes sobre o desenvolvimento e a operação de sistemas produtivos além de considerar a capacidade de carga do ambiente.

A contabilidade ambiental em energia possibilita estudar sistemas isolados ou integrados, como é o caso do estudo realizado por Cavalett et al. (2006), onde foi realizada a contabilidade ambiental de sistemas agrícolas isolados (cultivo de grãos, criação de porcos e peixes) e integrado, dentro da mesma propriedade, localizada na região Sul do Brasil. Por meio dos indicadores em energia, foi possível identificar que o sistema integrado é mais eficiente em uso de energia e impõe menos carga ao meio ambiente que os sistemas estudados separadamente.

Comparar sistemas agrícolas é mais uma possibilidade que a contabilidade ambiental em energia permite. Empregando indicadores ambientais em energia, Bastiannoni et al. (2001), estudaram a produção de várias culturas na região de Chianti (Itália), entre elas, uvas viníferas de alta qualidade, e comparam por meio dos indicadores de energia com as médias nacionais. Dentre as conclusões do artigo, a região de Chianti tem carga ambiental menor se comparada com as médias nacionais, e ainda emprega maior porcentagem de recursos renováveis no seu sistema produtivo.

Ulgiati e Brown (1998), desenvolveram o indicador de sustentabilidade (ESI, *environmental sustainability indice*). As reservas utilizadas na obtenção dos produtos e componentes do sistema produtivo constituem relações que são avaliadas por meio do indicador de sustentabilidade (EYR/ELR), considerando insumos disponíveis localmente, aqueles importados de fora do sistema e a fração de insumos renováveis e não renováveis. Um alto valor deste índice indica alto rendimento de energia, ou alta contribuição do processo ao sistema em que está inserido, associado a uma baixa carga ambiental. Segundo Brown e Ulgiati (2002) valores de ESI menores que 1 são indicativos de produtos ou

processos que não são sustentáveis a longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade a longo prazo têm ESI maiores. No entanto, esses valores foram atribuídos com base em estudos de inúmeros processos produtivos realizados pelos autores (Ulgiati e Brown), onde na maioria dos casos, os sistemas obedeceram tais regras. Portanto, os valores de ESI são específicos de cada processo, e pode servir de referência na tomada de decisão visando alcançar mais eficiência e menos carga ao meio ambiente. Nesse sentido Chen et al. (2006), Martin et al. (2006), Panzieri (2000), Lagerberg e Bronw (1999) e Ulgiati e Brown e (1998) estudaram a sustentabilidade de sistemas agrícolas utilizando o indicador de sustentabilidade (ESI).

Estudar o comportamento da sustentabilidade de sistemas agrícolas ao longo do tempo chama à atenção de pesquisadores, como por exemplo, a publicação de Chen et al. (2006), que realizaram a contabilidade ambiental em emergia da agricultura chinesa durante os anos de 1980 a 2000. O resultado mostra que o indicador de sustentabilidade caiu ao longo do tempo e a carga ambiental aumentou. A provável causa desse efeito foi o crescimento da indústria que conseqüentemente reduziu as áreas disponíveis destinadas às atividades agrícolas, tornando necessário maiores investimentos no setor.

Panzieri (2000), analisou o aumento no ESI quando se usa a inoculação de uma bactéria específica (*bradyrhizobium japonicum*) no cultivo da soja na região de Toscana. Esta bactéria fornece suprimento de nitrogênio necessário para o grão, substituindo-se assim a necessidade de utilização de fertilizantes químicos.

Lagerberg e Brown (1999) empregaram a contabilidade ambiental em emergia e o indicador de sustentabilidade (ESI) como ferramenta na tomada de decisão de um sistema de produção de tomates em estufa na Suécia. O

combustível utilizado nas estufas destinadas ao cultivo era óleo. Realizou-se a contabilidade ambiental do sistema simulando a substituição do óleo por pó de serragem. O emprego de pó de serragem no lugar de óleo fez com que o sistema apresentasse valor de ESI maior, pois o pó de serragem é um material renovável e o óleo é não renovável.

Ulgianti e Brown e (1998), estudaram a evolução do índice de sustentabilidade no cultivo de milho nos EUA entre 1945 e 1994. Foi constatado, que o índice diminuiu ao longo dos anos, mesmo considerando que os recursos pagos se mantiveram. Isso ocorreu devido à utilização cada vez menor de recursos renováveis.

Variações no valor do ESI podem ser encontradas no estudo de sistemas agrícolas. Guarnetti et al. (2006), atentaram sobre importância da influência do critério do analista na contabilidade ambiental. Segundo os autores, conhecer o sistema e a procedência dos recursos ambientais é de fundamental importância para que não haja variações significativas no valor do índice de sustentabilidade. Também foi identificado que os sistemas agrícolas operam dentro de uma relação específica levando em conta o emprego da classe dos recursos ambientais (R, N e F). Isso fica evidente quando se analisa o comportamento dos sistemas empregando o diagrama ternário (maiores detalhes do diagrama no capítulo 4, item 4.8). O artigo pode ser visto na íntegra no anexo B1.

Representações gráficas dos resultados obtidos na contabilidade ambiental em emergia

Há, na literatura, poucos trabalhos que utilizam representações gráficas dos resultados obtidos com a análise em emergia. Bastianoni (1997) considera a emergia e a exergia como aspectos complementares de um sistema. Desta forma, o quociente entre a exergia e a emergia pode indicar a eficiência de um

sistema para produzir ou manter sua organização. Os resultados são mostrados em diagramas bidimensionais onde a variação de exergia é função da emergia necessária para o funcionamento do sistema. Ulgiati e Brown (1998) representam os quocientes N/F e R/F em função do investimento econômico F . Superfícies tridimensionais, que representam os indicadores em emergia em função de N/F e R/F (funções de exploração), são utilizadas para avaliar ou simular o investimento econômico necessário para explorar recursos locais renováveis ou não renováveis. Tonon et al. (2000) utiliza as representações multi-objetivas para comparar os resultados de contabilidades em energia, emergia, exergia e econômica. Doze variáveis foram normalizadas para comparar as contribuições do sistema econômico e do meio ambiente. O aspecto ambiental é representado pelos resultados da contabilidade ambiental em emergia e pelas emissões para o ambiente, o aspecto termodinâmico pela energia e a exergia. Os resultados normalizados são comparados com um desempenho médio hipotético de cada sistema estudado. Giannantoni et al, (2002), propõem um diagrama de quatro setores que inclui a contabilidade ambiental em emergia no setor “Benefícios para o ambiente como fonte de recursos”. Neste setor, indicadores de sustentabilidade são utilizados para representar a contribuição do meio ambiente aos sistemas contabilizados. A representação gráfica do setor associado ao meio ambiente contém nove subdivisões resultantes da combinação entre o fornecimento de recursos e a sustentabilidade do sistema (alto, médio ou baixo, em cada eixo).

Giannetti et al. (2006) desenvolveram o diagrama ternário em emergia. Essa ferramenta pode ser considerada como um progresso quando comparados com métodos que resultam em uma lista de intervenções ou uma representação multi-objetiva. Ela permite a apresentação clara dos resultados e pode servir de interface entre cientistas ambientais e os tomadores de decisão nos sistemas produtivos. Basicamente, a ferramenta gráfica produz um diagrama triangular equilátero com três variáveis. Cada vértice do triângulo está associado a um fluxo (R , N e F) e os lados do triângulo representam

combinações binárias. Combinações de três fluxos são representadas por pontos no interior do triângulo e o valor percentual de cada fluxo é dado pela perpendicular que une o ponto e a lateral oposta ao vértice de interesse. Uma descrição completa da ferramenta gráfica é encontrada em (Almeida et al., 2007, Giannetti et al., 2006 e Barrella et al., 2005).

4. METODOLOGIA e FUNDAMENTOS

4.1 Origem dos dados empregados no cultivo comercial do bambu gigante

Para o estudo do cultivo comercial do bambu gigante, empregaram-se duas fontes de dados distintas: Projeto Bambu e o projeto de um cultivo comercial de bambu.

Projeto Bambu (Unesp/Bauru)

O Projeto Bambu, localizado na Área Experimental Agrícola do Departamento de Engenharia Mecânica da Unesp, cidade de Bauru, Estado de São Paulo, abrange uma área de aproximadamente 2500 m², onde foram plantadas algumas espécies prioritárias de bambu. O Projeto é Coordenado pelo Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira e teve início em 1990 com o objetivo de estudar além do cultivo, o processamento do bambu e sua utilização na forma de madeira laminada, desenvolvendo produtos como cabos de ferramentas agrícolas, pisos, painéis e elementos para a construção civil. Dentre as espécies cultivadas, estão 23 moitas de bambu da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, conhecido como bambu gigante. Desde o ano de 1998 a plantação produz colmos com dimensões adequadas para o processamento, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas que utilizem a matéria prima bambu. Maiores informações a respeito do Projeto Bambu podem ser obtidas visitando o site: <http://wwwp.feb.unesp.br/pereira>.

A localização da plantação pode ser vista na figura 6.



Figura 6 - Localização Projeto Bambu (Unesp/Bauru) na cidade de Bauru.

Por meio de comunicação pessoal com o coordenador do Projeto Bambu, (o Prof. Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira), obteve-se o inventário físico dos insumos empregados no cultivo de um hectare de bambu gigante com manejo voltado à produção de colmos, bem como os dados relacionados à produção, sendo o espaçamento 7x8 m (180 moitas/ha).

Insumos

Fertilizante (NPK): 300 kg/ha ano;

Calcário: 400 kg/ha ano;

Produção: 1600 colmo/ha ano.

Projeto de um cultivo comercial de bambu gigante (Austrália)

Em 1997, a Universidade de Queensland, em parceria com o RIRDIC (Rural Industries Research & Development Corporation), órgão do governo

australiano que desenvolve pesquisas nas áreas rurais e industriais, realizaram um workshop na cidade de Brisbane, Estado de Queensland, na Austrália (Midmore, 1998). O objetivo foi incentivar o cultivo em escala comercial do bambu no país.

Alguns meses antes da realização do workshop, um questionário foi enviado a aproximadamente quatrocentos produtores de bambu na Austrália. Com base nas respostas foi possível conhecer os principais problemas relacionados ao cultivo do bambu, além de mapear as regiões de concentração das plantações, como mostra a figura 7. As áreas em destaque (Tonsville e Brisbane) mostram uma maior concentração de produtores de bambu na forma de moitas, sendo a maioria destinada ao cultivo de bambu gigante da espécie *Dendrocalamus Asper*, espécie muito semelhante ao *Dendrocalamus Giganteus*, tanto nas características físicas, quanto nos dados relacionados à produção por hectare (Cusak, 1998).

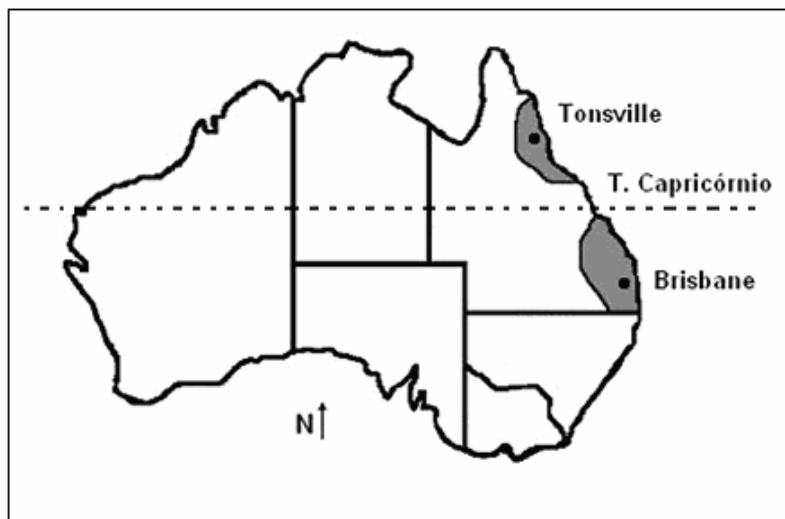


Figura 7 - Áreas de cultivo de bambu na forma de moitas na Austrália.

Com base nos dados coletados, gerou-se um modelo de cultivo comercial de bambu gigante, onde os dados publicados (Cusak, 1998) são de

origem contábil. Tem início no primeiro ano, e terminam no oitavo, onde, a produção se estabiliza. Isso possibilitou dividir os dados em duas etapas: implantação do sistema e estado estacionário.

A implantação contabiliza os recursos investidos do primeiro ao sétimo ano.

O estado estacionário leva em consideração apenas os investimentos após a implantação do sistema, ou seja, do oitavo ano em diante, que é quando a planta atinge sua maturidade.

A contabilidade financeira do cultivo comercial de bambu gigante (com manejo voltado à produção de brotos) está disponível em detalhes no anexo A.

Nem sempre foi possível utilizar os dados da contabilidade financeira na contabilidade ambiental em energia, pois a proposta desse trabalho é utilizar somente as quantidades físicas dos investimentos, deixando de lado o conceito energia/dinheiro. Assim, valores disponíveis em dinheiro, como é o caso do consumo de diesel, foram transformados em quantidades físicas.

4.2 Descrição do sistema de cultivo comercial de bambu gigante

Os dados do Projeto Bambu (Unesp/Bauru) foram complementados com os dados de projeto da Austrália (anexo A), como é o caso da mão de obra. Isso possibilitou estudar os seguintes sistemas de cultivo de bambu gigante:

- Colmos sem irrigação. Com base nos dados de campo do Projeto Bambu - Unesp/Bauru;

- Colmos sem irrigação, Colmos irrigado, Brotos sem irrigação e Brotos irrigado. Com base nos dados de campo (Projeto Bambu) em conjunto com os dados de projeto da Austrália (Cusak, 1998).

Produtividade dos cultivos em estudo

Abaixo, a produção dos sistemas em estudo no estado estacionário:

- Colmos sem irrigação (dados de campo-Projeto Bambu): 1600 colmos/ha ano; espaçamento 7x8 m.
- Colmos sem irrigação (1200 colmos/ha ano; espaçamento 7x7 m (Cusak, 1998).
- Colmos irrigado (2400 colmos/ha ano; espaçamento 7x7 m (Cusak, 1998)
- Brotos sem irrigação: 10 t/ha ano e 600 colmos; espaçamento 7x7 m (Cusak, 1998).
- Brotos Irrigado: 15 t/ha ano e 800 ; espaçamento 7x7 m (Cusak, 1998).

Localização da plantação

Admite – se que o cultivo comercial de bambu gigante esteja localizado na Plantação Experimental da Unesp/Bauru. A figura 6, mostrada no item 4.1 identifica no mapa do Estado de São Paulo a localização da plantação.

A definição da localização do cultivo é importante, pois é dessa localidade que serão empregados os dados referentes aos recursos ambientais locais como insolação, vento, chuva e taxa de erosão.

Tratos Culturais

Os tratos culturais relacionados ao cultivo, tanto de brotos como de colmos (irrigado ou não) são: capina, inspeções visuais, fertilização e colheita.

Uso de maquinário agrícola

Um trator e uma carreta são empregados somente no transporte de insumos, brotos e colmos colhidos.

Sistema de irrigação

No caso dos cultivos irrigados, o sistema de irrigação é mostrado em detalhes no anexo B. Admitiu-se que a água utilizada provém de um rio localizado nas proximidades. O sistema de captação da água foi desconsiderado.

Vida útil da plantação

Por ser uma planta perene e depender do seu ciclo de floração para deixar de produzir (maiores detalhes capítulo 1, item 1.2), admitiu-se a vida útil da plantação em 75 anos, adotando o valor médio encontrado em literaturas (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976).

4.3 Contabilidade ambiental em emergia do cultivo de pinus no Brasil.

A contabilidade ambiental do cultivo de pinus com manejo voltado à produção de madeira para serraria no Brasil foi possível utilizando duas fontes de dados distintas.

A primeira fonte refere-se a uma planilha contendo indicadores de custo de produção de pinus em propriedades familiar. O documento, que está disposto no anexo C foi publicado pela Embrapa Florestas (Andrade, 2001). Nele foi possível retirar dados referentes à mão de obra empregada no cultivo, formicida utilizado, entre outros.

A segunda fonte de dados, publicado por Brown (2001) pode ser vista em detalhes no anexo D. Trata-se da contabilidade ambiental em emergia do cultivo de pinus com manejo voltado à produção de madeira para serraria no norte da Flórida, nos Estados Unidos. Essa publicação possibilitou empregar dados como perda de solo por erosão, diesel consumido pelo trator, produção anual por hectare e outros.

4.4 Contabilidade Ambiental em Emergia

A contabilidade ambiental em emergia (escrita com M), pode ser empregada no estudo da sustentabilidade de sistemas complexos, como é o caso dos sistemas agrícolas, que opera na interface entre o meio ambiente e a economia. A contabilidade em emergia é uma metodologia fundamentada na termodinâmica de sistemas abertos e na teoria de sistemas. O objetivo é contabilizar, em uma “moeda” comum, a produção de um produto ou a geração de um serviço (Odum 1996). Contabilizam-se, além dos recursos pagos, os recursos não pagos pela economia que são fornecidos pelo meio ambiente. Estes últimos são conhecidos como recursos livres fornecidos pela ecosfera e não são considerados nos balanços tradicionais. O sistema econômico é considerado um sistema termodinâmico aberto contido num ecossistema, a biosfera, com o qual troca energia e matéria. A metodologia com base no conceito de emergia é a ferramenta apropriada para avaliar e/ou comparar sistemas, pois permite converter todas as contribuições que o sistema produtivo recebe (materiais, energia, dinheiro, informação) na mesma base de medida: o joule de energia solar incorporada, representado por *sej*. Desta forma, os sistemas em estudo podem ser comparados quanto à eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global.

O procedimento requerido para avaliar um sistema, empregando a contabilidade em emergia, consiste em:

- Conhecer o sistema em estudo e definir seus limites;
- Conhecer o contexto em que o sistema está inserido;
- Fazer um balanço de massa (os fluxos que entram no sistema, o que é transformado e o que sai em forma de produto e resíduos);
- Elaborar o diagrama de fluxos de energia;
- Construir as tabelas com os dados do diagrama;
- Selecionar adequadamente os valores das transformidades ou energia por unidade (sej/g, sej/g, etc).

Se valores de transformidade ou de energia por unidade (conceito descrito em detalhes no item 4.5) para processos semelhantes ou comparáveis não são encontrados na literatura, devem ser calculados. Quando o objetivo da análise é comparar processos, sistemas ou produtos, é importante conhecer os processos com os quais o sistema em estudo será comparado e tomar o cuidado de unificar critérios de avaliação e normalizar as informações. Desta forma, é útil empregar a mesma unidade funcional e o mesmo período de tempo.

Da contabilidade em energia surgem indicadores de sustentabilidade inerentes à ferramenta, segundo Odum (1996), com o objetivo de quantificar os aspectos já indicados como fundamentais nos objetivos propostos pelo sistema: eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global. Para definir estes indicadores, é necessário classificar os fluxos de energia segundo o critério de: renováveis, R, não renováveis, N, e vindos da economia, F.

4.5 Transformidade e energia/unidade

A contabilidade ambiental em energia considera tanto os recursos naturais como econômicos, em função disso, diferentes métricas estão

envolvidas na contabilidade. Nesse sentido, Odum (1996) criou o conceito de transformidade para avaliar diferentes recursos e processos em uma única unidade de medida.

Define-se a transformidade como a quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente, na obtenção de um joule de um determinado bem ou serviço, sendo sua unidade expressa em sej/J (joule de energia solar por joule) ou sej/unidade (joule de energia solar por unidade).

A transformidade ou energia/unidade fornece uma medida da concentração de energia e pode ser considerada como um indicador de qualidade. Os valores de energia e transformidade dependem do material e da energia utilizados nas diversas etapas necessárias para a obtenção do produto ou serviço e por este motivo, variam de acordo com a matéria-prima selecionada, com o tipo de energia empregado na produção e com a eficiência do sistema produtivo. A tabela 1 relaciona os valores das transformidades e energia/unidade empregadas nesse trabalho.

Tabela 1 - Energia/unidade empregada nesse trabalho.

Item	Unidade	Energia por unidade/(sej/unid.)	Referência
Sol	J	1	Odum, 1996
Vento	J	$1,5 \times 10^3$	Odum, 1996
Chuva - energia física (gravidade)	J	$1,05 \times 10^4$	Odum, 1996
Chuva -potencial químico	J	$1,82 \times 10^4$	Odum, 1996
Calor geotérmico –áreas estáveis	J	$3,44 \times 10^4$	Odum, 1996
Diesel e lubrificante	J	$6,60 \times 10^4$	Odum, 1996
Erosão do solo	J	$7,40 \times 10^4$	Odum, 1996
Energia elétrica (diversos processos)	J	$1,74 \times 10^5$	Odum, 1996

Tabela 1 – Continuação

Item	Unidade	Energia por unidade/(sej/unid.)	Referência
Água de rio	g	$3,23 \times 10^5$	Buenfil, 2001
Mão de obra na China	J	$1,95 \times 10^6$	Anexo B
Mão de obra no Brasil	J	$4,18 \times 10^6$	Anexo C
Mão de obra na Austrália	J	$1,64 \times 10^7$	Anexo D
Adubo Orgânico	g	$1,27 \times 10^8$	Bastianoni et al., 2001
Calcário	g	$1,00 \times 10^9$	Odum, 1996
Solo Argiloso	g	$2,00 \times 10^9$	Odum, 1996
Fertilizante potássico	g	$2,96 \times 10^9$	Brown e Arding, 1991
Aço	g	$3,00 \times 10^9$	Odum e Odum, 1983
Motores e Bombas	g	$4,00 \times 10^9$	Geber e Bjorklund, 2001
Fertilizante nitrogenado	g	$4,21 \times 10^9$	Brown e Arding, 1991
Plástico	g	$5,85 \times 10^9$	Brown e Buranakarn, 2003
Fertilizante fosfatado	g	$6,88 \times 10^9$	Brown e Arding, 1991
Formicida (admitido valor de pesticida)	g	1,481	Brown e Arding, 1991
Muda de bambu	muda	$3,37 \times 10^{12}$	Anexo Z
Muda de Pinus - (admitido o mesmo valor da muda de bambu)	muda	$3,37 \times 10^{12}$	Anexo Z

Da contabilidade em energia surgem indicadores de sustentabilidade inerentes à ferramenta, segundo Odum (1996), com o objetivo de quantificar os aspectos já indicados como fundamentais nos objetivos propostos pelo sistema: eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global. Para definir estes indicadores, é necessário classificar

os fluxos de energia segundo o critério de: renováveis, R, não renováveis, N, e vindos da economia, F.

4.6 Indicadores Ambientais

Uma vez identificado e quantificado os fluxos de energia (R, N e F) de um sistema produtivo, é possível uma avaliação com base nos indicadores ambientais. Essa análise é de grande utilidade, pois permite analisar e/ou monitorar processos. Serão definidos apenas os indicadores empregados nesse trabalho: Rendimento em Energia (EYR), Carga Ambiental (ELR), Índice de Sustentabilidade (ESI) e o Fluxo de Energia por Área.

O Indicador de Rendimento em Energia (EYR) é a relação entre a energia total do produto e a energia de entrada do setor econômico, que não é fornecida gratuitamente pelo meio ambiente. Este índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (renováveis e não-renováveis), mas não diferencia esses recursos (Odum, 1996).

Equação 1:

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R+N+F}{F} \quad (1)$$

O *Indicador de Carga Ambiental* (ELR) é a relação entre a soma da energia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não-renovável e a energia do recurso local renovável. Este índice fornece um balizamento dos serviços ambientais num sistema e mostra um balanço entre os investimentos locais renováveis e não-renováveis. Um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais (Odum, 1996).

Equação 2:

$$ELR = \frac{N+F}{R} \quad (2)$$

O *Indicador de Sustentabilidade* (ESI) foi desenvolvido por Ulgiati e Brown (1998). É obtido da relação entre o rendimento de energia (EYR) e o índice de carga ambiental (ELR). O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (carga ambiental), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos ambientais locais.

Equação 3:

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}} \quad (3)$$

Segundo Brown e Ulgiati (2002) valores de ESI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis a longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade a médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade a longo prazo têm ESI maiores.

O *Indicador de Fluxo de Energia por Área* é baseado no conceito de potência, pois relaciona o total de energia dirigida a um processo numa

determinada área em um dado período (Odum, 1996). Quanto maior é seu valor, maior o custo ambiental de um sistema.

4.7 Diagrama de fluxos de energia

A representação gráfica das interações do sistema analisado com os recursos naturais e econômicos pode ser feita por meio de diagramas de fluxos de energia. São utilizados para possibilitar um melhor entendimento da função de cada componente do sistema e de suas interações. Esses componentes podem ser de origem natural, ou seja, os recursos naturais renováveis e não-renováveis, de origem econômica, dividida entre os materiais e os serviços, além da circulação do dinheiro no sistema. Para a construção destes diagramas, existe uma metodologia já determinada, em que cada elemento é representado com um símbolo específico, conforme Odum (1996).

A figura 8 mostra os símbolos utilizados nesta dissertação na construção dos diagramas de fluxo de energia.

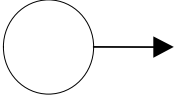
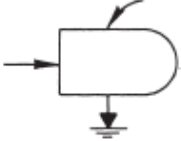
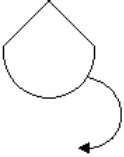
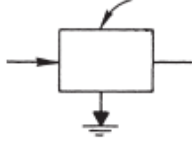


	<p>Símbolo que representa uma fonte, que é um recurso externo que fornece energia ao sistema. Recursos provenientes da economia, (combustíveis, eletricidade e mão de obra) e recursos renováveis gratuitos da natureza (vento, chuva e energia solar) são identificados empregando este símbolo.</p>
	<p>O produtor é uma unidade que coleta e transforma energia de baixa qualidade sob a interação de um fluxo de energia de alta qualidade.</p>
	<p>Este símbolo representa um depósito de energia armazenada dentro do sistema.</p>
	<p>O símbolo na forma de “caixa” tem uso múltiplo. Indica uma unidade ou função usada no sistema. A caixa pode ser preta (quando somente se conhecem os fluxos de entrada e saída), cinza (quando se conhecem os principais fluxos internos e os fluxos de entrada e de saída) e branca (quando se conhecem com detalhes todos os fluxos e suas interações).</p>
	<p>As setas representam os fluxos de energia, cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.</p>
	<p>O sumidouro de energia é representado por este símbolo. O sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo desta transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa qualidade. Todos os processos da biosfera dispersam energia.</p>

Figura 8 - Símbolos utilizados nesta dissertação para construção dos diagramas de fluxo de energia.

Nos diagramas, os elementos são organizados da esquerda para a direita, de acordo com a seqüência do processo e de sua transformidade. São construídos por blocos que representam os principais componentes e as entradas e as saídas de matéria e de energia. A figura 9 mostra a representação de um diagrama de fluxos de energia.

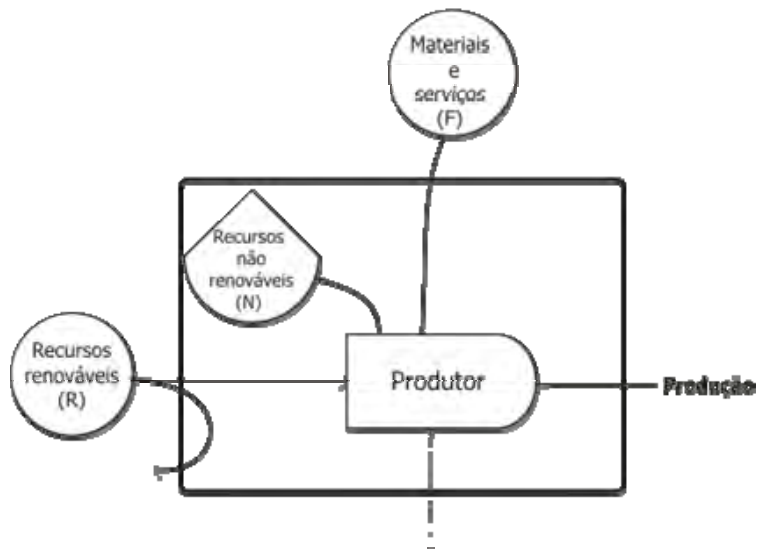


Figura 9 - Representação de um diagrama de fluxos de energia.

Os cálculos são realizados em planilhas, as quais são divididas em colunas, como mostrado na figura 10.

Cada fluxo considerado recebe uma linha na tabela. Estes fluxos de energia, materiais e serviços foram previamente calculados em termos de suas unidades convencionais em memoriais de cálculos correspondentes as tabelas. Então estes fluxos de energia são convertidos em fluxos de energia quando multiplicados pela transformidade (sej/J) ou pela energia por unidade correspondente (sej/unidade).

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano)	% / (sej/sej)
------	-----------	-------	----------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------

Figura 10 - Elementos principais da planilha de contabilidade ambiental em energia.

- Na primeira coluna - o número de referência do item de cada um dos componentes, a fim de facilitar a rápida identificação do componente no memorial de cálculo.
- Na segunda coluna - destinada à inserção da descrição (nome) do insumo ou do recurso utilizado.
- Na terceira coluna - unidade do recurso que pode ser em joules (J), em gramas (g) etc.
- Na quarta coluna - são representadas as quantidades de cada item. Cabe salientar que a unidade destas quantidades refere-se a um período de tempo, geralmente um ano. A contabilidade em energia é uma ferramenta que avalia um processo em um determinado período de tempo.
- Na quinta coluna - são colocados os valores de energia por unidade (sej/unidade) ou de transformidade (sej/J). Estes dados estão, na maioria das vezes, disponíveis na literatura, calculados previamente por outros pesquisadores. Se o valor da transformidade não estiver disponível pode ser calculado a partir da avaliação de energia envolvida no processo dividida pelo fluxo de saída.
- Na sexta coluna – estão os valores de energia solar (sej/unidade de tempo). Para cada item o valor de energia é calculado multiplicando os dados das colunas 4 e 5.

- Na sétima coluna - são apresentadas as porcentagens dos recursos avaliados com relação a energia total. Os valores percentuais em energia identificam quais são os recursos mais importantes para o sistema em estudo. A soma dos valores desta coluna deve representar 100% sej/sej.

4.8 Diagrama Ternário de Energia

A ferramenta gráfica denominada diagrama ternário de energia, descrita por Giannetti et al. (2006) e Almeida et al. (2007), é composta de um triângulo equilátero com três variáveis associadas a porcentagens. Cada um dos eixos do diagrama corresponde a uma das fontes de recursos ambientais: renováveis (R), não-renováveis (N), e pagas (F). Desta forma, a soma dos recursos R, N e F será sempre 100% (sej/sej). Considerando essa propriedade, os fluxos podem variar de 0 (zero) a 100% (sej/sej).

Uma descrição completa da ferramenta gráfica pode ser encontrada em Barrella et. al (2005), Giannetti et al. (2006), Almeida et al. (2007), no entanto, algumas propriedades merecem maiores esclarecimentos, afinal, serão aplicadas no tratamento dos dados nesse trabalho.

Linhas de Fontes de Recursos: Os pontos que representam um sistema é resultado da combinação de três fluxos R, N e F. A proporção de cada fluxo de energia é dada pela distância entre o ponto e o lado do triângulo oposto ao vértice que representa 100% de cada fluxo. Com a sua utilização pode-se avaliar e comparar processos em relação ao uso de recursos. Na figura 11, adotou-se um ponto hipotético "A", com o intuito de exemplificar a utilização dessa propriedade. Considerando valor de Y unitário (valor normalizado do produto final do processo), os índices EYR e EIR podem ser calculados a partir da componente F. Dessa forma podemos associar à linha de F aos valores dos

índices EYR e EIR Análise semelhante é feita com a componente R em relação ao índice ELR.

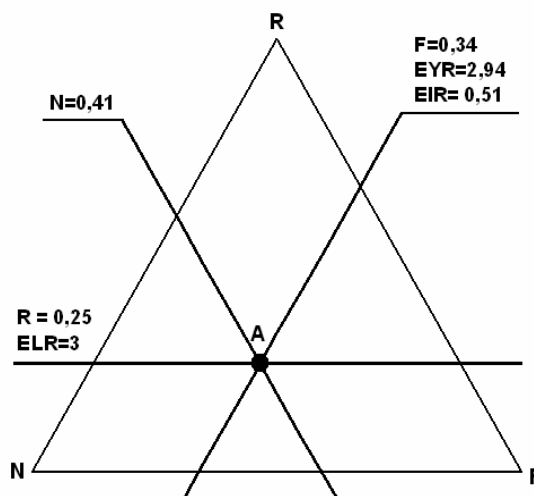


Figura 11 - Linhas que representam fontes de recursos admitindo um ponto hipotético "A".

Linhas de Sustentabilidade: A ferramenta permite a apresentação de linhas constantes de sustentabilidade, conforme apresentadas na figura 12. Essas linhas podem ser apresentadas independentemente e os valores escolhidos pelo usuário numa faixa entre zero e infinito. As linhas de sustentabilidade partem do vértice N e cruzam o lado oposto ao vértice, permitindo assim dividir o diagrama em áreas específicas de sustentabilidade, sendo possível comparar processos.

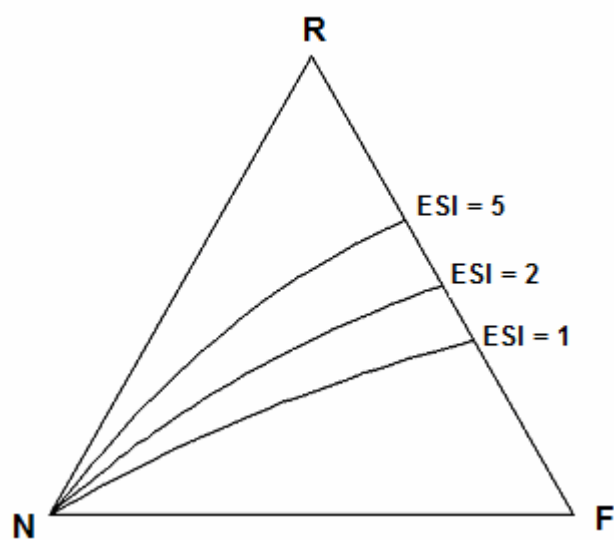


Figura 12 - Linhas de sustentabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu gigante

5.1.1 Diagrama de fluxos de energia

A figura 13 mostra o diagrama de fluxos de energia referente ao cultivo de bambu, tanto com o manejo voltado à produção de brotos, como de colmos.

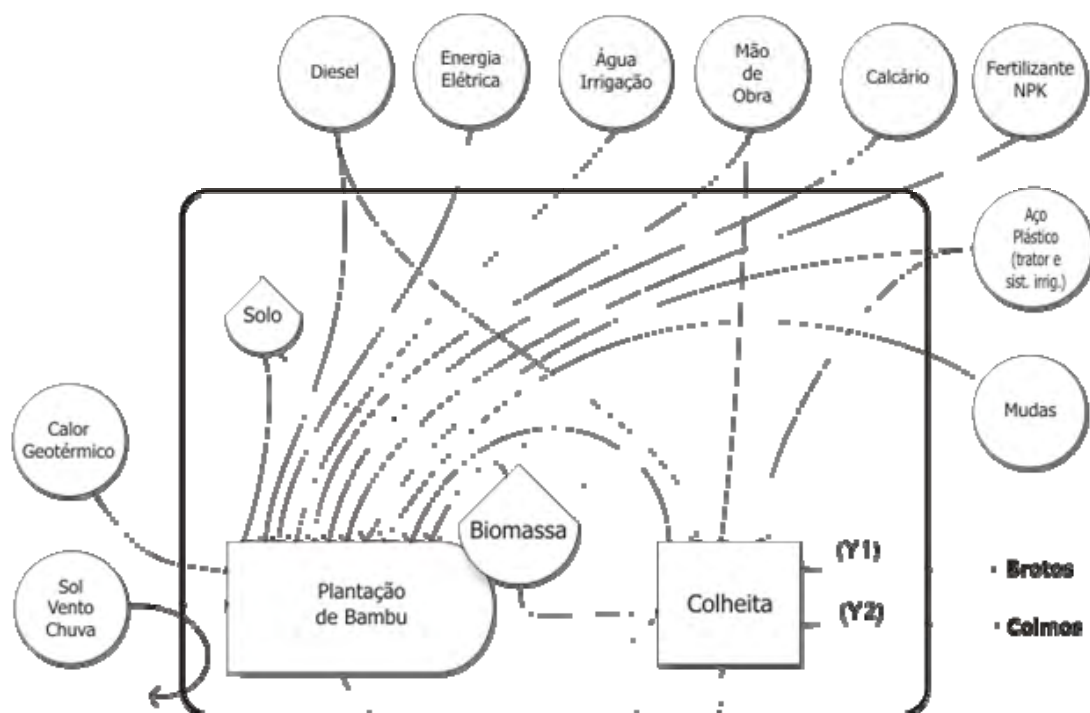


Figura 13 - Diagrama de fluxos de energia referente ao cultivo do bambu voltado à produção de brotos ou colmos.

Todos os fluxos que cruzam a fronteira do sistema são fontes de recursos externos ao sistema.

Os recursos que entram no sistema estão organizados no diagrama da seguinte forma: à esquerda estão os recursos renováveis fornecidos pela natureza, e partindo da esquerda para a direita, os pagos, que por sua vez estão ordenados de acordo com o valor da transformidade correspondente, partindo do menor para o maior valor.

A água de irrigação (água de rio) foi considerada um recurso renovável na contabilidade ambiental em emergia.

O uso do solo foi considerado um recurso local não-renovável sendo indicado pelo símbolo reservatório, que se encontra dentro dos limites da fronteira do sistema.

A diferença entre o manejo voltado à produção de brotos e o de colmos está na saída do sistema. Se a produção é voltada a brotos, o sistema apresenta duas saídas: brotos (Y1) e colmos (Y2). A particularidade desse manejo é que mesmo produzindo brotos, acontece a colheita de colmos adultos (Y2), que é indispensável para o cultivo de brotos, afinal são eles que dão suporte (captando energia) para o surgimento de novos brotos.

Se o manejo for exclusivamente voltado à produção de colmos, a saída somente será colmos (Y2).

Independentemente do tipo de manejo, o sistema produz biomassa. O reservatório da plantação de bambu que é visto no diagrama, mostra que uma parcela permanece na plantação na forma de folhas, que por sua vez é benéfico ao sistema, pois elas impedem o crescimento de mato ou qualquer outro tipo de vegetação indesejada, diminuindo a mão de obra com serviços de capina. A outra parcela é colhida, podendo ser brotos (Y1) ou colmos (Y2).

5.1.2 Contabilidade ambiental em emergia da fase de implantação

A implantação do cultivo do bambu, tanto com manejo voltado à produção de brotos como de colmos, tem início no primeiro ano e termina no sétimo, pois de acordo com os dados do anexo A, é no sétimo ano que a plantação atinge o estado estacionário tanto na produção como nos investimentos.

A contabilidade ambiental em emergia permite estudar o sistema desde sua implantação até o estado estacionário (Odum, 1996), nesse sentido foram geradas sete tabelas de contabilidade, possibilitando listar os recursos ambientais empregados pelo sistema do primeiro ao sétimo ano . Abaixo, os sistemas contabilizados:

- Colmos sem irrigação (dados de campo do Projeto Bambu), tabelas no anexo E;
- Colmos sem irrigação ; tabelas no anexo G;
- Colmos irrigados; tabelas no anexo I;
- Brotos sem irrigação; tabelas no anexo K;
- Brotos irrigados; tabelas no anexo M;

A contabilidade em emergia da implantação do sistema, não considerou valores de depreciação dos recursos empregados.

De forma que facilite a visualização de seu conteúdo, as tabelas estão divididas em 2 etapas: cultivo e colheita.

A etapa relacionada ao cultivo se divide em renováveis (R), não-renováveis (N) e pagos (F). A colheita somente tem recursos F.

Manejo voltado à produção de colmos (sem irrigação)

A tabela 2 mostra um resumo dos índices em emergia levando em conta

a classe de recursos empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos, onde o espaçamento adotado é mesmo do Projeto Bambu (Unesp/Bauru) 7x8 m.

Tabela 2 - Resumo dos índices em energia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação (espaçamento 7x8 m).

Classe/ Tempo (ano)	1	2	3	4	5	6	7	Total depreciado (68 anos)
R (sej/ha ano)x10 ¹⁵	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,56x10 ¹⁴
N (sej/ha ano)x10 ¹¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,09x10 ¹⁰
F (sej/ha ano)x10 ¹⁵	1,9	1,3	1,5	2,3	2,4	2,4	3,3	2,23x10 ¹⁴

De acordo com os dados da tabela (Tabela 2), os recursos renováveis contabilizados são referentes a energia química da chuva (nota 4 das tabelas de contabilidade ambiental do anexo G) e o calor geotérmico (nota 5). Esses valores não mudam com o tempo, pois ambos levam em conta a área envolvida pelo sistema, no caso 1ha, que é fixa.

O fluxo dos recursos não-renováveis corresponde à perda de solo (nota 6). Este recurso é relativamente baixo (menor que 1% em energia). O fato de o bambu ser uma planta perene faz com que o valor da taxa de erosão seja baixo, e conseqüente a perda de solo tenha valor não significativo no sistema.

O fluxo dos recursos pagos (F) empregado pelo sistema no primeiro ano contabiliza as atividades de plantio, que conseqüentemente requer mão de obra e preparação do solo. Isso justifica a diminuição de 30% em energia desse fluxo no segundo e terceiro anos, onde as atividades de manejo são basicamente capina, adubação e inspeções visuais. O aumento no emprego

dos recursos pagos (F) a partir do quarto ano se comparado ao terceiro, é em função do aumento de 52% em energia no emprego da mão de obra, pois as atividades de manejo se intensificam. O valor de (F) no quinto e sexto anos permanece constante até o sétimo ano, onde finalmente é feita a primeira colheita de colmos. A colheita de colmos requer o emprego de aproximadamente 20% em energia da mão de obra empregada até o sexto ano. Isso explica o aumento considerável dos recursos pagos (F) a partir do sétimo ano.

A tabela 3 mostra um resumo dos índices em energia levando em conta a classe de recursos empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo de colmos com espaçamento 7x7 m.

Tabela 3 - Resumo dos índices em energia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos (espaçamento 7x7 m).

Classe/ Tempo (ano)	1	2	3	4	5	6	7	Total depreciado (68 anos)
R (sej/ha ano)x10 ¹⁵	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,56x10 ¹⁴
N (sej/ha ano)x10 ¹¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,09x10 ¹⁰
F (sej/ha ano)x10 ¹⁵	2,0	1,4	1,6	2,4	2,6	2,6	3,3	2,32x10 ¹⁴

As tabelas 2 e 3 mostram os índices em energia do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos (sem irrigação). Nota-se que os recursos renováveis e não-renováveis são iguais em ambos sistemas. Diferenças menores que 1% em energia nos recursos pagos (F) pode ser percebida no primeiro ano por exemplo. O espaçamento entre as moitas de bambu que na tabela 2 é de 7x8 m, sendo 180 moitas por hectare, já na tabela

3, onde o espaçamento é de 7x7 m, são 200 moitas por hectare. O sistema que tem mais moitas por hectare (20 moitas a mais), emprega mais mão de obra, tanto no cultivo quanto na colheita, e em contrapartida também emprega mais fertilizante.

Manejo voltado à produção de colmos irrigado

A tabela 4 mostra um resumo dos índices em energia levando em conta a classe de recursos empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo de colmos irrigado com espaçamento 7x7 m.

Tabela 4 - Resumo dos índices em energia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados (espaçamento 7x7 m).

Classe/ Tempo (ano)	1	2	3	4	5	6	7	Total depreciado (68 anos)
R (sej/ha ano)x10 ¹⁵	3,8	3,8	3,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,43x10 ¹⁴
N (sej/ha ano)x10 ¹¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,09x10 ¹⁰
F (sej/ha ano)x10 ¹⁵	5,1	3,1	6,6	5,7	5,9	5,9	6,9	2,23x10 ¹⁴

De acordo com dados da tabela 4, o valor correspondente ao emprego dos recursos renováveis se mantém estável nos dois primeiros anos, apresentando um acréscimo em torno de 35% após o terceiro. Isso se deve ao aumento do consumo de água das plantas, que conseqüentemente emprega mais água de irrigação, considerada 100% renovável neste trabalho.

A classe dos recursos pagos (F) sofre variações constantes ao longo da implantação do sistema, embora as amplitudes dessas variações não sejam relativamente grandes, exceto no segundo ano, onde a parcela de F diminui em

torno de 35% se comparado com o primeiro ano. O motivo que leva a essa variação é que no primeiro ano às atividades de plantio, que inclui desde a limpeza do terreno até a instalação do sistema de irrigação, contribuem com uma parcela significativa de F. No segundo ano, essas atividades deixam de existir, pois a plantação se encontra em fase de desenvolvimento e não requer quaisquer intervenções significativas, somente acontecem atividades básicas de manejo como, capina, inspeções visuais e fertilização, refletindo na diminuição das parcelas de F.

No terceiro ano a parcela de (F) aumenta em torno de 50% se comparado ao segundo. A substituição do sistema de irrigação que foi redimensionado (pois as plantas passam a consumir mais água) e conseqüentemente o aumento do uso de energia elétrica utilizada pela bomba irrigação, colaboram para esse incremento. Do quarto ao sexto ano o sistema se mantém praticamente estável até chegar ao sétimo, onde novamente os recursos pagos (F) aumentam com o emprego de mão de obra na colheita dos colmos.

Manejo voltado à produção de brotos (sem irrigação)

A tabela 5 mostra um resumo dos índices em energia levando em conta a classe de recursos empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos (espaçamento 7x7 m).

Da mesma forma que ocorre no manejo de colmos (tabela 5), os índices em energia referentes aos recursos renováveis e não-renováveis não sofrem variações. A partir do terceiro ano, o sistema apresenta um incremento dos recursos pagos (F) até alcançar o sétimo ano. Isso acontece porque a colheita de brotos requer investimento em mão de obra a partir do terceiro ano, aumentando gradativamente até se estacionar no sétimo.

Tabela 5 - Resumo dos índices em energia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos (espaçamento 7x7 m).

Classe/ Tempo (ano)	1	2	3	4	5	6	7	Total depreciado (68 anos)
R (sej/ha ano)x10 ¹⁵	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,56x10 ¹⁴
N (sej/ha ano)x10 ¹¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,09x10 ¹⁰
F (sej/ha ano)x10 ¹⁵	2,0	1,4	1,6	2,4	2,6	2,6	3,3	2,15x10 ¹⁴

Manejo voltado à produção de brotos irrigados

A tabela 6 mostra um resumo dos índices em energia levando em conta a classe de recursos empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigado (espaçamento 7x7 m).

Tabela 6 - Resumo dos índices em energia empregados na implantação do cultivo do bambu com manejo voltado a produção de brotos irrigados (espaçamento 7x7 m).

Classe/ Tempo (ano)	1	2	3	4	5	6	7	Total depreciado (68 anos)
R (sej/ha ano)x10 ¹⁵	3,8	3,8	3,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,43x10 ¹⁴
N (sej/ha ano)x10 ¹¹	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,09x10 ¹⁰
F (sej/ha ano)x10 ¹⁵	5,1	3,1	7,0	6,2	6,5	7,2	7,2	6,21x10 ¹⁴

Como no cultivo de colmos irrigados (tabela 6), o valor correspondente ao emprego dos recursos renováveis se mantém estável nos dois primeiros

anos apresentando um acréscimo do terceiro em diante em função do aumento da demanda por água da plantação, reinstalação do sistema de irrigação e conseqüentemente um maior consumo de energia elétrica utilizada pela bomba de irrigação.

A classe dos recursos pagos (F) sofre variações constantes ao longo da implantação do sistema, embora as amplitudes dessas variações não sejam relativamente significativas. A maior variação acontece no segundo ano, onde a parcela de F diminui em torno de 35% em energia se comparado com o primeiro. O motivo que leva a essa variação, é que no primeiro ano as atividades de plantio, envolvendo desde limpeza do terreno até a instalação do sistema de irrigação contribuem com uma parcela significativa de recursos pagos (F). No segundo ano, a plantação se encontra em fase de desenvolvimento e não requer qualquer intervenção significativa, a não ser as atividades básicas de manejo como, capina, inspeções visuais e fertilização, refletindo na diminuição das parcelas de F.

No terceiro ano, a classe dos recursos pagos (F) volta a aumentar em função da substituição do sistema de irrigação, o aumento do consumo de energia elétrica que é utilizada pela bomba de irrigação e a primeira tonelada de broto colhido, que por vez requer mão de obra. Juntos, esses fluxos contribuem com um acréscimo em torno de 40% em energia aumentando da parcela de F se comparado ao segundo ano.

Do quarto ano em diante, o gráfico mostra que o sistema tende a se estabilizar afinal, a partir desse momento o sistema apenas sofre incrementos de energias pertencentes à classe F, que por sua vez é referente à mão de obra empregada na colheita de brotos e colmos, que chega a representar no máximo 10% da energia total do sistema, como é o caso do sétimo ano.

5.1.3 Contabilidade ambiental em energia do estado estacionário

Do oitavo ano em diante, o cultivo do bambu, seja com manejo voltado à produção de colmos ou de brotos, entra no estado estacionário. Esse estado é caracterizado em função dos investimentos e produção que se estabilizam, permanecendo assim durante a vida útil da plantação.

Manejo voltado à produção de colmos (sem irrigação)

A tabela 7 mostra a contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação. 33% de toda energia empregada são recursos renováveis, onde somente a energia química da chuva (nota 4) contribui com 23% em energia. O calor geotérmico (nota 5) aparece com 7% em energia de contribuição.

Nos itens 6, 8 e 14, estão relacionadas as contribuições empregadas na implantação do sistema. Esses valores foram depreciados em 68 anos, ou seja, os 75 anos da vida útil do sistema subtraído sua implantação, que leva 7, pois somente serão empregados quando um novo sistema for implantado.

Os recursos da economia (F) são responsáveis por 50% de toda energia empregada no sistema. A mão de obra empregada no cultivo (nota 13) chama à atenção, pois somente esse recurso contribui com 22% em energia. Na fase de colheita, novamente a mão de obra (nota 18) é o recurso mais empregado (11% em energia).

Manejo voltado à produção de colmos irrigados

A contabilidade ambiental do cultivo de colmos irrigados é mostrada na tabela 8. Vale lembrar que a água de irrigação (item 6) foi considerada renovável, pois considerou-se à água captada de um rio localizado nas

proximidades da plantação. No item 5.23 será discutido a renovabilidade da água de irrigação.

Nos itens 10 a 13, são listados os recursos empregados no sistema de irrigação. Como visto no anexo B, que mostra o sistema de irrigação em detalhe, o sistema a captação da água foi desconsiderada. Assim, o sistema de irrigação somado à água de irrigação (31% em energia), colabora com aproximadamente 50% de toda energia empregada no sistema.

A produtividade do cultivo de colmos irrigados, como pode ser visto no item 24, chega a 2400 colmos/ha ano, com espaçamento de 7x7 metros (Cusak, 1998), diferentemente do que acontece na tabela 7, onde o cultivo sem irrigação produz 1600 colmos/ha ano com espaçamento 7x8 metros.

Tabela 7 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação.

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	23%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
6	Renováveis - Implantação				15,60	3%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.					166,82	33%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	<1%
8	Não Renováveis - Implantação				0,03	<1%
Sub-total (soma de 7 e 8)					0,06	<1%
Pagos (F₁)						
9	Fertilizante:					

Tabela 7 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
	Nitrogênio	g	6,00E+04	4,21E+09	25,26	5%
	Fosfato	g	1,50E+04	6,88E+09	10,32	2%
	Potássio	g	6,00E+04	2,96E+09	17,76	3%
10	Calcário	g	4,00E+05	1,00E+09	40,00	8%
11	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
13	Mão de obra (cultivo)	J	2,65E+08	4,18E+06	110,77	22%
14	Pagos - Implantação				22,30	4%
	Sub-total (soma de 9 a 14)				255,21	50%
	Energia empregada no cultivo				422,09	83%
15	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,91E+07	422,09	
	(b) COLHEITA DE COLMOS					
	Pagos (F₂)					
16	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
17	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
18	Mão de obra (colheita)	J	1,40E+08	4,18E+06	58,52	11%
	Sub-total (soma de 17 a 18)				87,32	17%
	Energia empregada no cultivo + colheita				509,41	100%
	Saída (Y)					
19	Colmos	colmo	1,60E+03	3,18E+12	509,41	
20	Biomassa colhida	g	2,20E+07	2,32E+08	509,41	

*Memorial de cálculos referente à tabela, no anexo O.

Tabela 8 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados.

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid / (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	8%
5	Água de Irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	31%
6	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	2%
7	Renováveis - Implantação				54,30	4%
Sub-total (soma de 4,5,6 e 7). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.					641,57	45%
Não-Renováveis (N)						
8	Uso do Solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
9	Não-Renováveis - Implantação				0,03	>1%
Sub-total (soma de 8 e 9)					0,06	>1%
Pagos (F₁)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
10	Mão de obra	J	6,30E+06	4,18E+06	2,63	>1%
11	Energia elétrica	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	24%
12	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	2,32E+03	5,85E+09	1,36	>1%
13	Bomba	g	8,00E+03	4,30E+09	3,44	>1%
14	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,70E+04	4,21E+09	28,21	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,70E+04	2,96E+09	19,83	1%
15	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	3%
16	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
17	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
18	Mão de obra (cultivo)	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	9%
19	Pagos - Implantação				57,90	4%
Sub-total (soma de 10 a 19)					657,02	46%

Tabela 8 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid / (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
Energia empregada no cultivo					1298,66	91%
20	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,95E+07	1298,66	
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
21	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
22	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
23	Mão de obra (colheita)	J	2,14E+08	4,18E+06	89,45	6%
Sub-total (soma de 21 a 23)					118,25	8%
Energia empregada no cultivo + colheita					1416,90	99%
Saída (Y)						
24	Colmos	colmo	2,40E+03	5,90E+12	1416,90	
25	Biomassa Colhida	g	3,30E+07	4,29E+08	1416,90	

*Memorial de cálculos referente à tabela, no anexo P.

Manejo voltado à produção de brotos (sem irrigação)

A contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação é mostrada na tabela 9. Além da produção de brotos que nesse caso é de 10 t/ha ano, também são colhidos 600 colmos, chamados de colmos subsidiários, tem a função de captar energia e fornecer nutrientes para novos brotos sendo colhidos anualmente.

Manejo voltado à produção de brotos irrigados

Na tabela 10 está a contabilidade do cultivo de brotos irrigados. Como pode ser visto, a principal diferença quando se utiliza irrigação é a

produtividade, que passa a ser 15 t/ha ano de brotos, mais 800 colmos/ha ano em vez de 10 t/ha ano de brotos e 600 colmos/ha ano.

Tabela 9 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação.

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	21%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	6%
6	Renováveis - Implantação				15,60	3%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					166,82	30%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do Solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	<1%
8	Não Renováveis - Implantação				0,03	<1%
Sub-total (soma de 8 e 9)					0,06	<1%
Pagos (F₁)						
9	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,70E+04	4,21E+09	28,21	5%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	2%
	Potássio	g	6,70E+04	2,96E+09	19,83	4%
10	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	8%
11	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
13	Mão de obra (cultivo)	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	22%
14	Pagos – Implantação				21,50	4%
Sub-total (soma de 9 a 14)					276,25	50%
Energia empregada no cultivo					443,14	81%
15	Biomassa produzida	g	1,45E+08	3,06E-06	443,14	

Tabela 9 – Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
16	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
17	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
18	Mão de obra (colheita de brotos)	J	1,26E+08	4,18E+06	52,67	10%
Sub-total (soma de 16 a 18)					81,46	15%
Energia empregada na colheita de brotos					524,60	
Saída (Y₁)						
19	Brotos	g	1,00E+06	5,25E-04	524,60	
(c) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₃)						
20	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	1,64E+03	3,00E+09	0,49	<1%
	Plástico	g	3,20E+02	5,85E+09	0,19	<1%
21	Diesel	J	2,18E+08	6,60E+04	1,44	<1%
22	Mão de obra (colheita de colmos)	J	5,25E+07	4,18E+06	21,95	4%
Sub-total (soma de 20 a 22)					24,06	4%
Energia empregada no cultivo + colheitas					548,66	100%
Saída (Y₂)						
23	Colmos	colmo	6,00E+02	9,14E-01	548,66	

*Memorial de cálculos referente à tabela, no anexo Q.

Tabela 10 - Contabilidade ambiental do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigados.

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
------	-----------	-------	-------------------------------	-------------------------------	---	------------------

(a) CULTIVO
Renováveis (R)

Tabela 10 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	8%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	2%
6	Água de Irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	30%
7	Renováveis - Implantação				54,30	4%
	Sub-total (soma de 4,5,6 e 7). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem				641,57	44%
	Não-Renováveis (N)					
8	Uso do Solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	<1%
9	Não Renováveis - Implantação				0,03	<1%
	Sub-total (soma de 8 e 9)				0,06	<1%
	Pagos (F₁)					
	<i>Sistema de Irrigação</i>					
10	Mão de obra (implementação do sistema)	J	6,30E+06	4,18E+06	2,63	<1%
11	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	23%
12	Plástico (irrigadores,válvulas e tubulação)	g	2,32E+03	5,85E+09	1,36	<1%
13	Bomba	g	8,00E+03	4,30E+09	3,44	<1%
14	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,70E+04	4,21E+09	28,21	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,70E+04	2,96E+09	19,83	1%
15	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	3%
16	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
17	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
18	Mão de obra (cultivo)	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	8%
19	Pagos - Implantação				62,10	4%
	Sub-total (soma de 10 a 18)				661,22	46%
	Energia empregada no cultivo				1302,86	90%
20	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,99E-06	1302,86	
	(b) COLHEITA DE BROTOS					
	Pagos (F₂)					

Tabela 10 – Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
21	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
22	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
23	Mão de obra (colheita de brotos)	J	1,26E+08	4,18E+06	52,67	4%
	Sub-total(soma de 21 a 23)				81,46	6%
	Energia empregada na colheita de brotos				1384,32	
	Saída (Y₁)					
24	Brotos	g	1,50E+07	9,23E-05	1384,32	
	(c) COLHEITA DE COLMOS					
	Pagos (F₃)					
25	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	<1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	<1%
26	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
27	Mão de obra (colheita de colmos)	J	7,14E+07	4,18E+06	29,85	2%
	Sub-total (soma de 26 a 28)				58,64	4%
	Energia empregada na colheita de colmos				1361,50	
	Energia empregada no cultivo + colheitas				1442,96	100%
	Saída (Y₂)					
28	Colmos	colmo	8,00E+02	1,80E+00	1442,96	

*Memorial de cálculos referente à tabela, no anexo R.

5.1.4 Análise dos recursos ambientais empregados

Manejo voltado à produção de colmos sem irrigação

A figura 14 relaciona os recursos ambientais (sej/sej) empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação. De acordo com a figura, a mão de obra, que é um recurso pago aparece como o

mais significativo (35%), seguido pela energia química da chuva (25%) que é um recurso renovável.

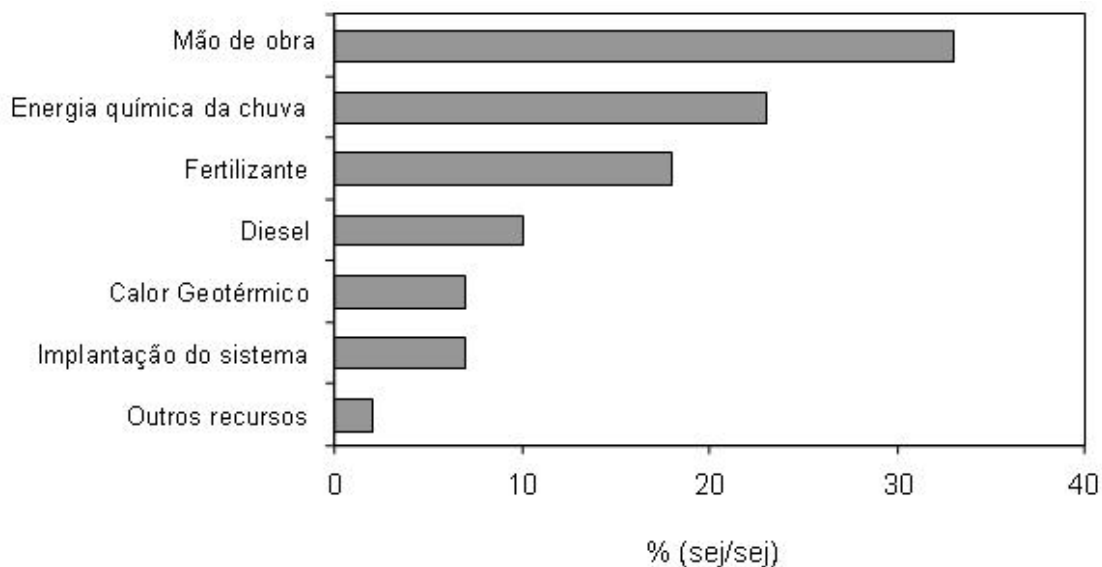


Figura 14 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação.

Manejo voltado à produção de colmos irrigados

A figura 15 relaciona os recursos ambientais (sej/sej) empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados. A água de irrigação aparece como o recurso mais significativo seguido da energia elétrica que foi consumida pela bomba de irrigação para bombear a água até a plantação.

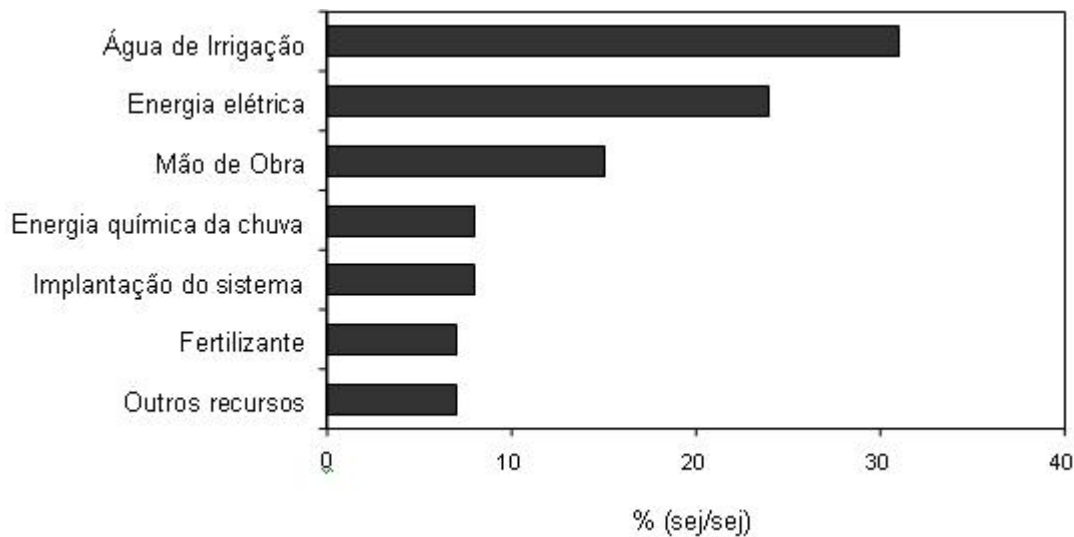


Figura 15 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos irrigados.

Manejo voltado à produção de brotos sem irrigação

A figura 16 relaciona os recursos ambientais (sej/sej) empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação. Como no cultivo de colmos sem irrigação (figura 14) o recurso mais significativo é a mão de obra.

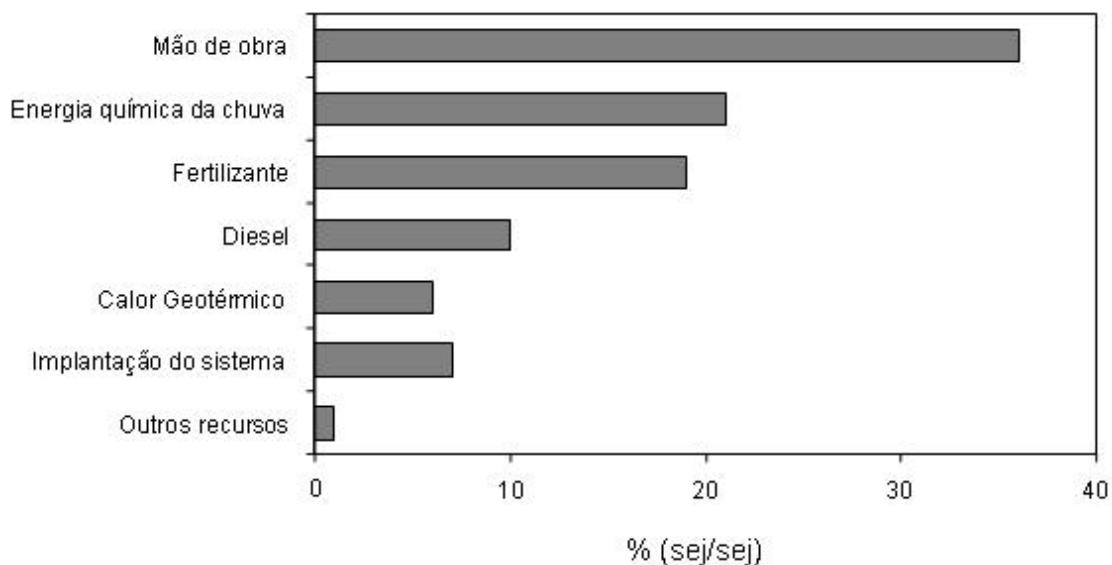


Figura 16 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação.

Manejo voltado à produção de brotos irrigados

A figura 17 relaciona os recursos ambientais (sej/sej) empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigados. O comportamento desse sistema no ponto de vista dos recursos mais significativos é bastante semelhante ao cultivo de colmos irrigados (figura 15), onde a água de irrigação e a energia elétrica são os recursos mais significativos, afinal os valores adotados e as considerações em relação ao sistema de irrigação são os mesmos.

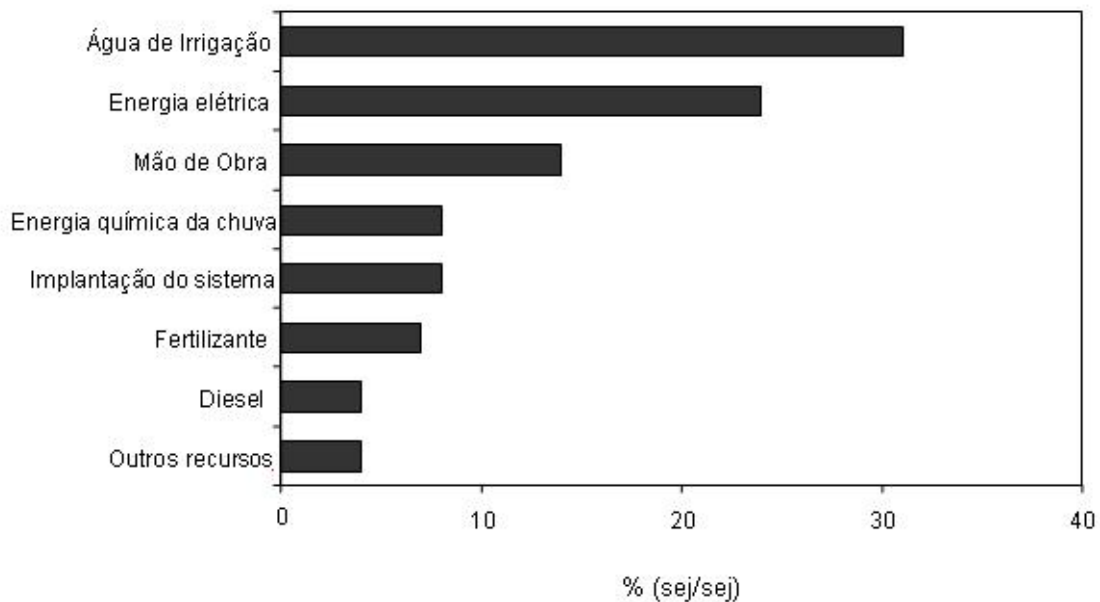


Figura 17 - Recursos ambientais empregados no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigados.

5.2 Estudo da sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante.

5.2.1 Evolução da sustentabilidade ambiental desde a fase de implantação até o estado estacionário.

Manejo voltado à produção de colmos

A figura 18 e 19 mostram a evolução dos indicadores ambientais em energia (ELR – Indicador de carga ambiental, EYR - Indicador de rendimento em energia e ESI - Indicador de sustentabilidade em energia) desde a fase de implantação até o estado estacionário do cultivo com manejo voltado a

produção de colmos com e sem irrigação respectivamente.

Como a implantação do sistema acontece somente uma vez, pois o bambu é uma planta perene, não foi considerada a depreciação dos recursos empregados no cultivo.

Como pode ser visto nas figuras (18 e 19), a evolução dos indicadores ambientais parecem ser específicos para cada tipo de manejo (com e sem irrigação). As maiores oscilações em ambos sistemas acontecem entre o primeiro e o terceiro ano.

No manejo em que não se emprega irrigação (figura 18), as variações dos indicadores ambientais acontecem em função do emprego dos recursos pagos (F), já que os recursos renováveis (R) e não-renováveis (N) não variam no tempo. No primeiro ano, recursos pagos são empregados com maior intensidade que no segundo, pois é no primeiro onde acontece as operações de preparo do solo, investimentos em mudas e plantio. Isso justifica o maior valor da sustentabilidade do sistema no segundo ano, onde as operações de manejo são basicamente capina e inspeções visuais. Do terceiro ao sexto ano os indicadores não apresentam variações significativas, mas é possível notar a tendência do ELR em aumentar e o ESI diminuir. Isso acontece, pois apenas incrementos de recursos pagos referentes à mão de obra e fertilizantes são empregados nesse período. No sétimo ano, que é quando se inicia a colheita, recursos pagos referentes à mão de obra aumentam consideravelmente modificando o comportamento dos indicadores. O EYR não apresenta variação significativa, mas em contrapartida o ELR aumenta consideravelmente em função do aumento dos recursos pagos. Isso resulta na diminuição do valor do ESI. Do sétimo ano em diante os indicadores entram no estado estacionário.

O uso de água de irrigação que neste trabalho foi considerada renovável influencia consideravelmente na evolução dos indicadores ambientais no cultivo de colmos irrigados (figura 19). O aumento no consumo de água de irrigação pelas plantas no terceiro ano, faz com que a sustentabilidade se mantenha

próximo de dois até o sexto, pois os incrementos de recursos pagos referentes ao emprego de mão de obra e fertilizantes são compensados pelo aumento da água de irrigação. No sétimo ano, como no manejo sem irrigação, a sustentabilidade diminui consideravelmente em função do emprego da mão de obra empregada na colheita dos colmos.

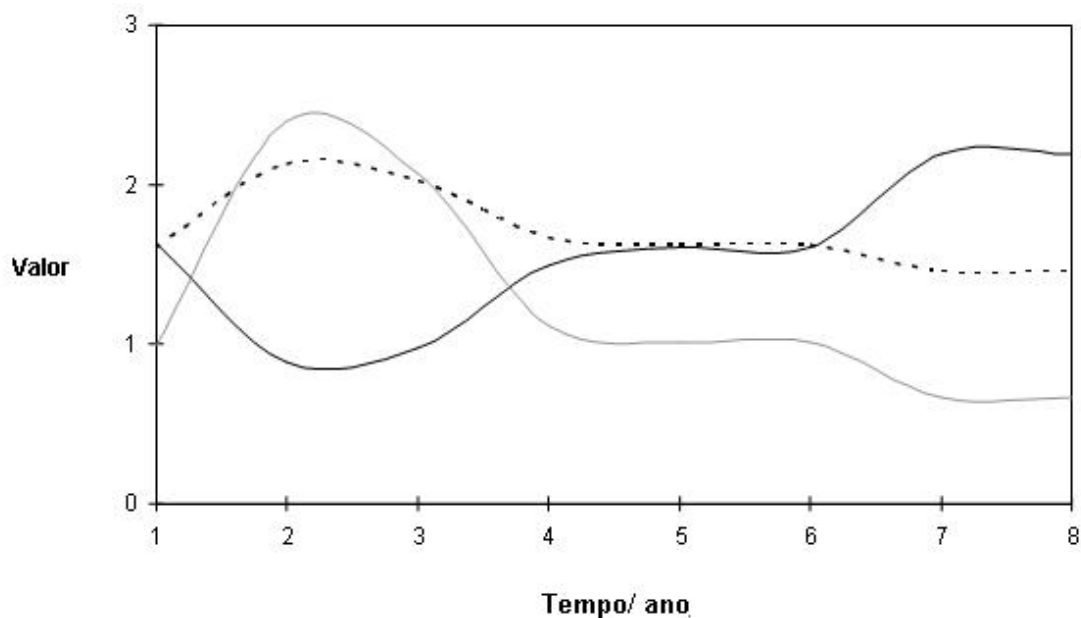


Figura 18 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de colmos sem irrigação: ELR (—), EYR (- -) e ESI (—).

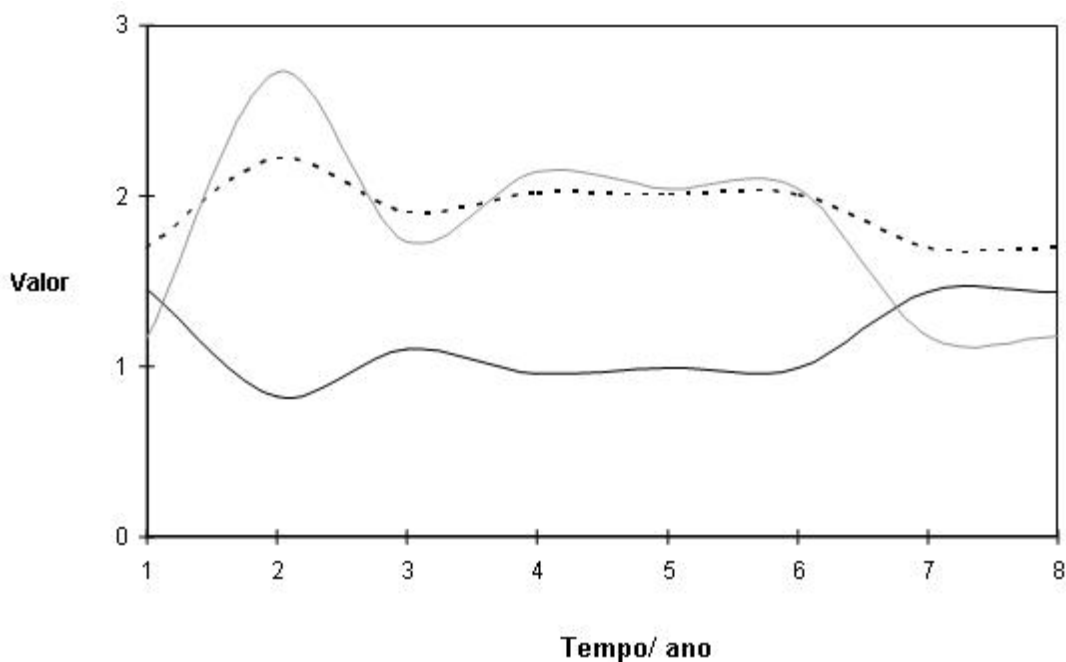


Figura 19 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de colmos irrigados: ELR (—), EYR (- -) e ESI (—).

Manejo voltado à produção de brotos

As figuras 20 e 21 mostram a evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo de bambu com manejo voltado à produção de brotos com e sem irrigação respectivamente.

A evolução dos indicadores ambientais no manejo de brotos com e sem irrigação, possuem diferenças marcantes. Como no manejo de colmos (com e sem irrigação, figuras 18 e 19), variações consideráveis podem ser percebidas nos manejos de brotos entre o primeiro e o terceiro ano. A razão é a mesma, um alto investimento de recursos pagos no primeiro ano em função do preparo do solo e plantio, e apenas operações básicas de manejo no segundo. Isso faz com que o ESI apresente um pico considerável no segundo ano, chegando próximo de três no manejo de brotos irrigados (figura 21).

No cultivo do bambu com manejo de brotos a primeira tonelada (no

cultivo irrigado) pode ser colhida já no terceiro ano, isso implica em empregar mais recursos pagos referente à mão de obra. Por outro lado, os recursos renováveis também aumentam a partir do terceiro ano, pois mais água de irrigação é empregada. Isso faz com que a evolução dos indicadores ambientais não apresente variações com amplitudes consideráveis. Praticamente os indicadores (ELR, EYR e o ESI) no manejo de brotos irrigados apresentam tendência a se estabilizar já no quarto ano. Ao contrário do manejo de brotos sem irrigação (figura 21), após o terceiro ano o ELR tendem a aumentar até chegar no sétimo, onde se estabiliza. Isso acontece devido a incrementos de mão de obra empregados na colheita de brotos que aumenta a cada ano. Em função disso o ESI também apresenta tendência a diminuir até se estabilizar no sétimo ano.

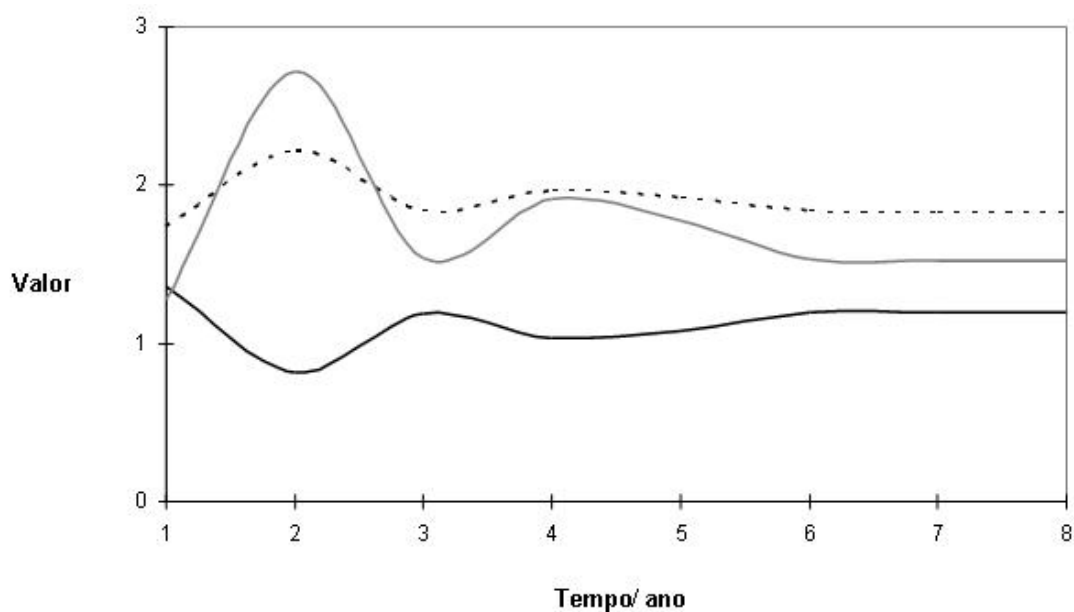


Figura 20 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação do cultivo com manejo voltado à produção de brotos irrigados: ELR (—), EYR (- -) e ESI (—).

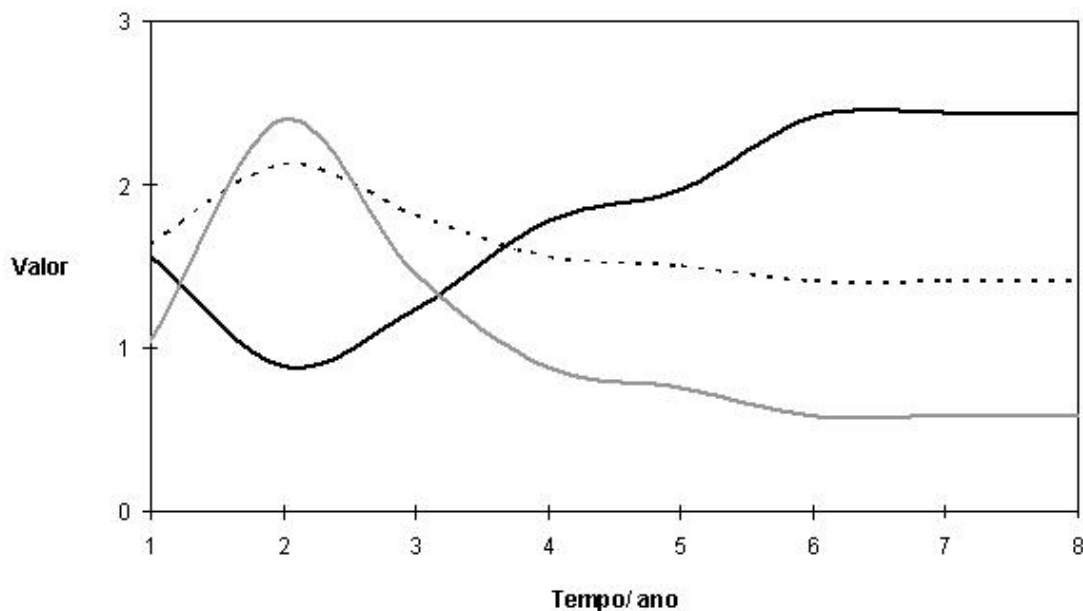


Figura 21 - Evolução dos indicadores ambientais na implantação no cultivo com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação: ELR (—), EYR (- -) e ESI (—).

5.2.2 Sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu gigante no estado estacionário.

Como visto nas figuras 15 e 17 (item 5.1.4) que mostram os recursos mais significativos dos cultivos de bambu irrigado (colmos e brotos), o sistema de irrigação tem grande influência no sistema como um todo. Fazem parte desse sistema os seguintes recursos: água de irrigação, energia elétrica para alimentar a bomba hidráulica, irrigadores (feito de plástico) e a tubulação do sistema (feita de plástico). Nesse sentido, o diagrama ternário de energia da figura 22, tem o objetivo de estudar a sustentabilidade dos cultivos irrigados e sem irrigação. Os cultivos apresentam espaçamento de 7x7 m, exceto o cultivo de colmos sem irrigação (ponto 3), que empregou o mesmo espaçamento que a plantação do Projeto Bambu (Unesp/Bauru) que é de 7x8 m.

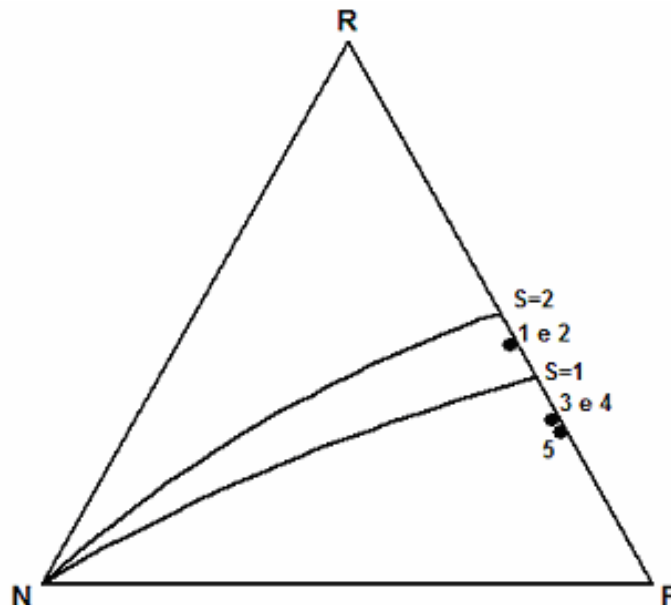


Figura 22 - Sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos e de colmos; (1) Colmos Irrigados; (2) Brotos Irrigados; (3) Colmos sem Irrigação (7x8 m); (4) Colmos sem Irrigação; (5) Brotos sem irrigação.

De acordo com o diagrama, os sistemas irrigados (pontos 1 e 2) permanecem na região $S > 1$. Certamente o fato de água da irrigação ter sido considerada um recurso renovável e ser o recurso mais significativo em termos de energia empregada (como visto nas figuras 15 e 17), faz com que esses sistemas (colmos e brotos irrigados) sejam mais sustentáveis, que os cultivos não irrigados, que por sua vez se concentram na região $S < 1$ (pontos 3 e 4). Os pontos 3 e 4 que se referem ao mesmo tipo de manejo (colmos sem irrigação), mas tem espaçamentos diferentes. Como pode ser visto no diagrama esses sistemas quase não apresentam diferenças no valor do indicador de sustentabilidade. O cultivo com espaçamento menor (7x7 m) tem 200 moitas por hectare, ao passo que o maior (7x8) tem 180 (moitas/ha). A diferença de 20 moitas por hectare sugere o emprego de mais fertilizante e mão de obra no sistema com espaçamento menor, mas em contrapartida, o sistema de

espaçamento maior produz mais colmos por hectare, que por sua vez requer mais mão de obra na colheita. Isso equilibra os dois sistemas, fazendo com que não apareça diferença significativa no indicador de sustentabilidade.

5.2.3 Influência da renovabilidade da água de irrigação na sustentabilidade ambiental.

De acordo com os dados da contabilidade ambiental em energia do cultivo do bambu irrigado com manejo voltado à produção de colmos, a água de irrigação emprega em torno de 30% da energia total do sistema. Ela foi considerada 100% renovável em função da proximidade da fonte de água, que nesse caso, vem de um rio localizado nas proximidades do sistema. Nesse sentido, cabe aqui uma discussão a respeito da influência da renovabilidade da água de irrigação na sustentabilidade. Para fazer considerações a respeito da água de irrigação, é necessário um balanço hídrico da região que compreende o sistema em estudo. A água pode ser 100% renovável se os fluxos que entram na região são iguais aos que saem, se isto não ocorre, seja, devido às condições de drenagem local ou falta de água disponível, o solo sofre salinização, tornando a água de irrigação não-renovável (Khan et al., 2006).

A figura 23 mostra a variação da sustentabilidade quando à água de irrigação tem diferentes considerações.

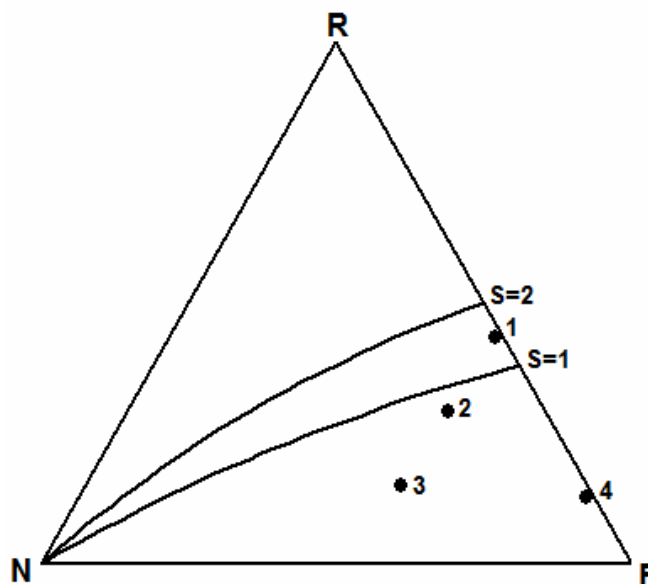


Figura 23 - Variação da sustentabilidade de acordo com a renovabilidade da água de Irrigação no cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos: (1) 100% R, (2) 50% R e 50% N, (3) 100% N e (4) 100% F.

Quando à água de irrigação é considerada um recurso 100% renovável (ponto 1) o sistema se apresenta mais sustentável se comparado a outras considerações, como é caso do ponto 4 onde à água foi considerada um recurso pago (F) que certamente tornou o sistema com o valor de sustentabilidade mais baixo entre as considerações. Os pontos 2 e 3 consideram à água de irrigação com parcelas ou toda ela sendo de fonte não renovável. Nesse caso o sistema apresenta valores intermediários de sustentabilidade entre as considerações.

5.2.4 Influência do valor da energia por unidade da água de irrigação na sustentabilidade ambiental.

Outro aspecto a ser discutido é a influência que o valor da energia/unidade (ou transformidade) da água de irrigação interfere no valor da

sustentabilidade de cultivos irrigados. Águas de rios, lagos e poços profundos são as fontes mais empregadas nesses cultivos (Andrade, 2001). Nesse sentido, valores de energia/unidade de diferentes fontes de água de irrigação foram retirados da literatura com o objetivo de comparar possíveis variações na sustentabilidade. Para evitar qualquer interferência do analista ambiental nos valores das energia/unidade, adotou-se somente valores publicados do mesmo autor, no caso Buenfill (2001), onde as médias globais são as seguintes:

Água de rio ($3,23 \times 10^5$ sej/g);

Água de lago ($2,27 \times 10^5$ sej/g);

Média dos recursos hídricos ($3,15 \times 10^6$ sej/g).

Na figura 24, o diagrama ternário em energia foi utilizado para analisar a influência da energia/unidade na sustentabilidade do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos.

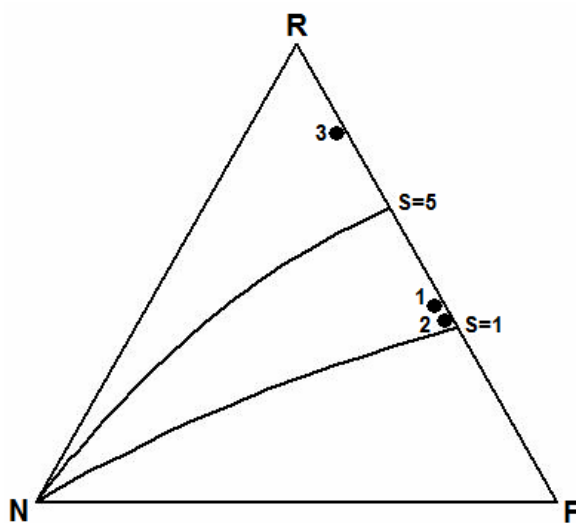


Figura 24 - Variação da sustentabilidade com diferentes valores de energia/unidade empregada no cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos com irrigação: (1) Água de rio, (2) Água de lago e (3) Média dos recursos hídricos.

O ponto 1, que emprega o valor da energia/unidade da água de rio é o mesmo utilizado nas tabelas de contabilidade ambiental em energia nesse trabalho. Quando a fonte de captação da água é substituída por água de lago, a sustentabilidade apresenta uma sensível diminuição. Como a água de irrigação é considerada 100% renovável, empregando um valor de energia/unidade menor, o sistema tende a ficar menos sustentável. Isso fica evidente quando se observa o ponto 3, onde a energia/unidade empregada se refere à média global dos recursos hídricos, sendo o seu valor em torno de dez vezes maior que energia/unidade do ponto 1 (água de rio), o sistema adquire um valor de sustentabilidade maior que 5.

5.2.5 Influência da mão de obra local na sustentabilidade ambiental.

A figura 14 (5.1.4) identifica os recursos mais significativos no cultivo de bambu com manejo voltado à produção de colmos. A mão de obra é o recurso mais significativo, emprega em torno de 35% de toda a energia utilizada no sistema. Nesse sentido, alterar a localidade do cultivo pode ocasionar variações na sustentabilidade em função de diferentes transformidades da mão de obra entre países. Para essa análise, além do Brasil, foram escolhidos mais dois países, a Austrália, de onde originou uma das fontes secundária dos dados empregados nesse trabalho (anexo A), além de ter condições favoráveis para o cultivo do bambu em escala comercial e à China, por ser o maior produtor e consumidor de bambu do mundo (Cusack, 1997). O valor da transformidade da mão de obra do Brasil, Austrália e China estão no anexo S.

O diagrama ternário é utilizado na figura 25 com o objetivo de estudar as variações do índice de sustentabilidade no sistema devido à alteração de localidade do cultivo.

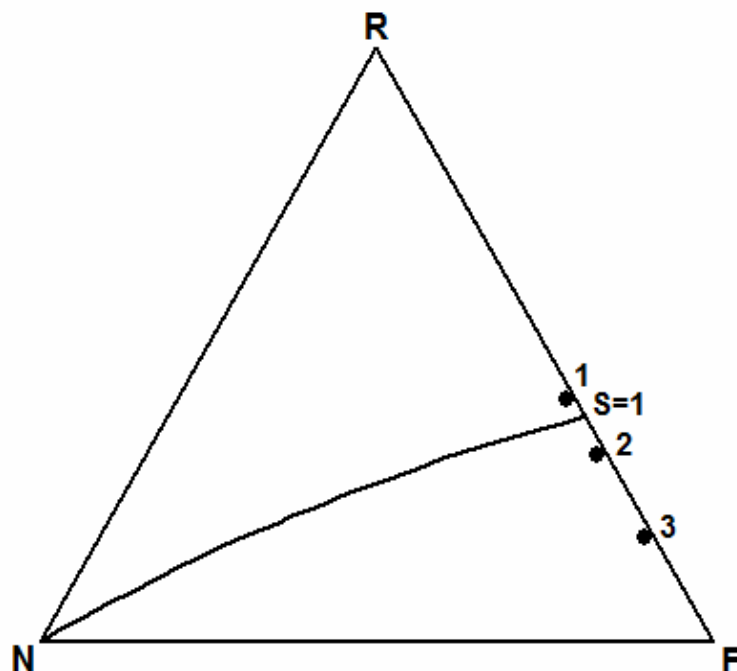


Figura 25 - Influência da mão de obra na variação da sustentabilidade no cultivo de colmos sem irrigação (dados do Projeto Bambu/Unesp-Bauru); (1) China, (2) Brasil e (3) Austrália.

De acordo com a figura, o cultivo do bambu na China se mostra mais sustentável que no Brasil e Austrália, ficando na região de sustentabilidade $S > 1$. O cultivo no Brasil se posiciona na região $S < 1$, mas relativamente próximo à linha de sustentabilidade $S = 2$. Isso mostra que dependendo do valor da transformidade da mão de obra onde o sistema é instalado, variações significativas acontecem no valor de ESI. O método empregado nesse trabalho para o cálculo da transformidade da mão de obra levou em consideração a energia por habitante de cada país. À Austrália, por exemplo, é um dos países que mais emprega energia/habitante, (Odum, 1996), isso faz com que o valor da transformidade da mão de obra australiana seja aproximadamente oito vezes maior que à chinesa. Assim, o estudo do ESI que compara o cultivo do

bambu em diferentes nações (figura 24), mostra que na Austrália o indicador de sustentabilidade (ESI), ficaria abaixo dos valores da China e do Brasil.

5.3 Comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de broto de bambu com alimentos tradicionais.

Diferenças no valor do indicador de sustentabilidade (ESI) são encontradas quando se comparam alimentos semelhantes na sua composição nutricional. Para esse estudo, alimentos que possuem semelhanças na sua composição nutricional foram selecionados da literatura. A tabela 4 mostra os alimentos e a composição nutricional respectiva.

Tabela 11 - Semelhança na composição nutricional dos alimentos. Valor de referência: 100g

Alimento/Nutrientes	Água	Carboidrato	Fibras	Energia (kcal)	Proteína
Broto de Bambu	91,00	5,20	2,20	27,00	2,60
Batata	83,29	12,44	2,50	58,00	2,57
Feijão Verde	90,27	7,13	3,40	31,00	1,82
Repolho	92,18	5,80	2,50	25,00	1,28
Tomate	94,78	3,18	0,90	16,00	1,16

Fonte: Departamento Agrícola dos Estados Unidos; Disponível em: <http://www.nal.usda.gov>

Com exceção da batata, os alimentos selecionados apresentam em torno 90% de água. Em contrapartida a batata mostra-se com as maiores taxas de carboidratos e energia, característica essa que a torna bastante consumida em todo o mundo. Nesse quesito, nenhum alimento da tabela pode ser comparado com a batata, mas quando se compara com proteínas, o broto de bambu é

sensivelmente mais rico. De modo geral, o repolho é o alimento que mais se aproxima das características do broto de bambu, pois à água, carboidratos e as fibras são valores bem parecidos.

A figura 26 mostra o comportamento da sustentabilidade ambiental da produção dos alimentos da tabela 11. No anexo T estão as tabelas referentes à contabilidade ambiental em energia dos respectivos alimentos. A fim de evitar que o critério do avaliador interfira na contabilidade ambiental, foram selecionadas avaliações do mesmo autor (Brandt-Williams, 2002). O fluxo de energia relacionado aos serviços foram excluídos, pois os mesmos foram avaliados utilizando o conceito de energia/dinheiro, e ainda, para uma comparação mais precisa, a mão de obra de todos os sistemas foi considerada brasileira, evitando diferenças relacionadas a transformidade da mão de obra entre países.

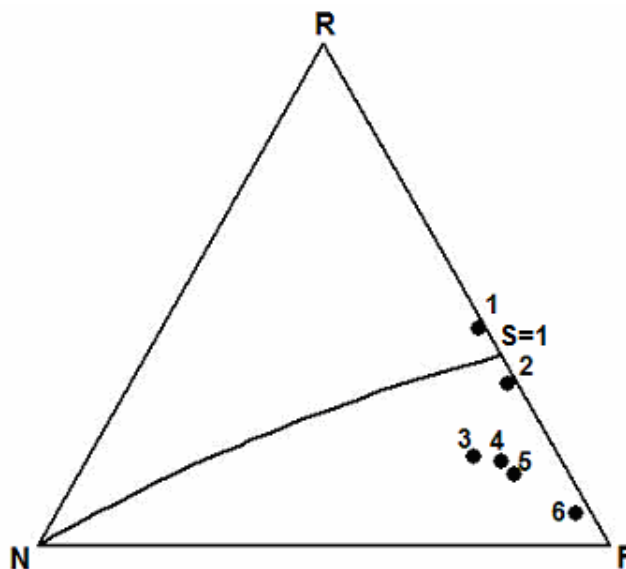


Figura 26 - Sustentabilidade ambiental da produção de alimentos similares sob o aspecto nutricional: (1) broto de bambu irrigado, (2) broto de bambu sem irrigação, (3) feijão verde, (4) repolho, (5) batata, (6) tomate.

Somente o cultivo de brotos irrigados aparece na região de sustentabilidade $S > 1$, onde os processos fornecem contribuições sustentáveis à economia (Brown e Ulgiati, 2002). Mesmo o cultivo de brotos sem irrigação (ponto 2) apresenta valor superior ao dos outros alimentos, aparecendo na região $S < 2$. Também fica evidente, que por ser uma cultura perene os pontos relativos ao cultivo do bambu se posicionam mais à direita do triângulo, indicando baixa perda de solo.

O fluxo de energia por área (sej/ha ano) dos cultivos em estudo podem ser vistos na figura 27. O tomate é superior a todos os alimentos comparados, já o broto de bambu sem irrigação apresenta o menor valor entre eles. O repolho, batata e o feijão verde não apresentam variações significativas, ficando com valores próximos de 1×10^{16} sej/ha ano.

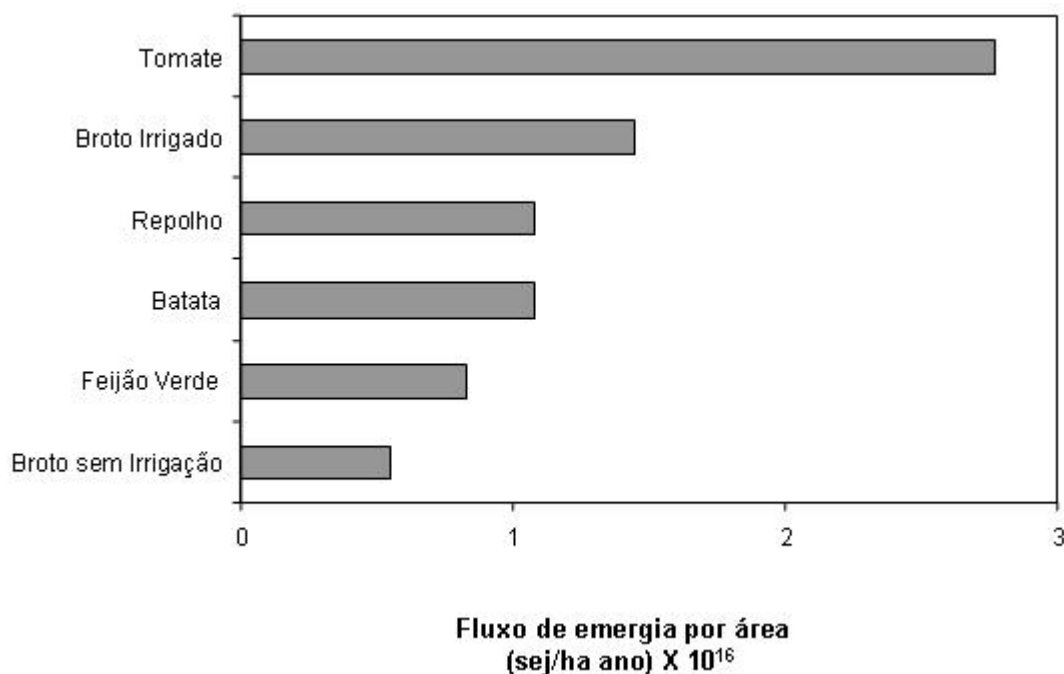


Figura 27 - Comparação dos fluxos de energia por área dos alimentos com composição nutricional semelhante.

O fluxo de energia por área (sej/ha ano) não diferencia a classe dos fluxos empregados. Nesse sentido, a porcentagem de energia renovável utilizada nos diferentes cultivos pode ser visto na figura 28. O cultivo de brotos irrigados e sem irrigação são os cultivos que mais empregam energia renovável. No caso do cultivo irrigado, esse alto valor está associado ao emprego da água de irrigação que foi considerada 100% renovável.

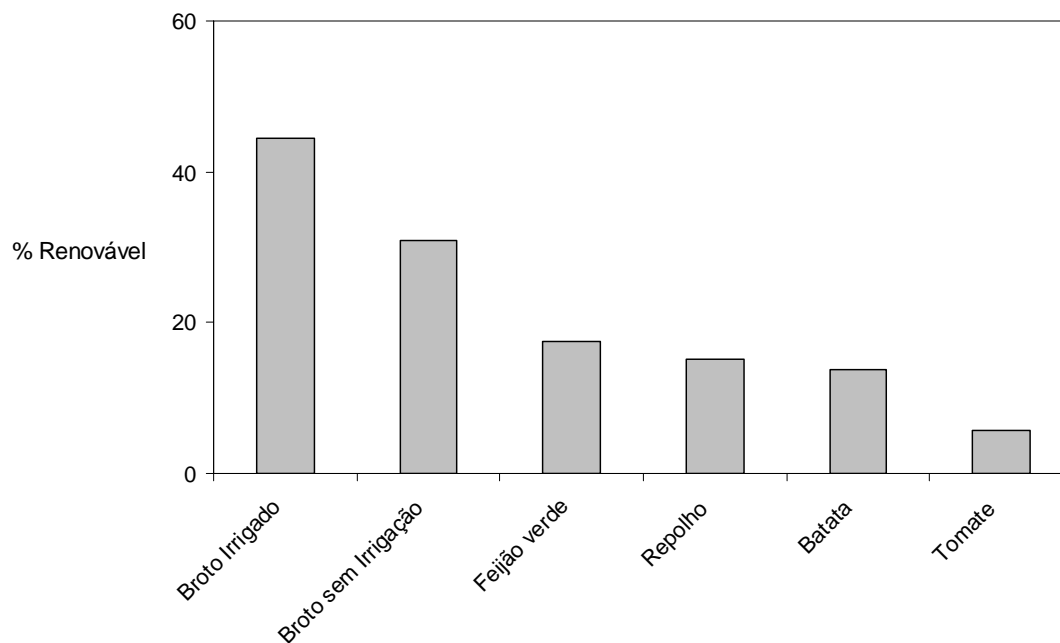


Figura 28 - Percentual de energia renovável dos alimentos com composição nutricional semelhante.

À produção de cada cultivo pode ser visto na figura 29. Nessa análise é possível observar que alimentos com alto valor do fluxo de energia por área, como é o caso do tomate e do broto de bambu irrigado, não necessariamente produzem maiores quantidades por hectare. A tabela 11 mostrou que a batata é

o alimento que contém menos água na sua composição nutricional se comparado aos outros alimentos (perto de 10%), isso contribui ainda mais para seu alto valor.

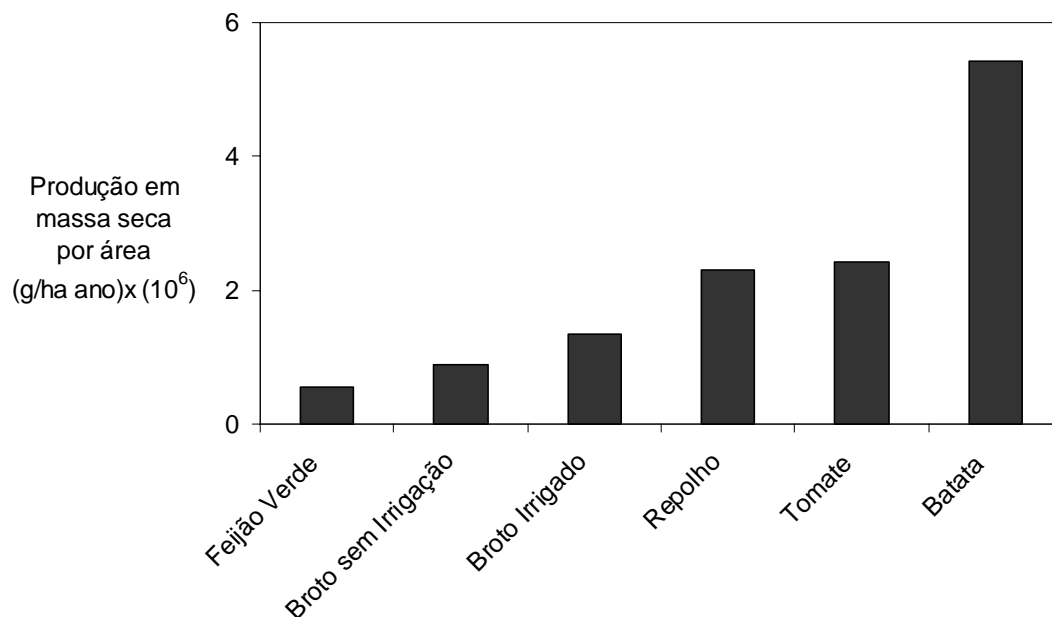


Figura 29 - Comparação da produção em massa seca por área dos alimentos com composição nutricional semelhante.

Com base na produção de massa seca dos alimentos (figura 29), é possível analisar a energia investida por grama de alimento (sej/g). A comparação da energia por grama dos alimentos pode ser vista na figura 30.

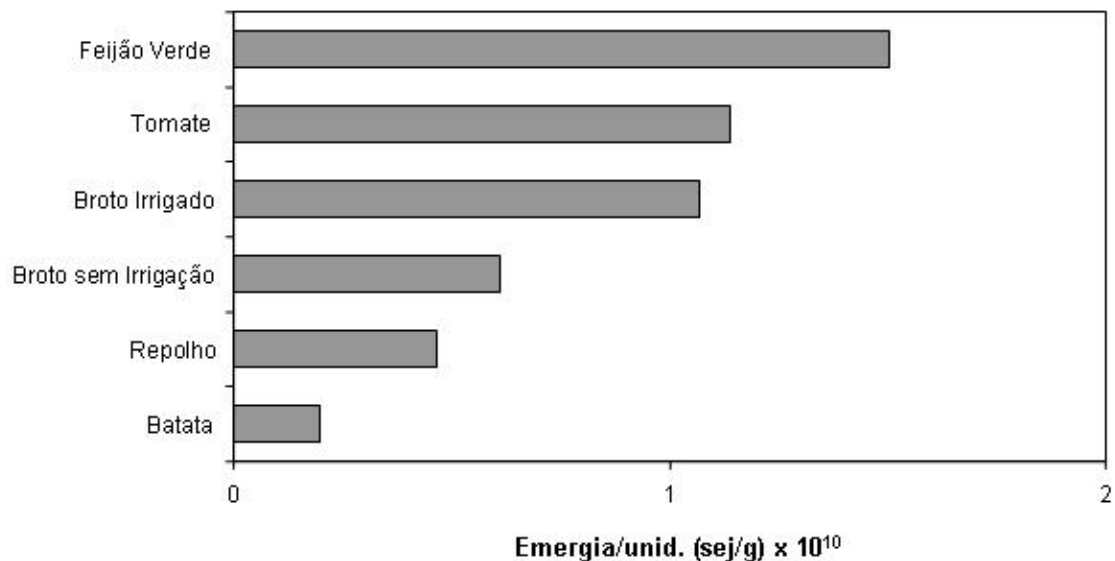


Figura 30 - Comparação da energia por massa dos alimentos com composição nutricional semelhante.

A tabela 11 mostra as propriedades nutricionais dos alimentos, possibilitando estudar separadamente a energia empregada por grama de nutriente. A figura 31 mostra a comparação dos alimentos tendo como base a energia empregada na obtenção de um grama de proteína. A batata é o alimento que apresenta menor valor, pois como visto na tabela 11, a batata juntamente com o broto de bambu são ricos em proteína.

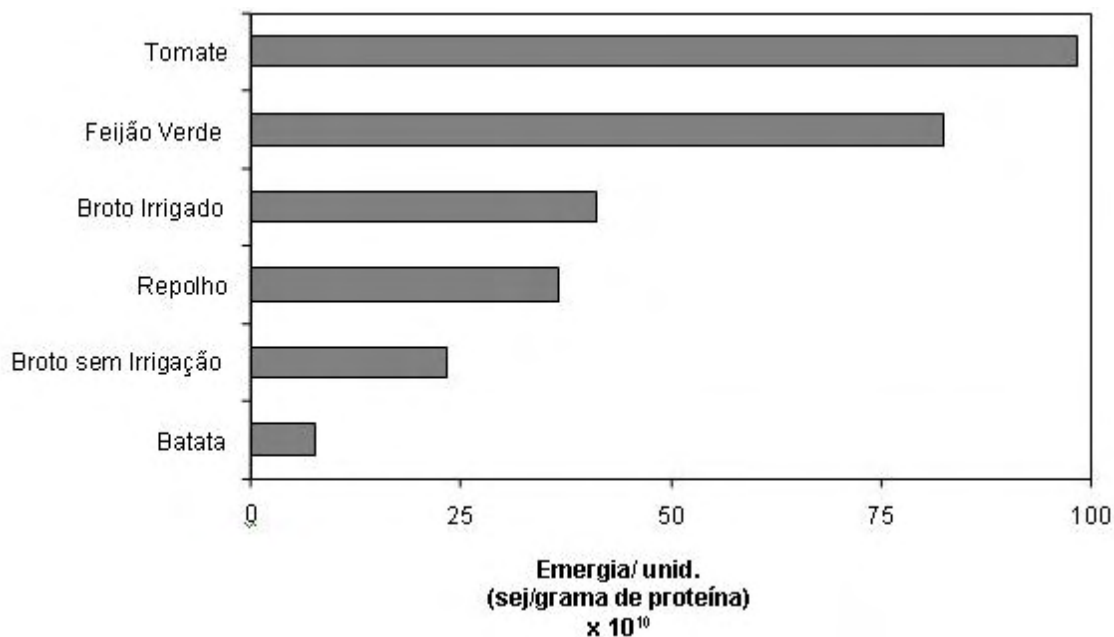


Figura 31 - Energia por grama de proteína dos alimentos com composição nutricional semelhante.

Na tabela 11 nota-se que a batata é o alimento mais rico em carboidrato. Nesse sentido, a figura 32 apresenta a comparação de energia por grama de carboidrato. Como pode ser visto na figura, a energia empregada por grama de carboidrato obtido no cultivo da batata é visivelmente inferior aos outros alimentos, no caso do repolho que é o alimento que mais se aproxima à diferença é de três vezes, já o tomate, emprega em torno de dez vezes mais energia por grama de carboidrato que a batata.

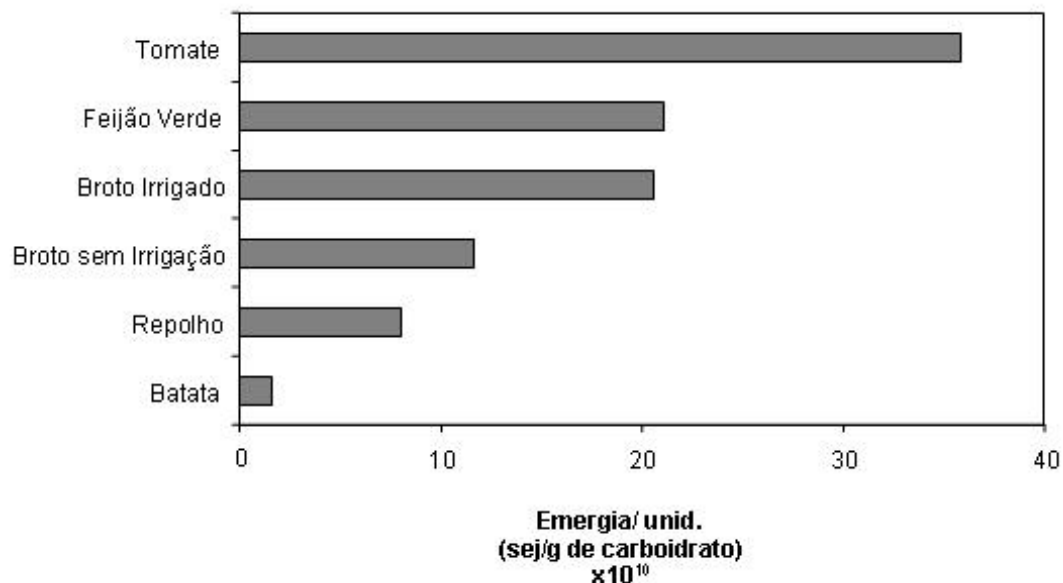


Figura 32 - Energia por grama de carboidrato dos alimentos com composição nutricional semelhante.

A figura 33 mostra a energia empregada por grama de fibra. O feijão verde é o alimento mais rico em fibra entre os alimentos comparados (ver tabela 11), em contrapartida é o alimento que menos produz em quantidade/ha ano (ver figura 28), isso faz com que alimentos menos ricos em proteína, como o broto de bambu sem irrigação, repolho e a batata necessitem de menos energia por grama de fibra.

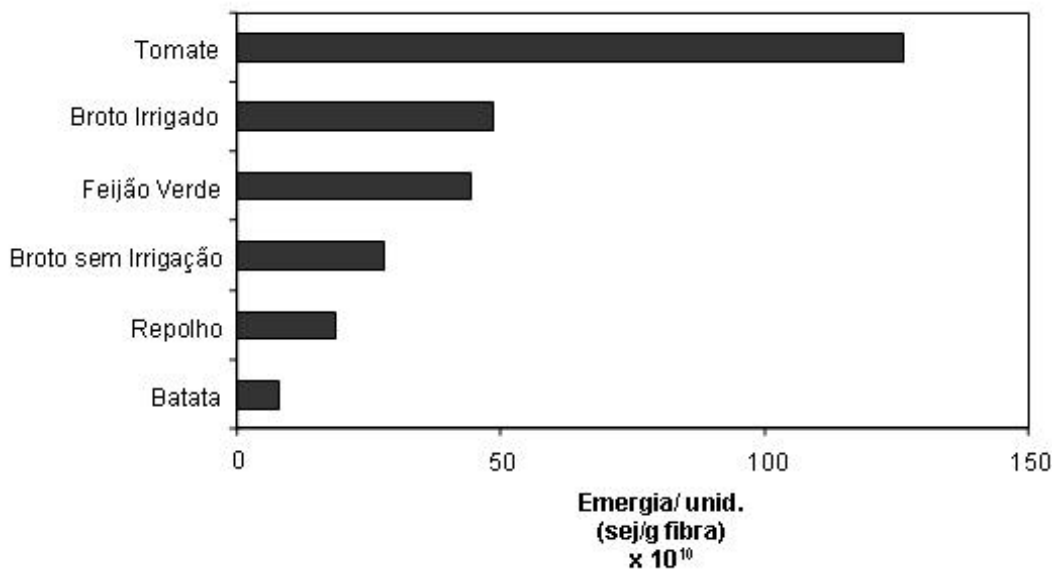


Figura 33 - Energia por grama de fibra dos alimentos com composição nutricional semelhante.

Na figura 34 os alimentos são comparados em termos de energia. Como esperado, a batata que é o alimento mais rico em energia se comparados aos outros alimentos da tabela 11, emprega em torno de quatro vezes menos energia por joule que o repolho. O broto de bambu sem irrigação é muito semelhante ao repolho e quase não apresenta diferença. Já o tomate emprega em torno de dez vezes mais energia por joule que a batata.

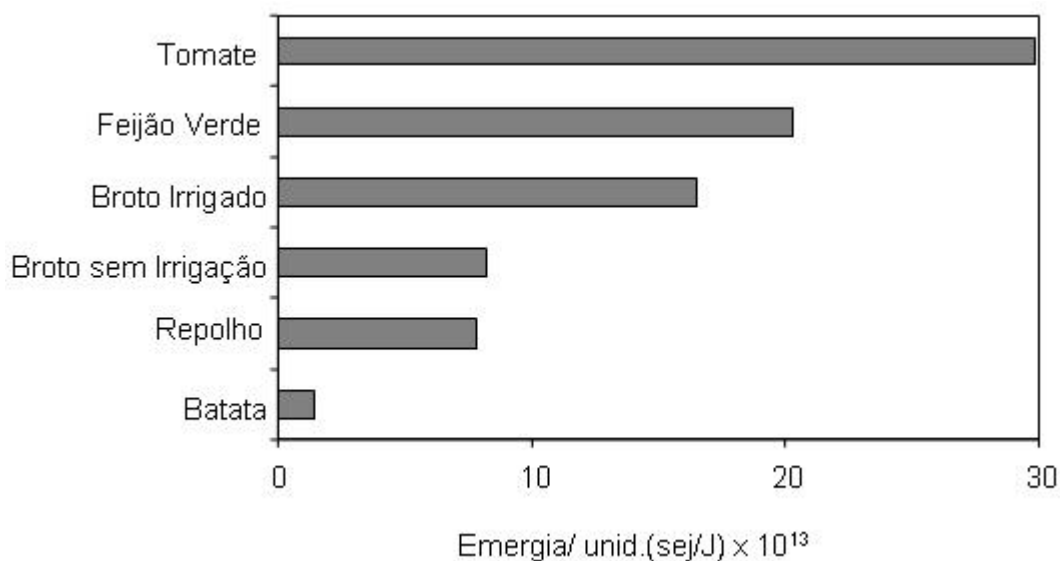


Figura 34 - Energia por joule dos alimentos com composição nutricional semelhante.

5.4 Comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de pinus com bambu.

Contabilidade ambiental em energia do cultivo de pinus.

A contabilidade ambiental em energia do cultivo de pinus no Brasil, foi possível utilizando duas fontes de dados distintas. A primeira é uma planilha de dados referentes a custos e produtividade em propriedades familiares fornecido pela Embrapa – Florestas (disponível em <http://www.cnpf.embrapa.br>). O documento na íntegra pode ser visto em detalhes no anexo C. A segunda fonte de dados é a contabilidade ambiental do cultivo de pinus no norte da Flórida, Estados Unidos (Brown, 2001) que se encontra no anexo D. Essas fontes de dados foram complementadas com dados brasileiros, como é caso da transformidade da mão de obra e as condições do clima local, nesse caso a cidade de Bauru, estado de São Paulo (mesmo local admitido para as plantações de bambu estudadas nesse trabalho). Maiores detalhes de como

esses dados foram complementados entre si, podem ser visto no anexo U, que se refere ao memorial de cálculos da contabilidade ambiental do cultivo de pinus no Brasil.

A tabela 34 se referente à contabilidade ambiental do cultivo de pinus com manejo voltado à produção de madeira para serraria no Brasil. Os recursos renováveis empregados no sistema são responsáveis por 65% de toda energia empregada no sistema. Somente a energia química da chuva emprega 50%. Como pode ser visto na tabela 12, os recursos pagos empregados no cultivo (F1), contabilizam 18% da energia do sistema, já na fase de colheita 16%, em sua maioria diesel (13%).

Tabela 12 - Contabilidade ambiental do cultivo de pinus.

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	50%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	15%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.					151,22	65%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	2,26E+08	7,40E+04	1,67	1%
Sub-total					1,67	1%
Pagos (F₁)						
7	Mudas	muda	6,70E+01	3,37E+12	22,58	10%
8	Formicida	g	8,00E+01	1,48E+10	0,12	<1%
9	Fosfato	g	1,91E+03	6,88E+09	1,31	1%
10	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	1,80E+03	3,00E+09	0,54	<1%
	Plástico	g	8,00E+01	5,85E+09	0,05	<1%
11	Diesel	J	1,50E+09	6,60E+04	9,90	4%

Tabela 12 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
12	Mão de obra (cultivo)	J	1,60E+07	4,18E+06	6,69	3%
	Sub-total (soma de 7 a 12)				41,19	18%
	Energia empregada no cultivo				194,08	84%
13	Biomassa na plantação (acima da raiz)	g	9,60E+06	2,02E+08	194,08	
(b) COLHEITA DA MADEIRA						
Pagos (F₂)						
14	Diesel	J	4,45E+09	6,60E+04	29,37	13%
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,00E+03	3,00E+09	1,20	1%
	Plástico	g	9,60E+02	5,85E+09	0,56	<1%
16	Mão de obra (colheita)	J	1,57E+07	4,18E+06	6,56	3%
	Sub-total (soma de 14 a 16)				37,69	16%
	Energia empregada no cultivo + colheita				231,77	100%
Saída (Y)						
17	Madeira para serraria	g	3,60E+06	6,44E+08	231,77	

*Memorial de cálculos referente à tabela, no anexo U.

A figura 35 mostra os recursos ambientais mais significativos empregados no cultivo de pinus com manejo voltado à produção de madeira para serraria no Brasil. O recurso mais empregado é a energia química da chuva, que é um recurso renovável. O diesel, que é um recurso pago vem em segundo, no entanto, seu valor é três vezes menor que a energia química da chuva. Esses dados apontam que o cultivo de pinus emprega mais máquinas que mão de obra, haja vista o diesel ser o segundo recurso mais utilizado do ponto de vista de energia empregada.

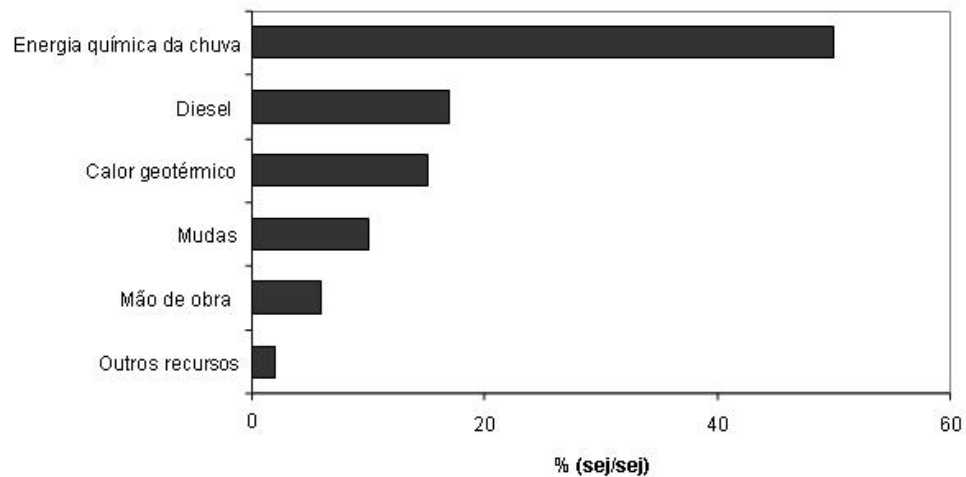


Figura 35 - Recursos ambientais empregados no cultivo de pinus.

O diagrama ternário de energia da figura 36 mostra a comparação entre a sustentabilidade do cultivo de pinus e o cultivo de bambu irrigado e sem irrigação com manejo voltado à produção de colmos.

Segundo Brown e Ulgiati (2002) sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia, como é o caso dos cultivos do bambu (ponto 2 e 3). O cultivo de pinus fica na região $S > 5$, região caracterizada pela sustentabilidade a médio prazo (ponto 1).

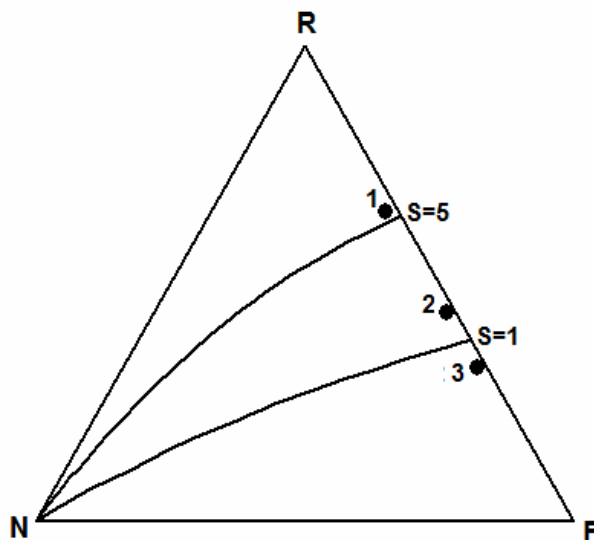


Figura 36 - Sustentabilidade ambiental do cultivo de: (1) Pinus, (2) Colmos irrigados e (3) Colmos sem irrigação.

A tabela 13 relaciona à produção e os investimentos em energia dos cultivos de pinus e de bambu com manejo voltado à produção de colmos.

Tabela 13 - Produção e os investimentos e energia dos cultivos de pinus e bambu com manejo voltado à produção de colmos.

Cultivo	Biomassa (g/ha ano) (10 ⁷)	Volume (cm ³ /ha ano) (10 ⁷)	Fluxo de		
			energia por área (sej/ha ano) (10 ¹⁵)	sej/g (10 ⁸)	sej/cm ³ (10 ⁸)
Pinus	0,4	0,6	2,3	5,8	3,8
Colmos Irrigados	3,3	4,0	14,2	4,3	3,6
Colmos sem irrigação	1,6	2,0	5,1	3,2	2,6

A biomassa produzida no cultivo do bambu (coluna 2), mesmo sem irrigação, é quatro vezes maior que a biomassa produzida no cultivo do pinus.

O maior valor do fluxo de energia por área é o do cultivo de bambu irrigado, isso pode estar relacionado ao emprego da água de irrigação que nos outros cultivos esse recurso não é utilizado. Nota-se que o bambu sem irrigação emprega menos energia por grama e menos energia por centímetro cúbico que os outros cultivos, no entanto, quando se comparou a sustentabilidade ambiental em energia (ESI) utilizando o diagrama ternário (figura 35), o cultivo de colmos sem irrigação é o menos sustentável entre os cultivos, ficando na região $S < 1$. Vale lembrar que essa análise não difere a classe dos recursos ambientais empregados nos sistemas, onde mesmo o cultivo de pinus empregando perto de 65% de energia renovável (o maior entre os cultivos), a relação energia por unidade é maior (colunas 5 e 6).

Influência da renovabilidade parcial da mão de obra e energia elétrica na comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de pinus e bambu

O critério adotado para determinar a fração renovável da mão de obra foi retirado da literatura (Bastianoni et al., 2001 e Ulgiati et al., 1994). Segundo este, a fração renovável da mão de obra corresponde à fração de recursos renováveis que entra no país em que atua esta mão de obra. No Brasil, o fluxo de energia renovável corresponde a 70% da energia total empregada (Coelho et al., 2002).

No caso da energia elétrica, considerou-se que a matriz energética nacional é composta de 75% de energia fornecida por hidroelétricas (Balanço Energético Nacional, 2005) e que este tipo de energia tem uma fração renovável de 70% sej/sej devida ao fluxo de energia geopotencial (Odum,

1996). Desta forma, admitiu-se uma fração renovável de 50% sej/sej para a energia elétrica no Brasil (70% de um total de 75% de energia elétrica).

As tabelas 14, 15 e 16 que se encontram no anexo V são referentes à contabilidade ambiental em energia do cultivo de pinus e bambu com manejo voltado à produção de colmos. Nessa contabilidade foram incorporadas a renovabilidade parcial da mão de obra e energia elétrica (no caso do cultivo irrigado do bambu). O objetivo é estudar a influência das parcelas renováveis nos resultados da sustentabilidade. Nesse sentido, o diagrama ternário é apresentado na figura 37, onde foram comparados os cultivos de pinus e bambu com manejo voltado à produção de colmos.

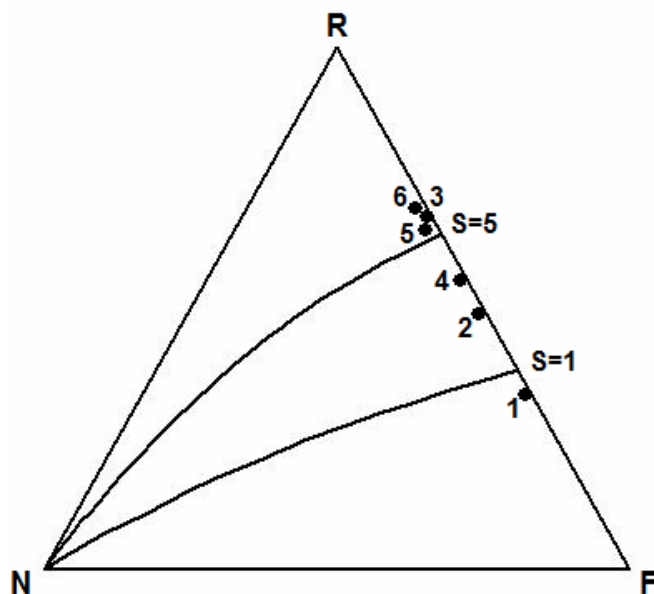


Figura 37 - Influência das parcelas renováveis nos resultados da sustentabilidade dos cultivos: (1) Colmos sem Irrigação; (2) Colmo irrigado; (3) Colmo irrigado com parcela renovável; (4) Colmo sem irrigação com parcela renovável; (5) Pinus e (6) Pinus com parcela renovável.

Variações significativas podem ser observadas nessa comparação, os sistemas ficam mais sustentáveis, como é o caso do cultivo de colmos irrigados (ponto 2) que se apresenta entre as regiões $S < 2$ e $S > 1$, quando a parcela renovável da mão de obra e energia elétrica é considerada, o sistema passa para a região $S > 5$. Essa diferença também fica evidente quando analisamos os pontos 1 e 2 que é referente ao cultivo de bambu sem irrigação. O valor do ESI também aumentou consideravelmente passando-se da região $S < 1$ (ponto 1) e se posicionando próximo à linha $S = 3$ (ponto 4). O cultivo de pinus não sofreu variações significativas quando acrescentada as parcelas renováveis (pontos 5 e 6), se comparado com os cultivos de bambu. O fato do cultivo de bambu empregar mão de obra intensiva em seu manejo, em torno de 35% de toda energia no cultivo sem irrigação, quando adicionada a parcela renovável o sistema apresenta variações mais significativas que o pinus que emprega apenas 6%.

6. CONCLUSÃO

O inventário de dados referente aos insumos empregados no cultivo comercial do bambu gigante foram obtidos com base em informações do Projeto Bambu e do projeto de um cultivo comercial de bambu.

Com base nos dados do inventário foi feita à contabilidade ambiental em energia, que permitiu estudar à plantação desde a fase de implantação até o estado estacionário. Dessa forma foi possível identificar os recursos de maior influência no cultivo.

O uso do diagrama ternário possibilitou visualizar de maneira bastante clara a influência dos principais recursos na sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu. Também foi comparada a sustentabilidade ambiental do cultivo do bambu com produtos agrícolas concorrentes.

Principais resultados obtidos

1) Fluxo de energia por área (sej/ha ano).

Levando em conta o fluxo de energia por área (sej/ha ano), os manejos voltado à produção de colmos e de brotos com irrigação, não apresentam diferenças significativas na fase de cultivo. Na fase de colheita, o manejo de brotos emprega 20% a mais em energia. O mesmo acontece na comparação entre os manejos de colmos e brotos sem irrigação.

O fluxo de energia por área (sej/ha ano) empregada no manejo de brotos irrigados é aproximadamente três vezes maior se comparado com o manejo de brotos sem irrigação. Isso está associado ao uso de água de irrigação e ao emprego de mão de obra na colheita devido a maior produção

dos cultivos irrigados. O mesmo acontece na comparação entre o manejo de colmos irrigados e sem irrigação.

2) As classes dos recursos ambientais.

A classe dos recursos renováveis (R) no cultivo não irrigado emprega em torno de 30% em energia, se o cultivo utiliza irrigação, e se esta for considerada 100% renovável, esse valor aumenta para 45%.

Os recursos não-renováveis (N) são menos de 1% em energia.

Os recursos pagos (F) são maioria. São utilizados aproximadamente 70% em energia nos cultivos sem irrigação e 65% nos cultivos irrigados.

3) Influência da água de irrigação na sustentabilidade ambiental.

Quando se emprega sistema de irrigação, à água é o recurso mais significativo (30% em energia). Dessa forma a sustentabilidade ambiental varia consideravelmente se à água de irrigação for considerada renovável (R), não-renovável (N) ou paga (F).

A qualidade da água de irrigação utilizada também tem influência na sustentabilidade ambiental. Transformidades maiores da água faz com que o sistema fique menos sustentável.

4) Influência da mão de obra na sustentabilidade ambiental.

A mão de obra é recurso mais significativo empregado no cultivo do bambu sem irrigação (35% em energia). Nesse sentido, alterar a localização do cultivo pode gerar diferenças significativas no indicador de sustentabilidade (ESI). No caso do cultivo em países com alto valor de energia per capta, como é caso da Austrália, o valor da transformidade da mão de obra é maior, fazendo

com que a sustentabilidade do sistema seja menor se comparado ao cultivo no Brasil, onde a energia per capita é aproximadamente cinco vezes menor que na Austrália.

5) Variação dos indicadores ambientais em energia ELR, EYR e o ESI desde a implantação até o estado estacionário.

Os indicadores ambientais (ESI, EYR e ELR), variam com maior amplitude nos três primeiros anos da implantação devido ao alto valor dos recursos pagos (F) investidos nas atividades de preparação da terra e plantio. No caso de cultivos irrigados, o aumento do uso de água de irrigação no terceiro ano, faz com que os indicadores também apresentem variações consideráveis

6) Comparação da sustentabilidade ambiental entre o cultivo do broto de bambu e alimentos semelhantes na composição nutricional.

A sustentabilidade ambiental do cultivo de broto de bambu é maior se comparado ao cultivo da batata, feijão verde, repolho e tomate.

O broto de bambu é o alimento que emprega mais energia renovável em seu cultivo, irrigado (40% sej/sej) ou sem irrigação (30% sej/sej) ele é superior ao feijão verde (20% sej/se), ao repolho (15% sej/sej) e a batata (15% sej/sej). O tomate é que menos emprega energia renovável (8% sej/sej).

O fluxo de energia por área (sej/ha ano) do cultivo de broto de bambu sem irrigação é menor se comparado com o cultivo do tomate, broto irrigado, repolho, batata e feijão verde.

A produção de broto de bambu (g seca/ha ano) só é maior que à produção do feijão verde. No entanto, a energia por grama (sej/g seca) do broto de bambu é aproximadamente três vezes menor se comparado com o feijão verde, semelhante ao tomate e maior que o repolho e a batata.

O cultivo de broto de bambu como fonte de proteína, só não emprega menos energia por unidade (sej/g de proteína) que o cultivo da batata. Nesse aspecto, o cultivo do repolho tem valor semelhante ao broto de bambu.

7) Comparação da sustentabilidade ambiental do cultivo de pinus e de bambu.

O cultivo de pinus e de bambu apresentam diferenças consideráveis relacionadas ao emprego dos recursos ambientais. São sistemas com características de manejo diferentes. A mão de obra empregada no cultivo do bambu é um recurso significativo, emprega aproximadamente 35% da energia do sistema. No cultivo de pinus, a mão de obra emprega em torno de 5% da energia do sistema, evidenciando ser uma cultura mecanizada, já que o diesel representa aproximadamente 20% em energia. Dessa forma, o uso menos intensivo de mão de obra no cultivo de pinus faz com ele seja mais sustentável que o cultivo do bambu. Este resultado pode ser atribuído ao fato de ter sido desconsiderada as parcelas renováveis nos recursos empregados, pois o emprego da mão de obra no cultivo do bambu foi considerada 100% paga (F). Quando inseridas as parcelas renováveis referentes aos recursos empregados, verifica-se que praticamente não existe diferença no indicador de sustentabilidade dos cultivos, ficando ambos próximo de 5. Nesse aspecto, o Brasil apresenta condições favoráveis para cultivo do bambu, pois apresenta valores consideráveis na renovabilidade de sua matriz energética (50% renovável), e da mão de obra (70% renovável).

Conclusão Final:

Os resultados obtidos permitem concluir que o plantio em grande escala do bambu gigante no Brasil, seja voltado à produção de colmos ou brotos, apresenta condições favoráveis sob o aspecto da sustentabilidade ambiental.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Expandir o escopo desse estudo com a finalidade de estudar a fase de manufatura dos colmos de bambu e os aspectos relacionados a sustentabilidade do processo.

Estudar o ciclo de vida de produtos feitos com bambu e compará-los com matérias concorrentes como a madeira.

Comparar as possíveis aplicações do bambu em processos industriais como, fabricação de móveis, laminados, papel entre outras.

Estudar o cultivo do bambu empregando indicadores ambientais capazes de considerar aspectos relacionados ao seqüestro de carbono e produção de biomassa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Simpson., G. Walker., M. Greaves., D. Finn., B. Guymer., 2002. A Viable and Desirable Solar-Powered Commuter Vehicle, Presented at the Australasian Universities Power Engineering Conference, Melbourne, Agronomy. 74, 99-153.

Almeida, C.M.V.B., Barrella F.A., Giannetti B.F., 2007. Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making, Journal of Cleaner Production. 15, 63-74.

Andrade, C. L. T., 2001. Seleção do sistema de irrigação. Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul14.pdf>. Consultado em 17/08/2007.

ANEEL - Agência Nacional de energia Elétrica. Energia eólica. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-Energia_Eolica(3).pdf). Consultado em: 21/05/2007

Anselmo, P. Filho., Badr, O., 2004. Biomass resources for energy in North-Eastern Brazil, Applied Energy. 77, 51-67.

Azzini, A., Salgado, L.A., 1981. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. O Agrônomo, 33, 61- 80.

Banik, R.L., 1995. A Manual for Vegetative Propagation of Bamboos, INBAR Technical Report, 6, pp. 66.

Barrella, F.A., Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., 2005. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e meio ambiente. Revista Produção, 15, 87-101.

Bastianoni, S.; Marchettini N., 1997. Emergy/exergy ratio as measure of the level of organization of systems. Ecological Modelling, 99, 33-40.

Bastianoni, S., Marchettini, N., Panzieri, M., Tiezzi, E., 2001. Sustainability assessment of a farm in a Chianti area (Italy), *Journal of Cleaner Production*. 9, 365-373.

Balanço Energético Nacional, 2005. Ministério das Minas e Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Consultado em 28/08/2007.

Bertoni, J., Lombardi F. N. Conservação do solo. São Paulo: Editora Ícone, 4a. ed., 1999, 355 p.

Bice, D., 2001. Using Stella models to explore the dynamics of Earth systems: experimenting with Earth's climate system using a simple computer model, *Journal of Geoscience Education*. 49, 170-181.

Brandt-Williams, S.L., 2002. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No.4 - Emergy of Florida Agriculture. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville. Available in: <http://www.ees.ufl.edu/cep/> Accessed in 2 August 2006.

Brown, M.T., Ulgiati S., 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation, *Ecological Engineering*. 9, 51-69.

Brown, M.T., V. Buranakarn., 2003. Emergy Indices and Ratios for Sustainable material Cycles and Recycle Options, *Resources, Conservation and Recycling*. 38, 1 - 22.

Brown M. T.; Ulgiati S., 2002. Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems. *J. Cleaner Prod*, 10, p. 321-334.

Brown, M.T., J. Arding., 1991. Transformities Working Paper. Center for Wetlands, Univ. of Florida, Gainesville.

Brown, M.T., E. Bardi. 2001. Handbook of Emergy Evaluation Folio 3: Emergy of Ecosystems. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville. 90p.

Buenfill, A.A., 2001. Emergy evaluation of water, doctoral thesis, University Florida.

Castellini C., Bastianoni S., Granai C., Dal Bosco A., Brunetti M., 2006. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems, Agriculture, Ecosystems & Environment. 114, 343-350.

Cavalett, Otávio., Queiroz, J. F., Ortega, Enrique., 2006. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil, Ecological Modelling.193,205-224.

Chen, G.Q., Jiang, M.M., Chen, B., Yang, Z. F., Lin, C., 2006. Emergy analysis of Chinese agriculture. Agriculture Ecosystems & Environment 115, 161-173.

CNBRC - China National Bamboo Research Center. Cultivation & integrated utilization on bamboo in China. Hangzhou, China. 2001 citado em: Moizés, F. A, 2007. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista.

Coelho, O.,Ortega, E.,Comar, V., 2002. Balanço de emergia do Brasil. Disponível em : <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf>. Consultado em 28/08/2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento; “Custo de Produção”; Pág 18. D<http://www.conab.gov.br/download/safra/custosproducaometodologia.pdf> ., Consultado em 30/01/2006

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Atlas Solarimétrico do Brasil - Uma publicação do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em:

http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Info5_pag8-9.PDF. Acesso em 21/05/2007.

Cusack, V., 1997, *Bamboo Rediscovered*, Earth Garden Books, Austrália.

Cusack, V., 1998. Bamboo edible shoot and timber plantation – comparative data across species and economic analyses for *Dendrocalamus asper*, Bamboo for Shoots and Timber. Proceedings of Workshop, Hamilton, Brisbane, 24-25 October 1997, RIRDC Publication No 98/32. pp. 23-34.

Daly, H, E., 1977, *Steady-Estate Economics*, Freeman, São Francisco.

Department of the Environment and Heritage. Disponível em: <http://www.deh.gov.au/soe/2001/land/land01-5.html>. Consultado em 11/04/2006. Citado em: Giannetti, B. F. ; Neis, A. M. ; Bonilla, S. H. ; Almeida, C. M. V. B. 2007. Decisões e Sustentabilidade Ambiental. In: Costa Neto, P. L. O.. (Org.). *Qualidade e Competência nas Decisões*. 01 ed. São Paulo: Edgarg Blücher LTDA, 2007, v. 01, p. 315-336.

Moizés, F. A, 2007. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista.

Federici, M., S. Ulgiati, D. Verdesca, R. Basosi. 2003. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems. The case of Siena, Italy, *Ecological Indicators*. 3, 155–169.

Filgueiras, T. S., 1998. Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (*gramineae:bambusoideae*). *Revista Brasil. Bot.* 11:47 – 66. Citado em: Teixeira, A. A., 2006. Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 179p.

Geber, U., Bjorklund, J., 2001. The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment system - a case study, *Ecological Engineering*. 18, 39-59.

Giannantoni C., Mirandola A., Tonon S., Ulgiati S., 2002 Energy based Four-Sector diagram of benefits as a decision making tool. In: Advances in Energy Studies, Vol. 3 Ed. Sergio Ulgiati, SGE Editoriali, Porto Venere (Italy), 575-586.

Giannetti, B. F. ; Neis, A. M. ; Bonilla, S. H. ; Almeida, C. M. V. B. 2007. Decisões e Sustentabilidade Ambiental. In: Costa Neto, P. L. O.. (Org.). Qualidade e Competência nas Decisões. 01 ed. São Paulo: Edgarg Blücher LTDA, 2007, v. 01, p. 315-336.

Giannetti, B. F., Barrella, F. A., Almeida, C. M. V. B., 2006. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and energy accounting, Journal of Cleaner Production.14, 201-210.

Gonçalves, M. T. T., Pereira, M. A. dos R., Gonçalves, C.D., 2000. Ensaios de resistência mecânica em peças laminadas de bambu. Anais do 29º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Fortaleza.

Guarnetti R.L., Giannetti, B.F., S. H. Bonilla., 2006. Agricultural systems studied by the energetic ternary diagram: Influence of the culture type and the environmental analyst's criteria, Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering.

Hsiung, W., 1988. Prospects for bamboo development in the world, IBC, Prafance.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 2004.Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Disponível em, <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, <http://www.inmet.gov.br>; Consultado em 18/05/2007.

Itapagé S.A - Celulose, Papéis e Artefatos. <http://www.itapage.com>; Consultado em 02/12/2006.

Janssen, J.J.A., 1988. Building with bamboo. London: Intermediate Technology Publications.

Janzen, D.H., 1976. Why bamboos wait so long to flower? *Annual Review of Ecology & Systematics* 7,347-391.

Kamegasawa, A. M. Y. 2004. Aplicações do bambu como material construtivo, com ênfase na fabricação de pisos. 124f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Khan, S., Tariq, R., Yuanlai, C., and Blackwell, J., 2006. Can irrigation be sustainable? *Agricultural Water Management*, 80, 87-99.

Kleinhenz, V., Midmore, D.J., 2000. Estimating water usage of bamboo, *Access to Asian Vegetables*, vol.28., Rural Industries Research & Development Corporation.

Kleinhenz, V., Midmore, D.J. 2001. Aspects of bamboo agronomy. *Advances in Advances in Agronomy* 74, 99-153.

Koshy KC., Gopakumar B., 2005. An improvised vegetative propagation technique for self-incompatible bamboos. *Current Science*.9, 1474-1476.

Lagerberg, C., M.T. Brown., 1999. Improving Agricultural Sustainability: The Case of Swedish Greenhouse Tomatoes. *Journal of Cleaner Production* 7, 421-434.

Lefroy, E., Rydberg T., 2003. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia, *Ecological Modelling*. 161, 195-211.

Liese, W., 1985. Bamboos - Biology, Silvics, Properties, Utilization. GTZ, Eschborn, Germany.

Lima, J.E.F.W., Ferreira, R.S.A., Christofidis, D., *Uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM, 1999.*

Martin, J.F., Diemont, S.A.W., Powell, E., Stanton, M., Levy-Tacher, S., 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management, *Agriculture Ecosystems & Environment*, 115, 128-140.

Midmore, D.J., 1998. *Bamboo for Shoots and Timber*. RIRDC Publication No 98/20. Canberra, Australia.

Moizés, F. A., 2007. *Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru*. Dissertação de Mestrado – Universidade Paulista (Unesp).

Odum, H.T., 1996. *Environmental accounting: Emergy and environmental decision making*, Ed. John Wiley & Sons. p.370.

Odum, H.T., E.C. Odum., 1983. *Emergy Analysis Overview of Nations with sections by G. Bosch, L. Braat, W.Dunn, G. de R. Innes, J.R. Richardson, D.M. Scienceman, J.P. Sendzimir, D.J. Smith, and M.V. Thomas*. Working Paper, International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria (WP-83-82).

Panzieri M.; Marchettini N.; Hallam T.G., 2000. Importance of the *Bradhyrizobium japonicum* symbiosis for the sustainability of a soybean cultivation. *Ecological Modelling*, 135, p. 301-310.

Panzieri M., 2001. *Analisi ed Indagine Termodinamica di Sistemi Complessi*. Universidade di Siena. 1995. Cited by Bastianoni S., Marchettini N., Panzieri M. and Tiezzi E. Sustainability Assesment of a Farm in the Chianti Area (Italy). *Journal of Cleaner Production*, 9, 365-373.

Pereira, M. A. R. ; Salgado, M. H., 2006a. *Projecto Bambú: Determinação de las características mecanicas de listones laminados del Bambú gigante (Dendrocalamus Giganteus) cultivado em la UNESP de Bauru/SP/BRASIL*. In: 3o. Simposio Latino Americano de Bambú, 2006b, Guayaquil. *Anais do 3o. Simposio LATino Americano de Bambú*. Guayaquil, 2006. v. 1.

Pereira, M. A. R. 2006. Proyecto bambú: Manejo y producción del bambú gigante (*dendrocalamus giganteus*) cultivado en la unesp de Bauru/SP./Brazil y determinación de las características físicas de listones laminados. In: Terceiro Simposio Latinoamericano de Bambu, Ecuador; Guayaquil. Cd room.

Pereira, M.A.R., Garbino, L.V., 2003. Projeto bambu : desenvolvimento do bambu gigante (*dendrocalamus giganteus*) na Unesp/campus de Bauru–S.P., com vistas à sua utilização na engenharia agrícola. XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – Conbea , Salvador.

Pereira, M. A. R., 1997a. Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*). Tese de Doutorado. Unesp, Faculdade de Ciências Agrônômicas, p.161.

Pereira, M. A. dos R., 1997b. O Uso do Bambo na Irrigação: montagem de um sistema de irrigação por aspersão de pequeno porte, utilizando tubulação de bambu. Citado em: Congresso Brasileiro de Engenharia. CONBEA, Salvador.

Prefeitura Municipal de Bauru, <http://www.bauru.sp.gov.br>; Consultado em 18/05/2007

Ramanayake, S. M. S. D., Yakandawala, K., 1998. Incidence of Flowering, Death and Phenology of Development in the Giant Bamboo (*Dendrocalamus giganteus*Wall. ex Munro). *Annals of Botany*, 82, 779-785.

Ribemboim, Jacques Alberto (Org.), 1997. Mudando os Padrões de Produção e Consumo: textos para o século XXI. 1. ed. Brasília: IBAMA, v.1, 147 p. Citado em : Agricultura Sustentável, disponível em <http://www.ebape.fgv.br>.

Sanjay Singh., Pramod Kumar., S.A. Ansari., 2004. A simple method for large-scale propagation of *Dendrocalamus asper*. *Scientia Horticulturae*, 100, 251-255.

Scurlock, J.M.O., Dayton, D.C., Hames, B., 2000. Bamboo: an overlooked biomass resource?, *Biomass and Bioenergy*. 19, 229-244.

- Teixeira, A. A., 2006. Painéis de Bambu para Habitações Econômicas: Avaliação do Desempenho de Painéis Revestidos com Argamassa. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 179p.
- Thomson – 10B – 2004 – Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, Anuário., São Paulo, Brazil, Ed. Thomson, 235p.
- Tonon, S., M.T. Brown, F. Luchi, A. Mirandola, A. Stoppato, and S. Ulgiati., 2001. Integration of Thermodynamic, Economic and Environmental Parameters for the Evaluation of Energy Systems. In: Advances in Energy Studies, Vol. Ed. Sergio Ulgiati, SGE Editorial, Porto Venere, Italy, 635-647.
- Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastianoni, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability An emergy analysis of Italy, Ecological Modelling. 73, 215-268.
- Ulgiati, S, Brown M T., 1998. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems, Ecological Modeling. 108, 23-36. University of Florida, Gainesville, FL, 1991.

ANEXO A

Inventário Contábil do Cultivo do Bambu Gigante na Austrália

A moeda utilizada é o Dólar Australiano.

1. Inventário contábil da implantação do sistema

Investimentos referente ao ano 1:

- | | |
|---|---------|
| 1) Custo das plantas: (200/ha; \$30/planta) | \$6.000 |
| 2) Preparação da terra. Aluguel de trator de pequeno porte para limpeza da área (se necessário); 4horas/ha, custo variando entre \$35 e \$60/hora. | |
| Admite-se \$60/hora | \$240 |
| 3) Sistema de irrigação. Tubulação principal de 25 mm e derivações de 13mm. (suficientes para os primeiros 2 anos). | |
| Materiais: | |
| 5 rolos de tubos de 13 mm de PVC; \$58/rolo; | |
| 200 irrigadores; \$0,04 cada; | |
| 100 metros de tubos de 25 mm de PVC | \$400 |
| 4) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver serviço de capina). | |
| 50 fardos; \$2.50/fardo | \$125 |
| 5) Fertilizante; 5 sacos de 40 kg; \$17,5/saco (no primeiro ano são necessários menos de 2 kg/planta) | |
| | \$100 |

6) Consumo do trator (diesel e óleo)	\$150
<i>Subtotal dos investimentos no ano 1</i>	<i>\$7.015</i>

Mão de obra empregada no ano 1:

1) Plantio e fertilização; 5 minutos/planta x 200	17 horas
2) Instalação do sistema de irrigação para 200 plantas	40 horas
3) Capina, 3 vezes/ano; 4 horas/ha	12 horas
4) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas; 0,5 minuto/semana/planta	86 horas
<i>Sub total da mão de obra no ano 1</i>	<i>155 horas</i>

Investimentos referentes ao ano 2:

1) Fertilizante; 400 kg 15:15:5 NPK/ha/ano: 44 centavos/kg \$200	
2) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver o serviço de capina). 100 fados; \$2,50/fardo	\$250
3) Consumo do trator: (diesel e óleo)	\$150
<i>Sub total dos investimentos no ano 2</i>	<i>\$600</i>

Mão de obra empregada no ano 2:

1) Capina, 3 vezes/ano; 4 horas/ha	12 horas
2) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas; 0,5 minuto/semana/planta	86 horas
<i>Sub total da mão de obra no ano 2</i>	<i>98 horas</i>

Investimentos referente ao ano 3: (possibilidade de colher 1 ton/ha)

1) Fertilizante; 600 kg; 50 centavos/kg	\$300
2) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver o serviço de capina); 120 fardos; \$2,50/fardo	\$300
3) Consumo do trator (diesel e óleo)	\$200
4) Aumento do sistema de irrigação para se ajustar ao desenvolvimento das plantas; Tubulação principal de 50 mm e derivações de 25 mm	\$2.200
<i>Sub total dos investimentos no ano 3</i>	<i>\$3.000</i>

Mão de obra empregada no ano 3: (incluindo possibilidade de colheita)

1) Capina 3 vezes/ano; 4 horas/ha	12 horas
-----------------------------------	----------

- | | |
|---|----------|
| 2) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas;
0.5 minuto/semana/planta | 86 horas |
| 3) Possibilidade de colheita de brotos (em média 1.5 brotos/moita; que corresponde a aproximadamente 300 brotos/ha, portanto, 1 ton/ha). Tempo gasto na colheita = (300 brotos) x (2 minutos/broto) | 10 horas |
| 4) Instalação do sistema de irrigação | 40 horas |

Mão de obra empregada no ano 3 **148 horas**

Investimentos referente ao ano 4:

- | | |
|--|---------------|
| 1) Fertilizante; 800 kg/ha; 50 centavos/kg | \$400 |
| 2) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver o serviço de capina).
200 fados; \$2.50/fardo | \$500 |
| 3) Consumo do trator: (diesel/óleo) | \$150 |
| <i>Sub total dos investimentos no ano 4</i> | <i>\$1050</i> |

Mão de obra empregada no ano 4

- | | |
|---|----------|
| 1) Capina 3 vezes/ano; 4 horas/ha | 12 horas |
| 2) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas; | |

1 minuto/semana/planta 170 horas

3) Colheita de brotos, (média de 3 brotos/moita; aproximadamente 4 kg; que corresponde a 2,4 ton/ha).

Tempo estimado da colheita é (600 brotos) x (2 minutos/broto) 20 horas

Subtotal referente à mão de obra no ano 4 202 horas

Investimentos referente ao ano 5

1) Fertilizante; 1000 kg 15:15:15 NPK/ha/ano; 44 centavos/kg \$500

2) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver o serviço de capina).

200 fados; \$2.50/fardo \$500

3) Consumo do trator; (diesel/óleo) \$200

Subtotal dos investimentos no ano 4 \$1200

Mão de obra empregada no ano 5

1) Capina 3 vezes/ano; 4 horas/ha 12 horas

2) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas;

1 minuto/semana/planta 170 horas

3) Colheita de brotos; Em media 6 brotos/moita; 4,5 kg /moita que corresponde a 5,4 ton/ha. Tempo estimado = (1200 brotos) x (2 minutos/broto)

40 horas

Subtotal referente à mão de obra no ano 5 *222 horas*

Investimentos referentes ao ano 6

1) Fertilizante; 1000 kg 15:15:5 NPK/ha/ano; 44 centavos/kg \$500

2) Compra de cobertura de origem vegetal (folhas e casca de árvore), utilizado na cobertura do solo com a finalidade de combater pragas (somente necessário se não houver o serviço de capina).

200 fados; \$2.50/fardo \$500

3) Consumo do trator: (diesel/óleo) \$300

Subtotal dos investimentos no ano 6 *\$1.300*

Mão de obra empregada no ano 6

1) Capina 3 vezes/ano; 4 horas/ha 12 horas

2) Inspeções visuais, fertilização e combate de possíveis pragas;
1 minutos/semana/planta 170 horas

3) Colheita de colmos (em média 10 brotos/moita; 4.5 kg aproximadamente que corresponde a 9 ton/ha).

Tempo estimado na colheita = (2000 brotos) x (2 minutos/broto) 70 horas

4) Primeira colheita de colmos: 1.5 colmos/moita.

Admitindo 5 minutos/moita 17 horas

Subtotal da mão de obra no ano 6

269 horas

2. Resumo dos rendimentos com base em 1 ha/ano com manejo voltado à produção de brotos

ANO 1	Não produz
ANO 2	Não produz
ANO 3 - 1000 kg; \$4,00/kg	\$4,000
ANO 4 - 2400 kg ; \$4,00/kg	\$9,600
ANO 5 - 400 kg ; \$4,00/kg	\$21,600
ANO 6 - 9000 kg ; \$4,00/kg	\$36,000
Produção de colmos: 300 colmos pequenos; \$10 cada	\$3,000
Total no ano 6	\$39,000
ANO 7 - 10,000 kg ou mais; \$4.00/kg	\$40,000
Produção de colmos: 300 colmos grandes; \$24 cada	\$7,200
Total no ano 7	\$47,200
ANO 8 - 10,000 kg ou mais; \$4.00/kg	\$40,000
Produção de colmos: 300 colmos grandes; \$40 cada	\$12,000
Total no ano 8	\$52,000

ANEXO B

Sistema de Irrigação

1) Disposição do sistema de irrigação.

Dados do Sistema:

Irrigação por aspersão;

Área irrigada: 1ha;

Número máximo de mudas/ha: 200 (Midmore, 1998)

Na figura 37, observa – em detalhe o sistema de irrigação.

O sistema de captação da água foi desconsiderado.

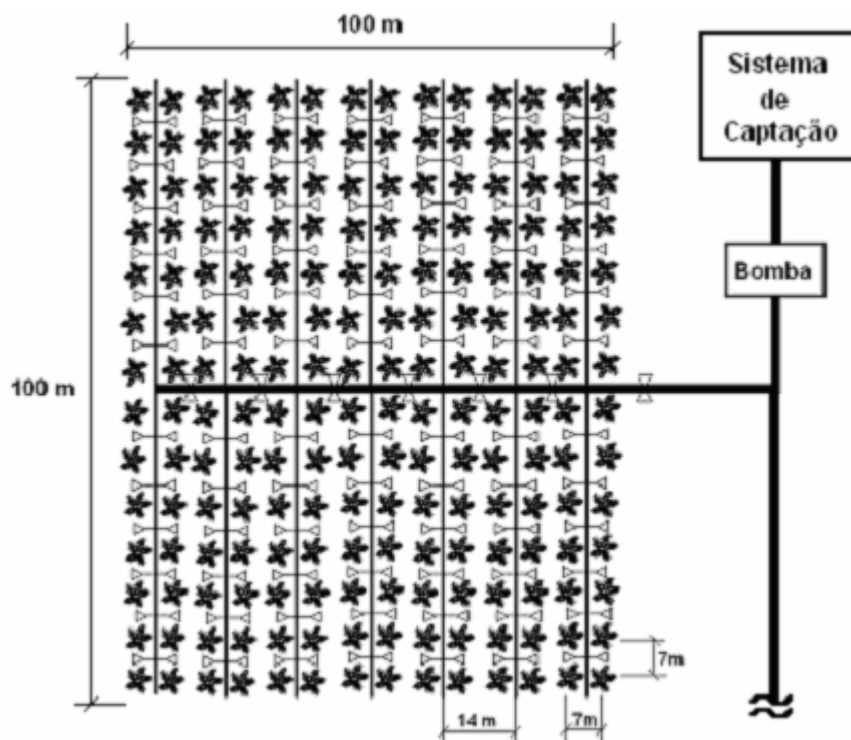





Figura 37: Representação do sistema de irrigação: () moita de bambu; () Irrigador; () Válvula; (—) derivações e (—) tubulação principal.

2) Componentes do Sistema de Irrigação para 1ha.

- 2.1) Bomba;
- 2.2) Irrigadores;
- 2.3) Válvulas;
- 2.4) Tubulação;

2.1) Bomba

Fabricante: Mark, modelo DJ 10

Massa de aço = 8×10^4 g; Dados do fabricante.

2.2) Irrigadores

Material : plástico

Quantidade = 200 peças, sendo 1 irrigador para cada moita de bambu.

Massa de cada irrigador = 200g ; [Valor médio dos irrigadores encontrados no mercado]

Massa de plástico dos irrigadores = 40×10^3 g/ha

2.3) Válvulas;

Material: plástico

Quantidade = 10 peças [Valor admitido]

Massa unitária estimada = 200g; [Valor médio das válvulas encontradas no mercado]

Massa de plástico das válvulas = 2×10^3 g/ha

2.4) Tubulação do Sistema de Irrigação

A tubulação, válvulas e irrigadores do sistema de irrigação foram dimensionados para serem utilizadas nos dois primeiros anos. Do terceiro ano em diante, o sistema é redimensionado e substituído para atender uma maior demanda de água (Anexo X).

Os cálculos da massa de plástico da tubulação foram divididos em :

A) Tubulação - ano 1 e 2;

B) Tubulação - ano 3 em diante.

A) Tubulação - ano 1 e 2

A.1) Linha Principal

Material: Plástico

Diâmetro = 25 mm

Comprimento = 100 m

Massa/m = 200 g; [Valor médio dos tubos encontrados no mercado]

Massa de plástico da linha principal = 20×10^3 g/ha

A.2) Derivações

Material: Plástico

Diâmetro = 13 mm

Comprimento das derivações = 700 m

Massa/m = 100g; [Valor médio dos tubos encontrados no mercado]

Massa de plástico das derivações = 70×10^3 g/ha**B) Tubulação - ano 3 em diante**

B.1) Linha Principal

Material: Plástico

Diâmetro = 50 mm

Comprimento = 100 m

Massa/m = 500 g; [Valor médio dos tubos encontrados no mercado]

Massa de plástico da linha principal = 50×10^3 g/ha

B.2) Derivações

Material: Plástico

Diâmetro = 25 mm

Comprimento das derivações = 700 m

Massa/m = 200g; [Valor médio dos tubos encontrados no mercado]

Massa de plástico das derivações = 140×10^3 g/ha

3) Total de Plástico no Sistema de Irrigação

Total de Plástico (ano 1 e 2) = massa dos irrigadores + massa das válvulas +
massa da linha principal + massa das derivações =

$$= 40 \times 10^3 \text{g/ha} + 2 \times 10^3 \text{g/ha} + 20 \times 10^3 \text{g/ha} + 70 \times 10^3 \text{g/ha} =$$

$$= 1,32 \times 10^5 \text{g/ha ano}$$

Total de Plástico (ano 3 em diante) = massa dos irrigadores + massa das
válvulas + massa da linha principal + massa das derivações =

$$= 40 \times 10^3 \text{g/ha} + 2 \times 10^3 \text{g/ha} + 50 \times 10^3 \text{g/ha} + 140 \times 10^3 \text{g/ha} =$$

$$= 2,32 \times 10^5 \text{g/ha}$$

Anexo C

Indicadores de custos e produtividade do cultivo de pinus no Brasil



Indicadores de custos (R\$/ha), produtividade (m³/ha), valor da produção (R\$/ha) do **pinus** em propriedades familiares *

Variáveis	Unidade	Valor unit.	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Anos 6, 12 e 20	
		(R\$)	Quantidade	Total	Qde.	Total	Qde.	Total	Qde.	Total	Qde.	Total
1. Preparo da área	Hora.trator	50,00	4	200,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Aração	Hora.trator	II	2	100,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Gradagens (2)	Hora.trator	II	1	50,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Subsolagem	Hora.trator	II	1	50,00	---	---	---	---	---	---	---	---
2. Insumos	---	---	---	394,80	---	---	---	---	---	---	---	---
. Formicidas	Kg.	14,00	2	28,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Mudas (plântio)	Ud.	0,20	1.667	333,40	---	---	---	---	---	---	---	---
. Mudas (10% replântio)	Ud.	0,20	167	33,40	---	---	---	---	---	---	---	---
3. Mão-de-obra	Homem.dia	20,00	11	220,00	8	160,00	7	140,00	5	100,00	---	---
. Combate às formigas	Homem.dia	II	1	20,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Plântio	Homem.dia	II	5	100,00	---	---	---	---	---	---	---	---
. Capina manual	Homem.dia	II	5	100,00	4	80,00	3	60,00	2	40,00	---	---
. Desrama (poda)	Homem.dia	II	---	---	4	80,00	4	80,00	3	60,00	---	---
4. Custo total (1+2+3)	---	---	---	814,80	---	160,00	---	140,00	---	100,00	---	---
5. Produção e renda	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
. Madeira para energia (1° desbaste no ano 6)	R\$ e m ³	15,00	---	---	---	---	---	---	---	---	100	1.500,00
. Madeira para serraria (2° desbaste no ano 12)	R\$ e m ³	60,00	---	---	---	---	---	---	---	---	190	11.400,00
. Madeira para serraria (Corte final no ano 20)	R\$ e m ³	80,00	---	---	---	---	---	---	---	---	310	24.800,00
6. TOTAL	R\$ e m³	---	---	---	---	---	---	---	---	---	600	37.700,00

* Esses indicadores podem servir de base para cada produtor calcular o custo de acordo com a tecnologia, operações de cultivo, uso de mão-de-obra e a receita em função da produtividade e preços praticados na região.

Preço base 04/2006. Informações fornecidas pelo Pesquisador da Embrapa Florestas – **Dr. Honorino Roque Rodigheri**

ANEXO D

**Contabilidade ambiental em energia do cultivo de pinus no norte da
Flórida/ Estados Unidos**

Table 6. Emergy evaluation of slash pine (*Pinus elliotti*) silvicultural production and timber extraction under 25 year rotation schedules in north Florida. (Doherty, 1995)

Note	Item	Resource units ha yr (J, g, S)	Solar emergy per unit ^a	Solar emery flow E12 sej/ha*yr ¹
I	Environmental sources:			
	1. Sunlight	8.09 E13 J	1	70.9
	2. Rain, transpired	5.09 E10 J	18200	926.1
	3. Soil organic matter	1.36 E8 J	74000	10.1
F ₁	Silviculture:			
	4. Phosphorus	1910 g	2.0 E10	38.2
	5. Human services	50.53 \$	1.60 E12	80.9
Y ₁	Above ground Production (9.6 tons/ha/yr)	1.81 E11 J	ST ₁	1055.3
F ₂	Harvesting:			
	6. Diesel fuel	4.45 E9 J	47900	213.0
	7. Labor	1.56 E7 J	1.09 E7	170.5
	8. Capital costs	7.90 \$	1.60 E12	12.6
Y ₂	Harvested biomass (3.6 tons/ha/yr)	6.73 10 J	ST ₂	1451.4
Summary of measurements:				
Solar transformity:				
	ST ₁ Above ground production		5829 sej/J	
	ST ₂ Harvested biomass		21.543 sej/J	
Emergy yield ratio:				
	YR ₁ Above ground production		8.86	
	YR ₂ Harvested biomass		2.82	
Emergy investment ratio:				
	IR ₁ Above ground production		0.13	
	IR ₂ Harvested biomass		0.55	

Notes.

- a. Inputs calculated as available energy are multiplied by solar transformities (sej/J) to obtain solar emery; inputs reported mass use use sej/g; monetary inputs use sej/\$ for regional economy and year of production .

I Environmental sources:

- Solar energy = 7092 MJ/m²/yr (Ewel 1991) = 7.09 E13 J/ha/yr
- Rain, chemical potential energy = 1320 mm/yr rainfall (NOAA 1982); 1030 mm/yr actual evapotranspiration (Cropper and Ewel 1983); (area) (ET) (Gibbs free

energy) = (1,000 m²/ha) (1.030 m/yr) (1000 kg/m³) (4.94E+3 J/kg) = 5.09E+10 J/ha/yr

3. Soil used: 20 g/m²/yr (Dissmeyer 1981); (20 g/m²/r) (1E+4 m²/ha) (3% OM content) (5.4 kcal/g) (4186 J/kcal) = 1.36E J/ha/yr

F Silviculture:

- ¹ 4. Phosphorus: 5.7 lbs/acre/yr absorbed - 4.0 lbs/acre/yr returned (Prichett 1981) = (1.7 lbs P/acre/yr) (acres/0.4047 ha) (454 g/lb) = 1910 g/ha/yr

5. Human services (Strata 1989):

	cost (\$/application)	no. appl. / plantation cycle	per hectare cost (\$/ha/yr)
prescribed burn:	16.10	25	16.10
tree removal (undesirables)	141.38	1	5.66
timber cruise	6.10	25	6.10
tree marking	21.19	1	0.85
site prep.	228.80	1	9.15
planting	91.11	1	3.64
thinning	137.23	1	5.49
fertilization	88.50	1	3.54
total:			50.53

- ¹ Y Above ground production = 461 g-C/m²/yr (Gholtz et al. 1991); (461 g-C/m²/yr) (1E+4 m²/ha) (1/0.48; 48% C in OM) (4.5 kcal/g) (4186 J/kcal) = 1.81 E11 J/ha/yr

F Harvesting:

- ² 6. Fuels used in harvest (Anonymous 1976): (stump to mill handling; 4 gal/ton. Oven dry wt.) + (road construction and maintenance; 0.2 gal/ton) + (supervision; 0.15 gal/ton) = 4.35 gal/ton (2.86E+8 J/gal. Heat content of fuel) (3.57 tons/ha/yr; harvest, Y₂ below) = 4.45 E9 J/ha/yr
7. Labor (Anonymous 1976): (harvest planning and layout; 0.06 labor-hrs/ton. Oven dry wt.) + (road construction and maintenance; 0.06 hrs/ton) + (stump to mill handling; 2.21 hrs/ton) (equipment maintenance; 0.55 hrs/ton) (supervision; 0.10 hrs/ton) = 2.98 labor-hrs/ton (3.57 tons/ha/yr; harvest, item Y₂) (350 kcal/labor hr energy expenditure; Sundberg and Silversides 1988) (4186 J/kcal) = 1.56 E7 J/ha/yr

Solar transformity for U.S. labor estimated as: (8.61E+24 sej/yr; emergy-use in U.S., 1990; Odum 1995) / (2.5E+8 people; U.S. population; (WRI 1994) / (64.5% population between ages 15-60) / (365 d/yr) / (3200 kcal/day, metabolism) / (4186 J/kcal) = 1.09 E7 sej/J.

8. Capital depreciation (Anonymous 1976): (2.21 \$/ton) (3.57 ton/ha/yr; Y_2 below) = 7.90 #/ha/yr
- Y_2 Harvested biomass: (73 ft³/acre/yr; Sheffield 1981) (2.47 acres/ha) (0.028 m³/ft³) (0.70 ton/m³, oven dry wt.) = 3.57 tons/ha/yr (1.88E+10 J/ton) = 6.73E+10 J/ha/yr
- Y_2 (2nd estimate): (14.983 g/m², tree wood biomass of 27 yr. Old plantation; Gholz et al. 1986) / (27 yrs) (1E+6 g/ton) (1E+4 m²/ha) = 5.55 tons/ha/yr (62% sawn timber, pulpwood, sawdust) = 3.45 tons/ha/yr, harvest (1.88E+10 J/ton) = 6.48E+10 J/ha/yr

Summary of measurements:

- I Items 2+3 = 936.2E+12 sej/ha/yr
 F Items 4+5 = 119.1E+12 sej/ha/yr
 F¹ Items 6+7+8 = 396.1E+12 sej/ha/yr
 Y² I+F = 1055.1E+12 sej/ha/yr
 Y¹₂ I+F¹₁+F₂ = 1451.2E+12 sej/ha/yr

Solar transformities = Y (sej/ha/yr) / Y (J/ha/yr):

- ST₁ Above ground production = (1.055E+15 sej/ha/yr) / (1.81E+11 J/ha/yr) = 5829 sej/J
 ST₂ Harvested biomass = (1.451E+15 sej/ha/yr) / (6.73E+10 J/ha/yr) = 21.563 sej/J

Emergy yield ratio = Y / (F + ... F):

- YR₁ Above ground production = (1055E+12 sej/ha/yr) / (119.1E+12 sej/ha/yr) = 8.86
 YR₂ Harvested biomass = (1451E+12 sej/ha/yr) / (119.1 + 396.1)E+12 sej/ha/yr = 2.82

Emergy investment ratio = (F + ... F) / I:

- IR₁ Above ground production = (119.1E+12 sej/ha/yr) / (936.2E+12 sej/ha/yr) = 0.13
 IR₂ Harvested biomass = (119.1 + 396.1)E+12 sej/ha/yr / (936.2E+12 sej/ha/yr) = 0.55

ANEXO E

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de colmos sem irrigação (Esp. 7x8m)

Tabela 18 - Primeiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	4,04E+13	1,00E+00	4,04	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	34%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	10%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	44%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	1,20E+04	4,21E+09	5,05	1%
	Fosfato	g	3,00E+03	6,88E+09	2,06	1%
	Potássio	g	1,20E+04	2,96E+09	3,55	1%
8	Calcário	g	8,00E+04	1,00E+09	8,00	2%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	7,50E+03	3,00E+09	2,25	1%
	Plástico	g	1,20E+03	5,85E+09	0,70	>1%
10	Diesel	J	5,56E+09	6,60E+04	36,70	11%
11	Mão de obra	J	1,76E+08	4,18E+06	73,57	21%
12	Mudas	muda	1,80E+02	3,37E+12	60,71	18%
Sub-total (soma de 7 a 12)					192,59	56%
Energia empregada no cultivo					343,84	100%
13	Biomassa produzida	g	2,18E+07	1,58E+08	343,84	

Tabela 19 - Segundo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,28E+13	1,00E+00	5,28	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	41%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	12%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	53%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	2,40E+04	4,21E+09	10,10	4%
	Fosfato	g	6,00E+03	6,88E+09	4,13	1%
	Potássio	g	2,40E+04	2,96E+09	7,10	2%
8	Calcário	g	1,60E+05	1,00E+09	16,00	6%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	9%
11	Mão de obra	J	1,63E+08	4,18E+06	68,13	24%
Sub-total (soma de 7 a 11)					134,26	47%
Energia empregada no cultivo					285,52	100%
12	Biomassa produzida	g	5,80E+07	4,92E+07	285,52	

Tabela 20 – Terceiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	39%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	11%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	51%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	3,60E+04	4,21E+09	15,16	5%
	Fosfato	g	9,00E+03	6,88E+09	6,19	2%
	Potássio	g	3,60E+04	2,96E+09	10,66	4%
8	Calcário	g	2,40E+05	1,00E+09	24,00	8%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	9%
11	Mão de obra	J	1,51E+08	4,18E+06	63,12	21%
Sub-total (soma de 7 a 11)					147,91	49%
Energia empregada no cultivo					299,17	100%
12	Biomassa produzida	g	1,02E+08	2,93E+07	299,17	

Tabela 21 – Quarto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	31%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	9%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	40%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	4,80E+04	4,21E+09	20,21	5%
	Fosfato	g	1,20E+04	6,88E+09	8,26	2%
	Potássio	g	4,80E+04	2,96E+09	14,21	4%
8	Calcário	g	3,20E+05	1,00E+09	32,00	9%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	32%
Sub-total (soma de 7 a 11)					224,68	60%
Energia empregada no cultivo					375,94	100%
12	Biomassa produzida	g	1,31E+08	2,87E+07	375,94	

Tabela 22 – Quinto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	30%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	9%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	38%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,00E+04	4,21E+09	25,26	6%
	Fosfato	g	1,50E+04	6,88E+09	10,32	3%
	Potássio	g	6,00E+04	2,96E+09	17,76	5%
8	Calcário	g	4,00E+05	1,00E+09	40,00	10%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	31%
Sub-total (soma de 7 a 11)					243,35	62%
Energia empregada no cultivo					394,61	100%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,72E+07	394,61	

Tabela 23 – Sexto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	30%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	9%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	38%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,00E+04	4,21E+09	25,26	6%
	Fosfato	g	1,50E+04	6,88E+09	10,32	3%
	Potássio	g	6,00E+04	2,96E+09	17,76	5%
8	Calcário	g	4,00E+05	1,00E+09	40,00	10%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	31%
Sub-total (soma de 7 a 11)					243,35	62%
Energia empregada no cultivo					394,61	100%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,72E+07	394,61	

Tabela 24 – Sétimo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	24%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	31%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,00E+04	4,21E+09	25,26	5%
	Fosfato	g	1,50E+04	6,88E+09	10,32	2%
	Potássio	g	6,00E+04	2,96E+09	17,76	4%
8	Calcário	g	4,00E+05	1,00E+09	40,00	8%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	25%
Sub-total (soma de 7 a 11)					243,35	50%
Energia empregada no cultivo					394,61	
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,72E-06	394,61	
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
15	Mão de obra	J	1,40E+08	4,18E+06	58,52	12%
Sub-total (soma de 13, 14 e 15)					87,31	18%
Energia empregada no cultivo + colheita					481,92	100%
Saída (Y₁)						
16	Colmos	colmo	1,60E+03	3,01E+12	481,92	

ANEXO F

Memorial de cálculo referente às tabelas (Anexo E) da contabilidade ambiental
da implantação do cultivo do bambu voltado para produção de colmos

Primeiro ano

Nota 1: Energia Solar

Energia solar = (insolação média)x(1-reflexão) (Odum, 1996)

Insolação média = $6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano; Local de referência: Estado de São Paulo – Brasil (CRESESB - Atlas Solarimétrico do Brasil).

Reflexão = 0,35. Admite –se a reflexão da areia, pois a maior parte da área ainda não está coberta pela vegetação (Bice, 2001).

Energia solar = $(6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano) x (1- 0,35)

= $4,04 \times 10^{13}$ J/ha ano

Nota 2: Energia Cinética do Vento

Energia cinética do vento/ha = (área)x(densidade do ar)x(coeficiente de arrasto)x
x (velocidade média)³]/ha (Brown, 2001)

Área = 1×10^4 m²

Densidade do ar = 1,30 kg/m³

Coeficiente de arrasto = 1×10^{-3} (Brown, 2001)

Velocidade média = 6,0 m/s (ANEEL - Energia eólica)

Energia cinética do vento = $[(1 \times 10^4 \text{m}^2) \times (1,30 \text{ kg/m}^3) \times (1 \times 10^{-3}) \times (6,0 \text{m/s})^3 \times$

$\times (3,14 \times 10^7 \text{ s/ano})] / 1 \text{ha} =$

= $2,45 \times 10^9$ J/ha ano

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva

Energia geopotencial da chuva = (elevação média)x(coeficiente de escoamento superficial)x(aceleração da gravidade) (Odum, 1996)

Elevação média = 600 m (Prefeitura Municipal de Bauru)

Coeficiente de escoamento superficial = 130 m³/ha ano; Adotou-se 1% da precipitação.

Energia geopotencial da chuva = (600 m)x(130 m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(9,8 m/s²) =

= 7,64x10⁸ J/ha ano

Nota 4: Energia Química da Chuva

Energia química da chuva = (precipitação)x(energia livre de Gibbs da água da chuva) (Odum, 1996)

Precipitação = 13x10³ m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Energia livre de Gibbs da água da chuva = 4940 J/kg (Odum, 1996)

Energia química da chuva = (13x10³ m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(4940 J/kg) =

= 6,42x10¹⁰ J/ha ano

Nota 5 : Calor Geotérmico

Adotou –se o calor geotérmico típico de áreas estáveis =

=1x10¹⁰ J/ha ano (Odum, 1996)

Nota 6: Uso do Solo

Uso do solo = (taxa de erosão)x(matéria orgânica no solo)

Taxa de erosão considerada para mata = 4,0x10³ g/ha/ano (Bertoni e Lombardi, 1999)

Matéria orgânica no solo = 0,05; Admite-se o solo fértil.

$$\begin{aligned} \text{Uso do solo} &= (4,0 \times 10^3 \text{ g/ha/ano}) \times (0,05) \times (5,4 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) = \\ &= \mathbf{4,52 \times 10^6 \text{ J/ha ano}} \end{aligned}$$

Nota 7: Fertilizante -NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante = $6,0 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $1,2 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $3,0 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $1,2 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário = $8,0 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante)

Nota 9 : Maquinário Agrícola (preparação do solo e cultivo)

Arado:

Foi adotado o arado do fabricante Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas S/A, modelo AAH.

Massa do arado = 290×10^3 g ; Dados do fabricante.

Horas trabalhadas na preparação do solo = 4 h/ha ano (Cusak, 1998)

Vida útil = $2,5 \times 10^3$ h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do arado = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (290 \times 10^3 \text{ g}) \times (4 \text{ h/ha ano} / 2,5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= 464 \text{ g /ha ano}$$

Grade:

Admitiu-se a grade do fabricante Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas S/A, modelo GN de 36 discos.

Massa da grade = 750×10^3 g; Dados do fabricante.

Horas trabalhadas na preparação do solo = 4 h/ha ano (Cusak, 1998)

Vida útil = $2,5 \times 10^3$ h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da grade:

Massa de aço depreciada da grade = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (750 \times 10^3 \text{ g}) \times (4 \text{ h/ha ano} / 2,5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= 1,2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Trator:

Adotou – se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico. (Ulgiati, 2003)

$$\text{Massa de aço} = (0,80 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 3,2 \times 10^6 \text{ g}$$

$$\text{Massa de plástico} = (0,20 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 8 \times 10^5 \text{ g}$$

Horas trabalhadas:

Preparação do solo = 4 h/ha ano (Cusak, 1998)

Uso nas atividades do cultivo = 11 h/ha ano (Anexo A1)

Horas trabalhadas = (preparação do solo)+(uso nas atividades do cultivo gerais)

=

= (4 h/ha ano) + (11h/ha ano) =

=15 h/ha ano

Vida útil do trator = 1×10^4 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator:

Massa de aço depreciada do trator = (massa de aço) x (horas trabalhadas/ vida útil) =

= $(3,2 \times 10^6 \text{ g}) \times (15 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$

= $4,8 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = massa de plástico x (horas trabalhadas/ vida útil) =

= $(8 \times 10^5 \text{ g}) \times (15 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$

= $1,2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$

Carreta:

Admitiu-se o fabricante Maqtron. Ltda

Massa = $4,5 \times 10^5 \text{ g}$; [dados do fabricante].

Admite – se a carreta 100% aço.

Massa de aço = $4,5 \times 10^5 \text{ g}$

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano; Admite –se o mesmo número de horas trabalhadas do trator nas atividades de cultivo. [Anexo A1]

Vida útil da carreta = 5×10^3 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da carreta:

Massa de aço depreciada da carreta = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (4,5 \times 10^5 \text{ g}) \times (11 \text{ h/ha ano} / 5 \times 10^3 \text{ h}) = 990 \text{ g/ha ano}$$

Massa de aço total depreciada:

Massa de aço total depreciada = (massa de aço depreciada do arado) + (massa de aço depreciada da grade) + (massa de aço depreciada do trator) + (massa de aço depreciada da carreta)

$$= (464 \text{ g/ha ano} + 1,2 \times 10^3 \text{ g/ha ano} + 4,8 \times 10^3 \text{ g/ha ano} + 990 \text{ g/ha ano}) =$$

$$= 7,5 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 10: Diesel

Energia do diesel = (massa de diesel) x (poder calorífero do diesel)

Volume de diesel = (consumo na preparação do solo) + (consumo nas atividades de cultivo)

Consumo na preparação do solo = 40 L/ha ano [Anexo A1]

Consumo nas atividades de cultivo = 110 L/ha ano [Anexo A1]

Volume de diesel = (40 L/ha ano) + (110 L/ha ano) = 150 L/ha ano ou

0,150 m³/ha ano

Massa de diesel = (volume de diesel) x (densidade do diesel) =

Densidade do óleo diesel = 0,852 ton/m³

Massa de diesel = [(0,150 m³/ha ano) x (0,852 ton/m³)] x 1000 kg/ton =

=128 kg /ha ano

Poder calorífico do diesel = $10,4 \times 10^3$ kcal/kg

Energia do diesel = $(10,4 \times 10^3 \text{ kcal/kg}) \times (128 \text{ kg/ha ano}) \times (4186 \text{ J/kcal}) =$
= $5,56 \times 10^9$ J/ ha ano

Nota 11: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Mão de obra =115 h/ha ano; Mão de obra referente às atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998)

Admitido 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = $(115 \text{ h/ha ano}) / 8 \text{ (h/dia)} = 14 \text{ dias/ha ano}$

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = $(14 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) =$
= $1,76 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 12 : Mudanças

Número de mudas = 180/ha ano (Projeto Bambu).

Nota 13: Biomassa na plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa, primeiro ano = 15% (Kleinhenz, 2001)

$$\begin{aligned} \text{Biomassa produzida} &= (1,45 \times 10^8 \text{ g/ha ano}) \times (0,15) = \\ &= \mathbf{2,18 \times 10^7 \text{ g/ha ano}} \end{aligned}$$

Segundo ano

Nota 1: Energia Solar

Energia solar = (insolação média) × (1 - reflexão) (Odum, 1996)

Insolação média = $6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano; Local de referência: Estado de São Paulo – Brasil (CRESESB - Atlas Solarimétrico do Brasil).

Reflexão de florestas tropicais = 0,07 a 0,15 (Bice, 2001)

Reflexão = 0,15; Admite –se o maior valor, pois a área não está totalmente coberta pela plantação.

$$\begin{aligned} \text{Energia solar} &= (6,21 \times 10^{13} \text{ J/ha ano}) \times (1 - 0,15) \\ &= \mathbf{5,28 \times 10^{13} \text{ J/ha ano}} \end{aligned}$$

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante = $1,2 \times 10^5$ g/ha ano; Adotado 40% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $2,4 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $6,0 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $2,4 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário = $1,6 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 40% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru.

Nota 9: Maquinário Agrícola

Trator:

Adotou – se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico (Ulgiati, 2003)

Massa de aço = $(0,80) \times (4 \times 10^6 \text{g}) = 3,2 \times 10^6$ g

Massa de plástico = $(0,20) \times (4 \times 10^6 \text{g}) = 8 \times 10^5$ g

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano; Valor médio de trabalho na implantação do sistema (Anexo A1)

Vida útil do trator = 1×10^4 horas (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator:

Massa de aço depreciada do trator = (massa de aço) x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$=(3,2 \times 10^6 \text{ g}) \times (11 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$$

$$= 3,5 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = (massa de plástico) x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$=(8 \times 10^5 \text{ g}) \times (11 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$$

$$= 880 \text{ g/ha ano}$$

Carreta:

Admitiu-se o fabricante Maqtron. Ltda

Massa = $4,5 \times 10^5$ g; [dados do fabricante].

Admite – se a carreta 100% aço.

Massa de aço = $4,5 \times 10^5$ g

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano; Admite –se o mesmo número de horas trabalhadas do trator [Anexo A1].

Vida útil da carreta = 5×10^3 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da carreta:

$$\text{Massa de aço depreciada da carreta} = (4,5 \times 10^5 \text{ g}) \times (11 \text{ h/ha ano} / 5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= 990 \text{ g/ha ano}$$

Massa de aço total depreciada:

Massa de aço total depreciada = (massa de aço depreciada do trator) +

=(massa de aço depreciada da carreta) =

$$= (3520 \text{ g/ha ano} + 990 \text{ g/ha ano}) =$$

$$=4,5 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 10: Diesel

Energia do diesel = (massa de diesel)x(poder calorífico do diesel)

Volume de diesel = 110 L/ha ano ou 0,110 m³/ha ano; Valor médio consumido na implantação do sistema (Anexo A1)

Massa de diesel = (volume de diesel)x(densidade do diesel) =

Densidade do óleo diesel = 0,852 ton/m³

Massa de diesel = [(0,110 m³/ha ano)x(0,852 ton/m³)] x 1000 = 94 kg /ha ano

Poder calorífico do diesel = 10,4x10³ kcal/kg

Energia do diesel = (10,4x10³ kcal/kg)x(94 kg/ha ano)x(4186 J/kcal) =

$$= 4,08 \times 10^9 \text{ J/ ha ano}$$

Nota 11: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Mão de obra = 98 h/ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998).

Admite-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (98 h/ha ano) / (8 h/dia) = 13 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = 1,26x10⁷ J/dia

Energia = (13 dias/ha ano)x(1,26x10⁷ J/dia) =

$$= 1,63 \times 10^8 \text{ J/ha ano}$$

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa, primeiro ano = 40% (Kleinhenz, 2001)

Biomassa produzida = $(1,45 \times 10^8$ g/ha ano)x (0,40) =
= $5,80 \times 10^7$ g/ha ano

Terceiro ano

Nota 1: Energia Solar

Energia solar = (insolação média)x(1-reflexão) (Odum, 1996)

Insolação média = $6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano; Local de referência: Estado de São Paulo – Brasil (CRESESB - Atlas Solarimétrico do Brasil).

Reflexão de florestas tropicais = 0,07 a 0,15. (Bice, 2001)

Reflexão = 0,11; Admite –se valor médio.

Energia solar = $(6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano) x (1- 0,11) =
= $5,53 \times 10^{13}$ J/ha ano

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.**Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)**

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante = $1,8 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 60% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $3,6 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $9,0 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $3,6 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário = $2,4 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 60% empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 9: Maquinário Agrícola ;Idêntico ao segundo ano.**Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.****Nota 11: Mão de Obra**

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 98 h /ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (98 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 12 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

$$\begin{aligned} \text{Energia} &= (12 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) = \\ &= \mathbf{1,51 \times 10^8 \text{ J/ha ano}} \end{aligned}$$

Nota 12: Biomassa na Plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário) x (taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (incluindo, folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa, primeiro ano = 70% (Kleinhenz, 2001)

$$\begin{aligned} \text{Biomassa produzida} &= (1,45 \times 10^8 \text{ g/ha ano}) \times (0,70) = \\ &= \mathbf{1,02 \times 10^8 \text{ g/ha ano}} \end{aligned}$$

Quarto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante = $2,4 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

15% (g/g) de N = $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

15% (g/g) de Fosfato (P₂O₅) = $1,2 \times 10^4$ g/ha ano

15% (g/g) de Potássio (K₂O) = $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário = $3,2 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 9: Maquinário Agrícola ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 182 h /ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (182 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 23 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (23 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $2,90 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) =
= $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa, primeiro ano = 90% (Kleinhenz, 2001)

Biomassa produzida = $(1,45 \times 10^8$ g/ha ano)x (0,90) =
= $1,31 \times 10^8$ g/ha ano

Quinto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

20% (g/g) de N = $6,0 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $1,5 \times 10^4$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= $6,0 \times 10^5$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário = $4,0 \times 10^5$ g/ha ano

Nota 9: Máquinas Agrícolas; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sexto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 8: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 9: Maquinário Agrícola; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sétimo ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 8: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 9: Maquinário Agrícola (cultivo); Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel (cultivo); Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra (cultivo); Idêntico ao sexto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 13: Maquinário Agrícola

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Cálculo idêntico nota 8, segundo ano.

Nota 14: Diesel (colheita)

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Cálculo idêntico nota 9, segundo ano.

Nota 15: Mão de Obra (colheita);

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos: 1,5 colmos/moita gasta 5 minutos
(Cusak, 1998)

Colmos/ha: 1600

Tempo gasto na colheita de 1600 colmos: 90 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita de colmos)/horas de trabalho por dia =

= (90 horas/ha ano)/(8 horas/dia) = 11 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (11 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,40 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 16: Colmos

1600 colmos/ha ano; (Projeto Bambu)

ANEXO G

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de colmos sem irrigação.

Tabela 25 – Primeiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	4,04E+13	1,00E+00	4,04	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	33%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	10%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	43%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	1,40E+04	4,21E+09	5,89	2%
	Fosfato	g	3,40E+03	6,88E+09	2,34	1%
	Potássio	g	1,40E+04	2,96E+09	4,14	1%
8	Calcário	g	9,00E+04	1,00E+09	9,00	3%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	7,50E+03	3,00E+09	2,25	1%
	Plástico	g	1,20E+03	5,85E+09	0,70	>1%
10	Diesel	J	5,56E+09	6,60E+04	36,70	10%
11	Mão de obra	J	1,76E+08	4,18E+06	73,57	21%
12	Mudas	muda	2,00E+02	3,37E+12	67,45	19%
Sub-total (soma de 7 a 12)					202,04	57%
Energia empregada no cultivo					353,30	100%
13	Biomassa produzida	g	2,18E+07	1,62E+08	353,30	

Tabela 26 – Segundo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,28E+13	1,00E+00	5,28	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	40%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	12%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	52%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	2,70E+04	4,21E+09	11,37	4%
	Fosfato	g	6,80E+03	6,88E+09	4,68	2%
	Potássio	g	2,70E+04	2,96E+09	7,99	3%
8	Calcário	g	1,80E+05	1,00E+09	18,00	6%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	9%
11	Mão de obra	J	1,63E+08	4,18E+06	68,13	23%
Sub-total (soma de 7 a 11)					138,96	48%
Energia empregada no cultivo					290,22	100%
12	Biomassa produzida	g	5,80E+07	5,00E+07	290,22	

Tabela 27 – Terceiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	37%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	11%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	48%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	4,80E+04	4,21E+09	20,21	6%
	Fosfato	g	1,10E+04	6,88E+09	7,57	2%
	Potássio	g	4,80E+04	2,96E+09	14,21	5%
8	Calcário	g	2,70E+05	1,00E+09	27,00	9%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	9%
11	Mão de obra	J	1,51E+08	4,18E+06	63,12	20%
Sub-total (soma de 7 a 11)					160,89	52%
Energia empregada no cultivo					312,15	100%
12	Biomassa produzida	g	1,02E+08	3,06E+07	312,15	

Tabela 28 – Quarto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	30%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	9%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	39%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	5,50E+04	4,21E+09	23,16	6%
	Fosfato	g	1,40E+04	6,88E+09	9,63	2%
	Potássio	g	5,50E+04	2,96E+09	16,28	4%
8	Calcário	g	3,60E+05	1,00E+09	36,00	9%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	31%
Sub-total (soma de 7 a 11)					235,08	61%
Energia empregada no cultivo					386,33	100%
12	Biomassa produzida	g	1,31E+08	2,95E+07	386,33	

Tabela 29 – Quinto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	29%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	8%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	37%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	7%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	3%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	5%
8	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	11%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	30%
Sub-total (soma de 7 a 11)					255,46	63%
Energia empregada no cultivo					406,72	100%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	

Tabela 30 – Sexto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	29%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	8%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	37%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	7%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	3%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	5%
8	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	11%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	7%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	30%
Sub-total (soma de 7 a 11)					255,46	63%
Energia empregada no cultivo					406,72	100%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	

Tabela 31 – Sétimo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	24%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	32%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	6%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	2%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	4%
8	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	9%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	25%
Sub-total (soma de 7 a 11)					255,46	53%
Energia empregada no cultivo					406,72	
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
13	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
15	Mão de obra	J	1,05E+08	4,18E+06	43,89	9%
Sub-total (soma de 13, 14 e 15)					72,68	15%
Energia empregada no cultivo + colheita					479,40	100%
Saída (Y₁)						
16	Colmos	colmo	1,20E+03	4,00E+12	479,40	

ANEXO H

Memorial de cálculo referente às tabelas (anexo G) de contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu com manejo voltado para produção de colmos sem irrigação

Primeiro ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico anexo F.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico anexo F.

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico anexo F.

Nota 4: Energia Química da Chuva; Idêntico anexo F.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico anexo F.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico anexo F.

Nota 7: Fertilizante -NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $6,8 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $1,4 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $3,4 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= $1,4 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $9,0 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante)

Nota 9 : Maquinário Agrícola (preparação do solo e cultivo); Idêntico anexo F.

Nota 10: Diesel; Idêntico anexo F.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico anexo F.

Nota 12 : Mudanças

Número de mudas = 200/ha ano (Cusak. 1998)

Nota 13: Biomassa na plantação; Idêntico anexo F.

Segundo ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico anexo F.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $1,4 \times 10^5$ g/ha ano; Adotado 40% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $2,7 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $6,8 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $2,7 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $1,8 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 40% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru.

Nota 9: Maquinário Agrícola; Idêntico anexo F.

Nota 10: Diesel; Idêntico anexo F.

Nota 11: Mão de Obra; ; Idêntico anexo F.

Nota 12: Biomassa na plantação; Idêntico anexo F.

Terceiro ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico anexo F.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $2,1 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 60% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $1,1 \times 10^4$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $2,7 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 60% empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 9: Maquinário Agrícola ;Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico anexo F.

Nota 12: Biomassa na Plantação; Idêntico anexo F.

Quarto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $2,7 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

15% (g/g) de N = $5,5 \times 10^4$ g/ha ano

15% (g/g) de Fosfato (P₂O₅) = $1,4 \times 10^4$ g/ha ano

15% (g/g) de Potássio (K₂O) = $5,5 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $3,6 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 9: Maquinário Agrícola ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico anexo F.

Nota 12: Biomassa na plantação; Idêntico anexo F.

Quinto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha ano = 340 kg/ha ano

20% (g/g) de N = $6,8 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $1,7 \times 10^4$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= $6,8 \times 10^5$ g/ha ano

Nota 8: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $4,5 \times 10^5$ g/ha ano

Nota 9: Máquinas Agrícolas; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sexto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 8: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 9: Maquinário Agrícola; Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sétimo ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 8: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 9: Maquinário Agrícola (cultivo); Idêntico ao segundo ano.

Nota 10: Diesel (cultivo); Idêntico ao segundo ano.

Nota 11: Mão de Obra (cultivo); Idêntico ao sexto ano.

Nota 12: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 13: Maquinário Agrícola

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Cálculo idêntico nota 8, segundo ano.

Nota 14: Diesel (colheita)

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Cálculo idêntico nota 9, segundo ano.

Nota 15: Mão de Obra (colheita);

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos: 1,5 colmos/moita gasta 5 minutos (Cusak, 1998)

Colmos/ha: 1200

Tempo gasto na colheita de 1200 colmos: 67 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita de colmos)/horas de trabalho por dia =

= (67 horas/ha ano)/(8 horas/dia) = 9 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (9 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,05 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 16: Colmos

1200 colmos/ha ano; (Cusak 1998)

ANEXO I

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de colmos irrigado.

Tabela 32 – Primeiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	4,04E+13	1,00E+00	4,04	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	13%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	4%
6	Água de irrigação	g	7,00E+09	3,23E+05	226,10	25%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					377,32	42%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
8	Mão de obra	J	6,28E+07	4,18E+06	26,25	3%
9	Energia elétrica (bomba)	J	1,00E+10	1,74E+05	173,68	20%
10	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	1,32E+05	5,85E+09	77,22	9%
11	Bomba	g	8,00E+04	4,10E+09	32,80	4%
12	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	1,40E+04	4,21E+09	5,89	1%
	Fosfato	g	3,30E+03	6,88E+09	2,27	>1%
	Potássio	g	1,40E+04	2,96E+09	4,14	>1%
13	Cálcario	g	9,00E+04	1,00E+09	9,00	1%
14	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	7,50E+03	3,00E+09	2,25	>1%
	Plástico	g	1,20E+03	5,85E+09	0,70	>1%
15	Diesel	J	5,56E+09	6,60E+04	36,70	4%
16	Mão de obra	J	1,76E+08	4,18E+06	73,57	8%
17	Mudas	muda	2,00E+02	3,37E+12	67,45	8%
Sub-total (soma de 8 a 17)					511,93	58%
Energia empregada no cultivo					889,28	100%
18	Biomassa produzida	g	2,18E+07	4,08E+08	889,28	

Tabela 33 – Segundo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,28E+13	1,00E+00	5,28	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	17%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	5%
6	Água de irrigação	g	7,00E+09	3,23E+05	226,10	33%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					377,32	55%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,00E+10	1,74E+05	173,68	25%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	2,70E+04	4,21E+09	11,37	2%
	Fosfato	g	6,80E+03	6,88E+09	4,68	1%
	Potássio	g	2,70E+04	2,96E+09	7,99	1%
10	Cálcario	g	1,80E+05	1,00E+09	18,00	3%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	4%
13	Mão de obra	J	1,63E+08	4,18E+06	68,13	10%
Sub-total (soma de 8 a 12)					312,65	45%
Energia empregada no cultivo					690,00	100%
14	Biomassa produzida	g	5,80E+07	1,19E+08	690,00	

Tabela 34 – Terceiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	35%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	47%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
8	Mão de obra	J	6,28E+07	4,18E+06	26,25	2%
9	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	27%
10	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	2,32E+05	5,85E+09	135,72	11%
11	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	4,80E+04	4,21E+09	20,21	2%
	Fosfato	g	1,10E+04	6,88E+09	7,57	1%
	Potássio	g	4,80E+04	2,96E+09	14,21	1%
12	Cálcario	g	2,70E+05	1,00E+09	27,00	2%
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
15	Mão de obra	J	1,51E+08	4,18E+06	63,12	5%
Sub-total (soma de 8 a 15)					659,81	53%
Energia empregada no cultivo					1.247,11	100%
16	Biomassa produzida	g	1,02E+08	1,22E+08	1.247,11	

Tabela 35 – Quarto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	10%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	38%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	51%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	29%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	5,50E+04	4,21E+09	23,16	2%
	Fosfato	g	1,40E+04	6,88E+09	9,63	1%
	Potássio	g	5,50E+04	2,96E+09	16,28	1%
10	Cálcario	g	3,60E+05	1,00E+09	36,00	3%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	10%
Sub-total (soma de 8 a 12)					572,02	49%
Energia empregada no cultivo					1159,33	100%
14	Biomassa produzida	g	1,31E+08	8,85E+07	1159,33	

Tabela 36 – Quinto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	10%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	37%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	50%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	29%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
10	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	4%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	10%
Sub-total (soma de 8 a 12)					592,41	50%
Energia empregada no cultivo					1179,71	100%
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,14E+07	1179,71	

Tabela 37 – Sexto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	10%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	37%
	<i>Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem</i>				587,27	50%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
	Sub-total				0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	29%
9	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	4%
10	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
11	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
12	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	10%
	Sub-total (soma de 8 a 12)				592,41	50%
13	Energia empregada no cultivo				1179,71	100%
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,14E+07	1179,71	

Tabela 38 – Sétimo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	34%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	46%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	26%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
10	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	4%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	9%
Sub-total (soma de 8 a 12)					592,41	46%
Energia empregada no cultivo					1179,71	
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,14E-06	1179,71	
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
16	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
17	Mão de obra	J	1,84E+08	4,18E+06	76,91	6%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					105,70	8%
Energia empregada no cultivo + colheitas					1285,42	100%
Saida (Y₁)						
	Colmos	colmos	2,40E+03	5,36E+12	1285,42	

ANEXO J

Memorial de cálculo referente às tabelas (anexo I) da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de colmos Irrigado.

Primeiro ano

Nota 1: Energia Solar ; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 4,04 \times 10^{13} \text{ J/ha ano}$$

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 2,45 \times 10^9 \text{ J/ha ano}$$

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 7,64 \times 10^8 \text{ J/ha ano}$$

Nota 4: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 6,42 \times 10^{10} \text{ J/ha ano}$$

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 1 \times 10^{10} \text{ J/ha ano (Odum, 1996)}$$

Nota 6: Água de Irrigação

Água de irrigação utilizada = (água necessária para o cultivo) - (precipitação)

Água necessária para o cultivo (planta jovem) = 2×10^4 m³/ha ano (Kleinhenz, 2000)

Precipitação = 13×10^3 m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

$$\begin{aligned} \text{Água de irrigação} &= (2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ha ano} - 13 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times (1 \times 10^6 \text{ g/m}^3) = \\ &= 7 \times 10^9 \text{ g/ha ano} \end{aligned}$$

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

$$= 4,52 \times 10^6 \text{ J/ha ano}$$

Nota 8: Mão de obra – Instalação do sistema de irrigação

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo diário humano)

Mão de obra = 40 h/ha ano; Mão de obra referente à instalação do sistema de irrigação (Cusak, 1998).

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

$$\text{Dias de trabalho} = (40 \text{ h/ha ano}) / 8 \text{ (h/dia)} = 5 \text{ dias/ha ano}$$

$$\text{Energia do metabolismo diário humano} = 1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}$$

$$\text{Energia} = (5 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) =$$

$$= 6,28 \times 10^7 \text{ J/ha ano}$$

Nota 9: Energia Elétrica

Energia elétrica referente à utilização da bomba no sistema de irrigação;

$$\text{Energia elétrica consumida} = (0,4 \text{ kWh/m}^3) \times (\text{Volume de água}) \text{ (Lima, 1999)}$$

$$\text{Volume de água utilizado} = 7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano} \text{ [Anexo X]}$$

$$\text{Energia elétrica consumida} = (0,4 \text{ kWh/m}^3) \times (7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times$$

$$\times (3,6 \times 10^6 \text{ J/kWh}) =$$

$$= 1 \times 10^{10} \text{ J/ha ano}$$

Nota 10: Plástico Utilizado no Sistema de Irrigação

Total de Plástico = massa dos irrigadores + massa das válvulas + massa da linha principal + massa das derivações

Massa dos irrigadores = 40×10^3 g/ha ano [Anexo B]

Massa das válvulas = 2×10^3 g/ha ano [Anexo B]

Massa da linha principal = 20×10^3 g/ha ano [Anexo B]

Massa das derivações = 70×10^3 g/ha ano [Anexo B]

Total de Plástico = $(40 \times 10^3 \text{ g/ha}) + (2 \times 10^3 \text{ g/ha}) + (20 \times 10^3 \text{ g/ha}) +$
 $+(70 \times 10^3 \text{ g/ha}) =$

= $1,32 \times 10^5$ g/ha ano

Nota 11: Bomba

Fabricante: Mark; Modelo DJ 10. [dados do fabricante].

Massa de aço = 8×10^4 g/ha ano

Nota 12 : Fertilizante -NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $6,8 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = **$1,4 \times 10^4$ g/ha ano**

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = **$3,4 \times 10^3$ g/ha ano**

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= **$1,4 \times 10^4$ g/ha ano**

Nota 13: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $9,0 \times 10^4$ g/ha ano; Considerado 20% do valor empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante)

Nota 14 : Maquinário Agrícola (preparação do solo e cultivo): Idêntico ao primeiro ano do anexo F.

Massa de aço total depreciada = $7,5 \times 10^3$ g/ha ano

Massa de plástico depreciada do trator = $1,2 \times 10^3$ g/ha ano

Nota 15: Diesel; Idêntico ao primeiro ano da anexo F.

= $5,56 \times 10^9$ J/ ha ano

Nota 16: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Mão de obra = 115 h/ha ano; Mão de obra referente as atividades do cultivo (plantio, capinagem e fertilização) (Cusak, 1998)

Admitido 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (115 h/ha ano) / 8 (h/dia) = 14 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (14 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,76 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 17 : Mudás

Número de mudas = 200/ha ano (Cusak, 1998).

Nota 18: Biomassa produzida

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa no primeiro ano = 15% (Kleinhenz, 2001)

Biomassa produzida = $(1,45 \times 10^8 \text{ g/ha ano}) \times (0,15) =$
= $2,18 \times 10^7$ g/ha ano

Segundo ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao segundo ano do anexo F.

= $5,28 \times 10^{13}$ J/ha ano

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Energia Elétrica; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 9: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $1,4 \times 10^5$ g/ha ano; Adotado 40% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $2,7 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $6,8 \times 10^3$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $2,7 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 10: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $1,8 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 40% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru.

Nota 11: Maquinário Agrícola ; Idêntico ao segundo ano anexo F

Massa de plástico depreciada do trator = 880 g/ha ano

Massa de aço total depreciada = $4,5 \times 10^3$ g/ha ano

Nota 12: Diesel; Idêntico ao segundo ano anexo F

= $4,08 \times 10^9$ J/ ha ano

Nota 13: Mão de Obra; Idêntico ao segundo ano anexo F

= $1,63 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 14: Biomassa na plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa no segundo ano = 40% (Kleinhenz, 2001)

$$\begin{aligned} \text{Biomassa produzida} &= (1,45 \times 10^8 \text{ g/ha ano}) \times (0,40) = \\ &= \mathbf{5,80 \times 10^7 \text{ g/ha ano}} \end{aligned}$$

Terceiro ano

Nota 1: Energia Solar ; Idêntico ao terceiro ano do anexo F.

$$= 5,53 \times 10^{13} \text{ J/ha ano}$$

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada

Água de irrigação utilizada = (água necessária para o cultivo) – (precipitação)

Água necessária (média) para o cultivo (planta adulta) = $26,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}$;
[Anexo X]

Precipitação = $13 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}$ (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Água de irrigação utilizada = $(26,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano} - 13 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times (1 \times 10^6 \text{ g/m}^3) =$

$$= \mathbf{1,35 \times 10^{10} \text{ g/ha ano}}$$

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Mão de obra - instalação do sistema de irrigação; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 9: Energia Elétrica

Energia elétrica referente à utilização da bomba no sistema de irrigação:

Energia elétrica consumida = $(0,4 \text{ kWh/m}^3) \times (\text{Volume de água})$ (Lima, 1999)

Volume de água utilizado = $13,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}$ [Anexo X]

Energia elétrica consumida = $(0,4 \text{ kWh/m}^3) \times (13,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times (3,6 \times 10^6 \text{ J/kWh}) =$

= $1,94 \times 10^{10} \text{ J/ha ano}$

Nota 10: Plástico Utilizado no Sistema de Irrigação

Total de Plástico = (massa dos irrigadores) + (massa das válvulas) + (massa da linha principal) + (massa das derivações)

Massa dos irrigadores = $40 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo B]

Massa das válvulas = $2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo B]

Massa da linha principal = $50 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo B]

Massa das derivações = $140 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo B]

Total de Plástico = $(40 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) + (2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) + (50 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) + (140 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) =$

= $232 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$

Nota 11: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $2,1 \times 10^5 \text{ g/ha ano}$; Considerado 60% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

20% (g/g) de N = $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $1,1 \times 10^4$ g/ha ano

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $4,8 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 12: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $2,7 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 60% empregado no estado estacionário. (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 13: Maquinário Agrícola ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 14: Diesel ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 15: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 98 h /ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (98 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 12 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (12 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,51 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 16: Biomassa na Plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário) x (taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (incluindo, folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa no terceiro ano = 70% (Kleinhenz, 2001)

Biomassa produzida = $(1,45 \times 10^8$ g/ha ano) x (0,70) =

= $1,02 \times 10^8$ g/ha ano

Quarto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Energia Elétrica; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 9: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) para 180 moitas/ha (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha = 340 kg/ha ano

Massa de fertilizante = $2,7 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (Cusak, 1998)

15% (g/g) de N = **$5,5 \times 10^4$ g/ha ano**

15% (g/g) de Fosfato (P₂O₅) = **$1,4 \times 10^4$ g/ha ano**

15% (g/g) de Potássio (K_2O)= $5,5 \times 10^4$ g/ha ano

Nota 10: Calcário

M Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = 450 kg/ha ano

Massa de calcário = $3,6 \times 10^5$ g/ha ano; Considerado 80% empregado no estado estacionário (mesmo critério adotado para o fertilizante).

Nota 11: Maquinário Agrícola ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 12: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 13: Mão de Obra

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 182 h /ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capinagem e fertilização) (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (182 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 23 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (23 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $2,90 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 14: Biomassa na plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário) x (taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa no quarto ano = 90% (Kleinhenz, 2001)

$$\begin{aligned} \text{Biomassa produzida} &= (1,45 \times 10^8 \text{ g/ha ano}) \times (0,90) = \\ &= \mathbf{1,31 \times 10^8 \text{ g/ha ano}} \end{aligned}$$

Quinto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Energia Elétrica; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 9: Fertilizante NPK (20,5,20)

Massa de fertilizante = 300 kg/ha ano no estado estacionário (oitavo ano em diante) (Projeto Bambu)

Massa de fertilizante para 200 moitas/ha ano = 340 kg/ha ano

20% (g/g) de N = $\mathbf{6,8 \times 10^4 \text{ g/ha ano}}$

5% (g/g) de Fosfato (P_2O_5) = $\mathbf{1,7 \times 10^4 \text{ g/ha ano}}$

20% (g/g) de Potássio (K_2O) = $\mathbf{6,8 \times 10^5 \text{ g/ha ano}}$

Nota 10: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas = 400 kg/ha ano (Projeto Bambu)

Massa de calcário para 200 moitas = $\mathbf{4,5 \times 10^5 \text{ g/ha ano}}$

Nota 11: Máquinas Agrícolas; Idêntico ao segundo ano.

Nota 12: Diesel; Idêntico ao segundo ano.

Nota 13: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 14: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sexto ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5: Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Energia Elétrica; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 9: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 10: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 11: Maquinário Agrícola; Idêntico ao segundo ano.

Nota 12: Diesel ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 13: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 14: Biomassa na plantação

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Sétimo ano

Nota 1: Energia Solar; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 2: Energia Cinética do Vento; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 3: Energia Química da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 4: Energia Geopotencial da Chuva; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 5 : Calor Geotérmico; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 6: Água de Irrigação Utilizada; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 7: Uso do Solo; Idêntico ao primeiro ano.

Nota 8: Energia Elétrica; Idêntico ao terceiro ano.

Nota 9: Fertilizante NPK (20,5,20); Idêntico ao quinto ano.

Nota 10: Calcário; Idêntico ao quinto ano.

Nota 11: Maquinário Agrícola; Idêntico ao segundo ano.

Nota 12: Diesel ; Idêntico ao segundo ano.

Nota 13: Mão de Obra; Idêntico ao quarto ano.

Nota 14: Biomassa produzida

Biomassa produzida a partir do quinto ano = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 15: Maquinário Agrícola

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Nota 16: Diesel (colheita)

Admite-se metade do valor das horas trabalhadas no ano. (Anexo A1)

Nota 17: Mão de Obra (colheita);

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos: 1,5 colmos/moita gasta 5 minutos (Cusak, 1998)

Produção = 2400 colmos/ha ano; Sendo 200 moitas/ha (Cusak, 1998)

Para 180 moitas = 2100 colmos/ha ano

Tempo gasto na colheita de 2100 colmos: 120 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita de colmos)/horas de trabalho por dia =

= (120 horas/ha ano)/(8 horas/dia) = 15 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (15 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,84 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 18: Colmos

Produção = 2400 colmos/ha ano; Sendo 200 moitas/ha (Cusak, 1998)

ANEXO K

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de brotos sem irrigação

Tabela 39 – Primeiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	4,04E+13	1,00E+00	4,04	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	33%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	10%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	43%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	1,40E+04	4,21E+09	5,89	2%
	Fosfato	g	3,40E+03	6,88E+09	2,34	1%
	Potássio	g	1,40E+04	2,96E+09	4,14	1%
8	Calcário	g	9,00E+04	1,00E+09	9,00	3%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	7,50E+03	3,00E+09	2,25	1%
	Plástico	g	1,20E+03	5,85E+09	0,70	>1%
10	Diesel	J	5,56E+09	6,60E+04	36,70	10%
11	Mão de obra	J	1,76E+08	4,18E+06	73,57	21%
12	Mudas	muda	2,00E+02	3,37E+12	67,45	19%
Sub-total (soma de 7 a 12)					202,04	57%
Energia empregada no cultivo					353,30	100%
13	Biomassa produzida	g	2,18E+07	1,62E+08	353,30	

Tabela 40 – Segundo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,28E+13	1,00E+00	5,28	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	40%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	12%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	52%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	2,70E+04	4,21E+09	11,37	4%
	Fosfato	g	6,80E+03	6,88E+09	4,68	2%
	Potássio	g	2,70E+04	2,96E+09	7,99	3%
8	Cálcario	g	1,80E+05	1,00E+09	18,00	6%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	9%
11	Mão de obra	J	1,63E+08	4,18E+06	68,13	23%
Sub-total (soma de 7 a 11)					138,96	48%
Energia empregada no cultivo					290,22	100%
12	Biomassa produzida	g	5,80E+07	5,00E+07	290,22	

Tabela 41 – Terceiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	33%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	10%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	43%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	4,80E+04	4,21E+09	20,21	6%
	Fosfato	g	1,10E+04	6,88E+09	7,57	2%
	Potássio	g	4,80E+04	2,96E+09	14,21	4%
8	Cálcario	g	2,70E+05	1,00E+09	27,00	8%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	8%
11	Mão de obra	J	1,51E+08	4,18E+06	63,12	18%
Sub-total (soma de 7 a 11)					160,89	46%
Energia empregada no cultivo					312,15	89%
Saida (Y₁)						
12	Biomassa produzida	g	1,02E+08	3,06E+07	312,15	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	8%
15	Mão de obra	J	2,52E+07	4,18E+06	10,53	3%
Sub-total (soma de 13 a 15)					39,33	11%
Energia empregada no cultivo + colheita					351,48	100%
16	Brotos	g	1,00E+06	3,51E+09	351,48	

Tabela 42 – Quarto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	27%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	8%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	35%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	5,50E+04	4,21E+09	23,16	5%
	Fosfato	g	1,40E+04	6,88E+09	9,63	2%
	Potássio	g	5,50E+04	2,96E+09	16,28	4%
8	Cálcario	g	3,60E+05	1,00E+09	36,00	8%
9	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	28%
Sub-total (soma de 7 a 11)					235,08	55%
Energia empregada no cultivo					386,33	90%
Saida (Y₁)						
12	Biomassa produzida	g	1,31E+08	2,95E+07	386,33	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
13	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
15	Mão de obra (colheita de brotos)	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	4%
Sub-total (soma de 13 a 15)					44,59	10%
Energia empregada no cultivo + colheita					430,93	100%
16	Brotos	g	2,40E+06	1,80E+09	430,93	

Tabela 43 – Quinto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	25%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	33%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	6%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	3%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	4%
8	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	10%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	26%
Sub-total (soma de 9 a 13)					255,46	55%
Energia empregada no cultivo					406,72	88%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
12	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	6%
15	Mão de obra (colheita de brotos)	J	6,30E+07	4,18E+06	26,33	6%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					55,13	12%
Saida (Y₁)						
16	Brotos	g	5,40E+06	8,55E+08	461,85	
Energia empregada no cultivo + colheita					461,85	100%

Tabela 44 – Sexto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	22%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	29%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	5%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	2%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	4%
8	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	9%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	23%
Sub-total (soma de 7 a 11)					255,46	48%
Energia empregada no cultivo					406,72	77%
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
15	Mão de obra	J	1,13E+08	4,18E+06	47,23	9%
Sub-total (soma de 13 a 15)					76,03	14%
Energia empregada na colheita de brotos (cultivo + colheita)					482,75	

Tabela 44 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
Saida (Y₁)						
16	Brotos	g	9,00E+06	5,36E+08	482,75	
(c) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₃)						
17	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
18	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
19	Mão de obra	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	3%
Sub-total (soma de 17 a 19)					44,59	8%
Energia empregada na colheita de colmos (cultivo + colheita)					451,31	
Saida (Y₂)						
20	Colmos (médio)	colmo	3,00E+02	1,50E+13	451,31	
Energia empregada no cultivo + colheitas					527,34	100%

Tabela 45 – Sétimo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	22%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	6%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					151,22	28%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
7	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	5%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	2%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	4%
8	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	8%
9	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
10	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
11	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	23%
Sub-total (soma de 7 a 11)					255,46	48%
Energia empregada no cultivo					406,72	
12	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,80E+07	406,72	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
15	Mão de obra	J	1,26E+08	4,18E+06	52,67	10%
Sub-total (soma de 13, 14 e 15)					81,46	15%
Energia empregada na colheita de brotos (cultivo + colheita)					488,18	
Saida (Y₁)						
16	Brotos	g	1,00E+07	4,88E+08	488,18	

Tabela 45 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(c) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₃)						
17	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
18	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
19	Mão de obra	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	3%
	Sub-total (soma de 17, 18 e 19)				44,59	8%
	Energia empregada na colheita de colmos (cultivo + colheita)				451,31	
Saida (Y₂)						
20	Colmos (grande)	colmo	3,00E+02	1,50E+13	451,31	
	Energia empregada no cultivo + colheitas				532,77	100%

ANEXO L

Memorial de cálculo referente às tabelas (anexo K) da contabilidade ambiental em energia da implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos sem irrigação.

Primeiro ano

Idêntico ao primeiro ano do cultivo de colmos sem irrigação – Dados de Projeto; Anexo H.

Segundo ano

Idêntico ao segundo ano do cultivo de colmos sem irrigação – Dados de Projeto; Anexo H.

Terceiro ano

Nota 1 a 12: Idêntico ao segundo ano do cultivo de colmos sem irrigação – Dados de Projeto; Anexo H.

Nota 13: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 14: Diesel (Cultivo); Idêntico nota 10.

Nota 15: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 10h/ha ano (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (10h/ha ano) / (8 h/dia) = 2 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (2 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

$$= 2,52 \times 10^7 \text{ J/ha ano}$$

Nota 16: Brotos

Massa de brotos colhidos = 1 ton/ha ano (Midmore, 1998)

$$= 1 \times 10^6 \text{ g/ha ano}$$

Quarto ano

Nota 1 a 12 : Idêntico ao quarto ano do cultivo de colmos sem irrigação –
Dados de Projeto; Anexo H.

Nota 13: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 14: Diesel (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 15: Mão de Obra (colheita de brotos):

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 20 h /ha ano (Midmore, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (20 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 3 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (3 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

$$= 3,78 \times 10^7 \text{ J/ha ano}$$

Nota 18: Brotos (colhidos)

Massa de brotos colhidos = 2,4 ton/ha ano

$$= 2,4 \times 10^6 \text{ g/ha ano (Cusak, 1998)}$$

Quinto ano

Nota 1 a 12 : Idêntico ao terceiro ano do cultivo de colmos sem irrigação; Anexo H.

Nota 13: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 14: Diesel (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 15: Mão de Obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 40h/ha ano; (Cusak, 1998).

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (40h/ha ano)/ (8 h/dia) = 5 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (5 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $6,30 \times 10^7$ J/ ha ano

Nota 16: Brotos

Massa de brotos colhidos = 5,4 ton/ha ano

= $5,4 \times 10^6$ g/ha ano (Midmore, 1998)

Sexto ano

Nota 1 a 12: Idêntico ao quinto ano.

Nota 13: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 14: Diesel (colheita de brotos); Idêntico nota 9.

Nota 15: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 70 h/ha ano (Midmore, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (70h/ha ano) / (8 h/dia) = 9 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (9 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,13 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 16: Brotos

Massa de brotos colhidos = 9 ton/ha ano

= 9×10^6 g/ha ano

Nota 17: Maquinário Agrícola; Idêntico nota 9.

Nota 18: Diesel – Colheita de colmos; Idêntico nota 9.

Nota 19: Mão de Obra (colheita de colmos)

Energia = Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos = 17 h/ha ano (Midmore, 1998)

Assumindo 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita dos colmos)/horas de trabalho por dia =

Dias de trabalho = (17 h/ha ano) x (8 h/dia) = 3 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (3 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $3,78 \times 10^7$ J/ ha ano

Nota 20: Colmos

Total de colmos colhidos (tamanho médio) = 300 colmos/ha ano (Cusak, 1998)

Sétimo ano

Nota 1 a 14 : Idêntico ao sexto ano.

Nota 15: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 78 h/ha ano; (Cusak, 1998).

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (78h/ha ano) / (8 h/dia) = 10 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (10 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,26 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 16: Brotos

Massa de brotos colhidos = 10 ton/ha ano

= 10×10^6 g/ha ano (Cusak, 1998)

Nota 17 a 19: Idêntico ao sexto ano.

Nota 20: Colmos

Total de colmos colhidos (tamanho grande) = 300 colmos/ha ano (Midmore, 1998)

ANEXO M

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de brotos sem irrigação

Tabela 14 - Contabilidade ambiental do pinus com parcelas renováveis

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	50%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	15%
12	Mão de obra (cultivo)	J	1,12E+07	4,18E+06	4,68	2%
16	Mão de obra (colheita)	J	1,12E+07	4,18E+06	4,68	2%
Sub-total (soma de 4 e 5). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.					160,58	69%
Não-Renováveis (N)						
6	Uso do solo	J	2,26E+08	7,40E+04	1,67	1%
Sub-total					1,67	1%
Pagos (F₁)						
7	Mudas	muda	6,70E+01	3,37E+12	22,58	10%
8	Formicida	g	8,00E+01	1,48E+10	0,12	0%
9	Fosfato	g	1,91E+03	6,88E+09	1,31	4%
10	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	1,80E+03	3,00E+09	0,54	0%
	Plástico	g	8,00E+01	5,85E+09	0,05	0%
11	Diesel	J	1,50E+09	6,60E+04	9,90	4%
12	Mão de obra (cultivo)	J	4,80E+06	4,18E+06	2,01	1%
Sub-total (soma de 7 a 12)					36,50	19%
Energia empregada no cultivo					198,76	89%
13	Biomassa na plantação (acima da raíz)	g	9,60E+06	2,02E+08	198,76	
(b) COLHEITA DA MADEIRA						
Pagos (F₂)						
14	Diesel	J	4,45E+09	6,60E+04	29,37	13%
15	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,00E+03	3,00E+09	1,20	1%
	Plástico	g	9,60E+02	5,85E+09	0,56	0%
16	Mão de obra (colheita)	J	4,71E+06	4,18E+06	1,97	1%
Sub-total (soma de 14 a 16)					33,10	14%

Tabela 14 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
Energia empregada no cultivo + colheita					231,86	104%
Saída (Y)						
17	Madeira para serraria	g	3,60E+06	6,44E+08	231,86	

Tabela 15 – Contabilidade ambiental do bambu voltado a produção de colmos com parcelas renováveis

Item	Descrição	Unid.	Valor /(unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	23%
5	Mão de obra (cultivo)	J	1,86E+08	4,18E+06	77,54	15%
6	Mão de obra (colheita)	J	9,80E+07	4,18E+06	40,96	8%
7	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	7%
8	Renováveis - Implantação				15,60	3%
	Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.				285,32	56%
Não-Renováveis (N)						
9	Uso do Solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	0%
10	Não Renováveis - Implantação				0,03	0%
	Sub-total (soma de 7 e 8)				0,06	0%
Pagos (F₁)						
11	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,00E+04	4,21E+09	25,26	5%
	Fosfato	g	1,50E+04	6,88E+09	10,32	2%
	Potássio	g	6,00E+04	2,96E+09	17,76	3%
12	Cálcário	g	4,00E+05	1,00E+09	40,00	8%
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	0%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	0%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
15	Mão de obra (cultivo)	J	7,95E+07	4,18E+06	33,23	7%
16	Pagos - Implantação				22,30	4%
	Sub-total (soma de 9 a 14)				177,67	35%
	Energia empregada no cultivo				463,05	91%
17	Biomassa produzida	g	1,45E+08	2,91E+07	463,05	
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
18	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	0%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	0%
19	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	5%
20	Mão de obra (colheita)	J	4,20E+07	4,18E+06	17,56	3%
	Sub-total (soma de 17 a 18)				46,35	9%

Tabela 15 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor /(unid./ ha ano)	Energia/ unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10^{13})	% / (sej/sej)
Energia empregada no cultivo + colheita					509,41	100%
Saída (Y)						
21	Colmos	colmo	1,60E+03	3,18E+12	509,41	
22	Biomassa colhida	g	3,30E+07	1,54E+08	509,41	

Tabela 16 - Contabilidade ambiental do bambu voltado a produção de colmos irrigado com parcelas renováveis

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,53E+13	1,00E+00	5,53	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	8%
6	Água de Irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	31%
10	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	2%
15	Energia elétrica	J	9,70E+09	1,74E+05	168,47	12%
7	Mão de obra (sistema de Irrigação)	J	4,41E+06	4,18E+06	1,84	0%
8	Mão de obra (Cultivo)	J	2,03E+08	4,18E+06	84,85	6%
9	Mão de obra (Colheita)	J	1,50E+08	4,18E+06	62,62	4%
11	Renováveis - Implantação				54,30	4%
	Sub-total (soma de 4,5,6 e 7). Excluídos 1 a 3 para evitar dupla contagem.				959,36	68%
Não-Renováveis (N)						
12	Uso do Solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	0%
13	Não Renováveis - Implantação				0,03	0%
	Sub-total (soma de 8 e 9)				0,06	0%
Pagos (F₁)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
14	Mão de obra	J	1,89E+06	4,18E+06	0,79	0%
15	Energia elétrica	J	9,70E+09	1,74E+05	168,47	12%
16	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	2,32E+03	5,85E+09	1,36	0%
17	Bomba	g	8,00E+03	4,30E+09	3,44	0%
18	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	6,70E+04	4,21E+09	28,21	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,70E+04	2,96E+09	19,83	1%
19	Calcário	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	3%
20	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	0%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	0%
21	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
22	Mão de obra (cultivo)	J	8,70E+07	4,18E+06	36,37	3%
23	Pagos - Implantação				57,90	4%
	Sub-total (soma de 10 a 19)				401,85	28%
	Energia empregada no cultivo				1361,27	96%
24	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,95E+07	1361,27	

Tabela 16 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(b) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₂)						
25	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,51E+03	3,00E+09	1,35	0%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	0%
26	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
27	Mão de obra (colheita)	J	6,42E+07	4,18E+06	26,84	2%
	Sub-total (soma de 21 a 23)				55,63	4%
	Energia empregada no cultivo + colheita				1416,90	100%
Saída (Y)						
28	Colmos	colmo	2,40E+03	5,90E+12	1416,90	
29	Biomassa Colhida	g	4,90E+07	2,89E+08	1416,90	

ANEXO N

Memorial de cálculo referente às tabelas (Anexo M) da contabilidade ambiental em energia da implantação do cultivo do bambu com manejo voltado à produção de brotos irrigado.

Primeiro ano

Idêntico ao primeiro ano do cultivo de colmos irrigado; Anexo J.

Segundo ano

Idêntico ao segundo ano do cultivo de colmos irrigado; Anexo J.

Terceiro ano

Nota 1 a 14 : Idêntico ao terceiro ano do cultivo de colmos irrigado; Anexo J.

Nota 15: Mão de Obra (cultivo)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 98 h /ha ano; Mão de obra referente a atividades do cultivo (plantio, capina e fertilização) (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (98 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 12 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (12 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,51 \times 10^8$ J/ha ano

Nota 16: Biomassa na Plantação

Biomassa produzida = (biomassa produzida no estado estacionário)x(taxa de produção anual de biomassa)

Biomassa produzida no estado estacionário (incluindo, folhas, galhos colmos e raiz) = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Taxa de produção anual de biomassa, ano 1 = 70% (Kleinhenz, 2001)

Biomassa produzida = $(1,45 \times 10^8$ g/ha ano)x (0,70) =

= $1,02 \times 10^8$ g/ha ano

Nota 17: Maquinário Agrícola (colheita de brotos)

Trator:

Adotou –se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico (Ulgiati, 2003)

Massa de aço = $0,80 \times 4 \times 10^6$ g = $3,2 \times 10^6$ g

Massa de plástico = $0,20 \times 4 \times 10^6$ g = 8×10^5 g

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano ; Admitido a metade das horas de trabalho no ano (Anexo A1).

Vida útil do trator = 1×10^4 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator:

Massa de aço depreciada do trator = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

= $(3,2 \times 10^6$ g) x (11h/ha ano / 1×10^4 h) =

= $3,52 \times 10^3$ g/ha ano

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = massa de plástico x (horas trabalhadas/ vida útil)

$$=(8 \times 10^5 \text{g}) \times (11 \text{h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{h}) =$$

$$= \mathbf{8,80 \times 10^2 \text{ g/ha ano}}$$

Carreta:

Adotou -se o fabricante Maqtron Ltda

Massa = $4,5 \times 10^5$ g; Dados do fabricante.

Admite – se a carreta 100% aço.

Massa de aço = $4,5 \times 10^5$ g

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano; Adotado o mesmo número de horas trabalhadas do trator.

Vida útil da carreta = 5×10^3 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da carreta:

Massa de aço depreciada da carreta = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (4,5 \times 10^5 \text{g}) \times (11 \text{h/ha ano} / 5 \times 10^3 \text{h}) =$$

$$= 9,90 \times 10^2 \text{ g/ha ano}$$

Massa de aço total depreciada:

Massa de aço total depreciada = massa de aço depreciada do trator + massa de aço depreciada da carreta

$$= (3,52 \times 10^3 \text{g/ha ano} + 9,90 \times 10^2 \text{ g/ha ano}) =$$

$$= \mathbf{4,51 \times 10^3 \text{ g/ha ano}}$$

Nota 18: Diesel - Cultivo

Energia do diesel = (massa de diesel)x(poder calorífico do diesel)

Volume de diesel = 110 L/ha ano ou 0,110 m³/ha ano; Admitido o valor médio entre cultivo e colheita (Anexo A1)

Massa de diesel = (volume de diesel)x(densidade do diesel) =

Densidade do óleo diesel = 0,852 ton/m³

Massa de diesel = [(0,110 m³/ha ano)x(0,852 ton/m³)] x 1000 = 94 kg /ha ano

Poder calorífico do diesel = 10,4x10³ kcal/kg

Energia do diesel = (10,4x10³ kcal/kg)x(94 kg/ha ano)x(4186 J/kcal) =

= 4,08x10⁹ J/ ha ano

Nota 19: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 10h/ha ano (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (10h/ha ano) / (8 h/dia) = 2 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = 1,26x10⁷ J/dia

Energia = (2 dias/ha ano)x(1,26x10⁷ J/dia) =

= 2,52x10⁷ J/ ha ano

Nota 20: Brotos

Massa de brotos colhidos = 1 ton/ha ano (Midmore, 1998)

= 1x10⁶ g/ha ano

Quarto ano

Nota 1 a 14 : Idêntico ao terceiro ano do cultivo de colmos irrigado; Anexo J.

Nota 15: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico ano 3.

Nota 16: Diesel (colheita de brotos); Idêntico ano 3.

Nota 17: Mão de Obra (colheita de brotos):

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas trabalhadas 20 h /ha ano (Midmore, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = (20 h/ha ano) / (8 horas/dia) = 3 dias

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (3 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $3,78 \times 10^7$ J/ha ano

Nota 18: Brotos (colhidos)

Massa de brotos colhidos = 2,4 ton/ha ano

= $2,4 \times 10^6$ g/ha ano (Midmore, 1998)

Quinto ano

Nota 1 a 14 : Idêntico ao terceiro ano do cultivo de colmos irrigado; Anexo J.

Nota 15: Maquinário Agrícola (colheita de brotos); Idêntico ano 3.

Nota 16: Diesel (colheita de brotos); Idêntico ano 3.

Nota 17: Mão de Obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 40h/ha ano; (Cusak, 1998).

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (40h/ha ano) / (8 h/dia) = 5 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (5 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $6,30 \times 10^7$ J/ ha ano

Nota 18: Brotos

Massa de brotos colhidos = 5,4 ton/ha ano

= $5,4 \times 10^6$ g/ha ano (Midmore, 1998)

Sexto ano

Nota 1 a 16 : Idêntico ao quinto ano.

Nota 17: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 70 h/ha ano (Midmore, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (70h/ha ano) / (8 h/dia) = 9 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (9 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,13 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 18: Brotos

Massa de brotos colhidos = 9 ton/ha ano

= 9×10^6 g/ha ano

Nota 20: Maquinário Agrícola; Idêntico nota 15

Nota 21: Diesel – Colheita de colmos; Idêntico nota 15

Nota 22: Mão de Obra (colheita de colmos)

Energia = Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos = 17 h/ha ano (Midmore, 1998)

Assumindo 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita dos colmos)/horas de trabalho por dia =

Dias de trabalho = (17 h/ha ano)x(8 h/dia) = 3 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (3 dias/ha ano)x($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $3,78 \times 10^7$ J/ ha ano

Nota 23: Colmos

Total de colmos colhidos (tamanho médio) = 300 colmos/ha ano (Cusak, 1998)

Sétimo ano

Nota 1 a 16 : Idêntico ao sexto ano.

Nota 17: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Horas de trabalho = 78 h/ha ano; (Cusak, 1998).

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (78h/ha ano) / (8 h/dia) = 10 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (10 dias/ha ano) \times ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,26 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 18: Brotos

Massa de brotos colhidos = 10 ton/ha ano

= 10×10^6 g/ha ano (Midmore, 1998)

Nota 19 a 21: Idêntico ano 6.

Nota 22: Colmos

Total de colmos colhidos (tamanho grande) = 300 colmos/ha ano (Midmore, 1998)

ANEXO O

Memorial de cálculos da contabilidade ambiental do cultivo do bambu voltado à produção de colmos sem irrigação – estado estacionário (tabela 7)

Nota 1: Energia Solar

Energia solar = (insolação média)x(1-albedo) (Brown, 2001)

Insolação média = $6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano; Local de referência: Estado de São Paulo – Brasil (CRESESB - Atlas Solarimétrico do Brasil).

Albedo ou reflexão de florestas tropicais = 0,07 a 0,15. (Bice, 2001)

Albedo = 0,11 (Admitindo o valor médio do albedo).

Energia solar = $(6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano) x (1- 0,11) =
= **$5,53 \times 10^{13}$ J/ha ano**

Nota 2: Energia Cinética do Vento

Energia cinética do vento/ha = (área)x(densidade do ar)x(coeficiente de arrasto)x
x (velocidade média)³/ha (Brown, 2001)

Área = 1×10^4 m²

Densidade do ar = 1,30 kg/m³

Coeficiente de arrasto = 1×10^{-3} (Brown, 2001)

Velocidade média = 6,0 m/s (ANEEL - Energia eólica)

Energia cinética do vento = $[(1 \times 10^4 \text{m}^2) \times (1,30 \text{ kg/m}^3) \times (1 \times 10^{-3}) \times (6,0 \text{m/s})^3 \times$
 $\times (3,14 \times 10^7 \text{ s/ano})] / 1 \text{ha} =$
= **$2,45 \times 10^9$ J/ha ano**

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva

Energia geopotencial da chuva = (elevação média)x(coeficiente de escoamento superficial)x(aceleração da gravidade) (Odum, 1996)

Elevação média = 600 m (Prefeitura Municipal de Bauru)

Coeficiente de escoamento superficial = 130 m³/ha ano; Adotou-se 1% da precipitação.

Energia geopotencial da chuva = (600 m)x(130 m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(9,8 m/s²) =

= 7,64x10⁸ J/ha ano

Nota 4: Energia Química da Chuva

Energia química da chuva = (precipitação)x(energia livre de Gibbs da água da chuva) (Odum, 1996)

Precipitação = 13x10³ m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Energia livre de Gibbs da água da chuva = 4940 J/kg (Odum, 1996)

Energia química da chuva = (13x10³ m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(4940 J/kg) =

= 6,42x10¹⁰ J/ha ano

Nota 5 : Calor Geotérmico

Adotou –se o calor geotérmico típico de áreas estáveis =**1x10¹⁰ J/ha ano** (Odum, 1996)

Nota 6: Renováveis – Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976).

Nota 7: Uso do Solo

Uso do solo = (taxa de erosão)x(matéria orgânica no solo)

Taxa de erosão considerada para mata = $4,0 \times 10^3$ g/ha/ano (Bertoni e Lombardi, 1999)

Matéria orgânica no solo = 0,05; Admite-se o solo fértil.

Uso do solo = $(4,0 \times 10^3 \text{ g/ha/ano}) \times (0,05) \times (5,4 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) =$

= $4,52 \times 10^6$ J/ha ano

Nota 8 : Não Renováveis – Implantação

Recursos não renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 9: Fertilizante NPK (20, 5,20)

Massa de fertilizante para 180 moitas/ha ano = $3,0 \times 10^5$ g/ha ano; Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru.

20% (g/g) de N = **$6,0 \times 10^4$ g/ha ano**

5% (g/g) de Phosphate (P_2O_5) = **$1,5 \times 10^4$ g/ha ano**

20% (g/g) de Potássio (K_2O)= **$6,0 \times 10^4$ g/ha ano**

Nota 10: Calcário

Massa de calcário para 180 moitas/ha ano = $4,0 \times 10^5$ g/ha ano; Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru.

$$= 4,0 \times 10^5 \text{ g/ha ano}$$

Nota 11: Maquinário Agrícola - Cultivo**Trator:**

Adotou –se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico (Ulgiati, 2003)

Massa de aço = $0,80 \times 4 \times 10^6 \text{g} = 3,2 \times 10^6 \text{g}$

Massa de plástico = $0,20 \times 4 \times 10^6 \text{g} = 8 \times 10^5 \text{g}$

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano ; Admitido a metade das horas de trabalho no ano (Anexo A1).

Vida útil do trator = 1×10^4 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator:

Massa de aço depreciada do trator = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (3,2 \times 10^6 \text{g}) \times (11 \text{h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{h}) =$$

$$= 3,52 \times 10^3 \text{g/ha ano}$$

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = massa de plástico x (horas trabalhadas/ vida útil)

$$= (8 \times 10^5 \text{g}) \times (11 \text{h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{h}) =$$

$$= 8,80 \times 10^2 \text{ g/ha ano}$$

Carreta:

Adotou -se o fabricante Maqtron Ltda

Massa = $4,5 \times 10^5$ g; Dados do fabricante.

Admite – se a carreta 100% aço.

Massa de aço = $4,5 \times 10^5$ g

Horas trabalhadas = 11 h/ha ano; Adotado o mesmo número de horas trabalhadas do trator.

Vida útil da carreta = 5×10^3 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da carreta:

Massa de aço depreciada da carreta = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (4,5 \times 10^5 \text{g}) \times (11 \text{h/ha ano} / 5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= 9,90 \times 10^2 \text{ g/ha ano}$$

Massa de aço total depreciada:

Massa de aço total depreciada = massa de aço depreciada do trator + massa de aço depreciada da carreta

$$= (3,52 \times 10^3 \text{g/ha ano} + 9,90 \times 10^2 \text{ g/ha ano}) =$$

$$= 4,51 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 12: Diesel - Cultivo

Energia do diesel = (massa de diesel)x(poder calorífero do diesel)

Volume de diesel = 110 L/ha ano ou $0,110 \text{ m}^3$ /ha ano; Admitido o valor médio entre cultivo e colheita (Anexo x)

Massa de diesel = (volume de diesel)x(densidade do diesel) =

Densidade do óleo diesel = $0,852 \text{ ton/m}^3$

Massa de diesel = $[(0,110 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times (0,852 \text{ ton/m}^3)] \times 1000 = 94 \text{ kg /ha ano}$

Poder calorífero do diesel = $10,4 \times 10^3 \text{ kcal/kg}$

Energia do diesel = $(10,4 \times 10^3 \text{ kcal/kg}) \times (94 \text{ kg/ha ano}) \times (4186 \text{ J/kcal}) =$
= $4,08 \times 10^9 \text{ J/ ha ano}$

Nota 13: Mão de Obra (cultivo)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Dados para o cálculo das horas empregadas no cultivo (Cusak; 1998)

-Capina 3 vezes por ano, sem 4 horas/ha: 12 horas

-Inspeções e fertilização sendo 1 minuto/semana planta e 180 plantas/ha: 156 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Número de dias = $(168 \text{ h/ha ano}) / (8 \text{ horas/dia}) = 21 \text{ dias}$

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}$

Energia = $(21 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) =$

= $2,65 \times 10^8 \text{ J/ha ano}$

Nota 14: Pagos - Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçã) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantaçã: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 15: Biomassa na Plantação

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) =
 = $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 16: Maquinário Agrícola (colheita)

Idêntico nota 11.

Nota 17: Diesel – Colheita de Colmos

Idêntico nota 12.

Nota 18: Mão de obra (colheita)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos: 1,5 colmos/moita gasta 5 minutos
 (Cusak, 1998)

Colmos/ha: 1600

Tempo gasto na colheita de 1600 colmos: 90 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita de colmos)/horas de trabalho por dia =

= $(90 \text{ horas/ha ano}) / (8 \text{ horas/dia}) = 11 \text{ dias/ha ano}$

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = $(11 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) =$

= $1,40 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 19: Produção de Colmos

1600 colmos/ha ano; (Dados da Fazenda Experimental da Unesp – Bauru)

Nota 20: Biomassa colhida

Número de colmos: 1600 colmos/ha ano

Massa média do colmo (maduro): $3,4 \times 10^4$ g (Pereira, 2003)

Massa dos colmos (1 ha) : $5,4 \times 10^7$ g/ha ano

Absorção de água dos colmos: 40% (Pereira, 2006)

Biomassa colhida = $(0,4) \times (5,4 \times 10^7$ g/ha ano)

= $2,2 \times 10^7$ g/ha ano

ANEXO P

Memorial de cálculos da contabilidade ambiental em emergia do cultivo do bambu voltado à produção de colmos irrigado- estado estacionário (tabela 8)

Notas de 1 a 5: Idêntico ao anexo O (colmos sem irrigação)

Nota 6: Água de Irrigação

Água de irrigação = (água necessária para o cultivo) – (precipitação)

Água necessária para o cultivo (planta adulta) = $26,5 \times 10^3$ m³/ha ano; [Anexo J]

Precipitação = 13×10^3 m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Água de irrigação = $(26,5 \times 10^3$ m³/ha ano – 13×10^3 m³/ha ano) $\times (1 \times 10^6$ g/m³) =
= **$1,35 \times 10^{10}$ g/ha ano**

Nota 7: Renováveis – Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976).

Nota 8: Uso do Solo; Idêntico ao anexo O (colmos não irrigado)

Nota 9 : Não Renováveis – Implantação

Recursos não renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 10: Mão de obra – Instalação do sistema de irrigação

Energia = [(dias de trabalho) x (energia do metabolismo diário humano)]/depreciação

Mão de obra = 40 h/ha ano; Referente à instalação do sistema de irrigação (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (40 h/ha ano) / 8 (h/dia) = 5 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Depreciação = 10 anos; Devido a substituição do sistema.

Energia = [(5 dias/ha ano)x($1,26 \times 10^7$ J/dia)]/ 10 =

= $6,30 \times 10^6$ J/ha ano

Nota 11: Energia Elétrica

Energia elétrica referente à utilização da bomba no sistema de irrigação:

Energia elétrica consumida = (0,4 kWh/m³) x (Volume de  gua) (Lima, 1999)

Volume de água utilizado = $13,5 \times 10^3$ m³/ha ano [Anexo J]

Energia elétrica consumida = $(0,4 \text{ kWh/m}^3) \times (13,5 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ha ano}) \times (3,6 \times 10^6 \text{ J/kWh}) =$

$$= 1,94 \times 10^{10} \text{ J/ha ano}$$

Nota 12 : Plástico Utilizado no Sistema de Irrigação

Total de Plástico = [massa dos irrigadores + massa das válvulas + massa da linha principal + massa das derivações] / depreciação

Massa dos irrigadores = $40 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo F]

Massa das válvulas = $2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo F]

Massa da linha principal = $50 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo F]

Massa das derivações = $140 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$ [Anexo F]

Depreciação = 10 anos

Total de Plástico = $[(40 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) + (2 \times 10^3 \text{ g/ha no}) + (50 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) + (140 \times 10^3 \text{ g/ha ano})] / 10 =$

$$= 2,32 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 13: Bomba

Fabricante: Mark; Modelo DJ 10. Dados do fabricante.

Depreciação = 10 anos (Thomson, 2004)

Massa de aço = $(8 \times 10^4 \text{ g/ha ano}) / 10 =$

$$= 8 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 14 a 18: Idêntico ao anexo O (colmos sem irrigação)

Nota 19: Pagos - Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçã) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 20: Biomassa na Plantação; Idêntico ao anexo O (colmos não irrigado)

Nota 21: Maquinário Agrícola (colheita)

Idêntico nota 16.

Nota 12: Diesel – Colheita de Colmos

Idêntico nota 17.

Nota 23: Mão de obra (colheita)

Energia = Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo estimado da mão de obra na colheita de colmos 2400 colmos = 136 horas (Cusak, 1998)

Assumindo 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita)/horas de trabalho por dia =

Dias de trabalho = (136 h/ha ano)/(8 h/dia) = 17 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (17 dias/ha ano) x ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $2,14 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 24: Produção de Colmos

Produção = 2400 colmos/ha ano; Sendo 200 moitas/ha (Cusak, 1998)

Nota 25: Biomassa Colhida

Número de colmos: 2400 colmos/ha ano

Massa média do colmo (maduro): $3,4 \times 10^4$ g/ha ano (Pereira, 2003)

Massa dos colmos (1 ha) : $8,16 \times 10^7$ g/ha ano

Absorção de água dos colmos: 40% (Pereira, 2006)

Biomassa colhida = $(0,4) \times (8,16 \times 10^7$ g/ha ano)

= $3,3 \times 10^7$ g/ha ano

ANEXO Q

Memorial de cálculos da contabilidade ambiental em emergia do cultivo do bambu voltado à produção de brotos sem irrigação (tabela 9)

Notas de 1 a 5: Idêntico ao anexo O (colmos sem irrig.)

Nota 6: Renováveis – Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçãõ) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantaçãõ: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976).

Nota 7: Erosão do Solo: Idêntico ao anexo O (colmos sem irrig.)

Nota 8 : Não Renováveis – Implantação

Recursos não renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçãõ) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantaçãõ: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 9 a 13: Idêntico ao anexo O (colmos sem irrig.)

Nota 14: Pagos - Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 15: Biomassa Produzida

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) =
= $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 16: Maquinário Agrícola (colheita de brotos)

Idêntico nota 11.

Nota 17: Diesel – Colheita de brotos (trator)

Idêntico nota 12.

Nota 18: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos brotos = 80 h/ha ano (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasta na colheita de brotos)/horas de trabalho por dia

=

= (80 h/ha ano)/(8 horas/dia) = 10 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

$$\begin{aligned} \text{Energia} &= (10 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) = \\ &= 1,26 \times 10^8 \text{ J/ ha ano} \end{aligned}$$

Nota 19: Brotos

$$\begin{aligned} \text{Massa de brotos colhidos} &= 10 \text{ ton/ha ano} \\ &= 1,0 \times 10^6 \text{ g/ha ano (Cusak, 1998)} \end{aligned}$$

Nota 20 Maquinário Agrícola (colheita de colmos)

Idêntico nota 11.

Nota 21: Diesel – Colheita de colmos (trator)

Idêntico nota 12.

Nota 22: Mão de Obra (colheita de colmos)

$$\text{Energia} = (\text{dias de trabalho}) \times (\text{energia do metabolismo humano})$$

Tempo gasto na colheita dos colmos: 1,5 colmos/moita gasta 5 minutos (Cusak, 1998)

$$\text{Produção} = 600 \text{ colmos/ha ano (Cusak, 1998).}$$

Tempo gasto na colheita de 600 colmos: 35 horas

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita de colmos)/horas de trabalho por dia =

$$= (35 \text{ horas/ha ano}) / (8 \text{ horas/dia}) = 4 \text{ dias/ha ano}$$

$$\text{Energia do metabolismo diário humano} = 1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}$$

$$\begin{aligned} \text{Energia} &= (4 \text{ dias/ha ano}) \times (1,26 \times 10^7 \text{ J/dia}) = \\ &= 5,25 \times 10^7 \text{ J/ ha ano} \end{aligned}$$

Nota 23: Colmos

Total de colmos colhidos = 600 colmos/ha ano (Cusak, 1998)

ANEXO R

Memorial de cálculos da contabilidade ambiental em emergia do cultivo do bambu voltado à produção de brotos irrigado (tabela 10)

Notas de 1 a 5: Idêntico ao anexo O (colmos não irrigado)

Nota 6: Água de Irrigação ; Idêntico ao anexo O (colmos irrigado)

Nota 7: Renováveis – Implantação

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçãõ) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantaçãõ: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976).

Nota 8: Uso do Solo; Idêntico ao anexo O

Nota 9 : Não Renováveis – Implantação

Recursos não renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantaçãõ) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantaçãõ: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 10 a 18: Idêntico ao anexo O (colmos irrigado)**Nota 19: Pagos - Implantação**

Recursos renováveis referentes à implantação = (soma dos recursos renováveis do ano 1 ao 7) / (vida útil da plantação) – (7 anos referentes à implantação do sistema)

Onde;

Vida útil da plantação: 75 anos (adotou-se a média pesquisada em literaturas, 75 anos (Sanjay et al., 2004; Ramanayake e Yakandawala, 1998; Cusak, 1997; Janzen, 1976)).

Nota 20: Biomassa Produzida

Biomassa produzida no estado estacionário (folhas, galhos colmos e raiz) =
= $1,45 \times 10^8$ g/ha ano (Kleinhenz, 2001)

Nota 21: Maquinário Agrícola (colheita de brotos)

Idêntico nota 16.

Nota 22: Diesel – Colheita de brotos (trator)

Idêntico nota 17.

Nota 23: Mão de obra (colheita de brotos)

Energia = (dias de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos brotos = 80 h/ha ano (Cusak, 1998)

Assume-se 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasta na colheita de brotos)/horas de trabalho por dia
=

= $(80 \text{ h/ha ano}) / (8 \text{ horas/dia}) = 10 \text{ dias/ha ano}$

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (10 dias/ha ano) \times ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $1,26 \times 10^8$ J/ ha ano

Nota 24: Brotos

Massa de brotos colhidos = 15 ton/ha ano

= $1,5 \times 10^7$ g/ha ano (Midmore, 1998)

Nota 25: Maquinário Agrícola (colheita de colmos)

Idêntico nota 16.

Nota 26: Diesel – Colheita de colmos (trator)

Idêntico nota 17.

Nota 27: Mão de Obra (colheita de colmos)

Energia = Energia = (dias de trabalho) \times (energia do metabolismo humano)

Tempo gasto na colheita dos colmos = 45 h/ha ano (Cusak, 1998)

Assumindo 8 horas de trabalho por dia.

Dias de trabalho = (tempo gasto na colheita dos colmos)/horas de trabalho por dia =

Dias de trabalho = (45 h/ha ano) \times (8 h/dia) = 6 dias/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia = (6 dias/ha ano) \times ($1,26 \times 10^7$ J/dia) =

= $7,14 \times 10^7$ J/ ha ano

Nota 28: Colmos

Total de colmos colhidos = 800 colmos/ha ano (Cusak, 1998)

Anexo S

Cálculo da Transformidade da Mão de Obra Australiana, Brasileira e Chinesa

Como pode ser visto nas tabelas 18, 19 e 20, a transformidade da mão de obra leva em consideração não só as horas empregadas no trabalho, mas também os recursos empregados no suporte para a realização do mesmo, (dormir, tempo livre, feriados e etc.) que deve ser considerado um subproduto do mesmo fluxo de energia (Ulgiati, 1994).

O total de energia solar por pessoa por ano (365 dias) foi dividido pela energia metabólica humana ($1,26 \times 10^7$ J/ pessoa dia) empregada ao longo de 285 dias por ano (descontados os domingos e feriados).

Tabela 18: Transformidade da mão de obra australiana.

Nota	Item	Valor	Unidade
1	Energia solar por pessoa por ano, 1988 (Odum, 1996)	$5,90 \times 10^{16}$	sej/pessoa ano
2	Energia do metabolismo diário humano	$1,26 \times 10^7$	J/dia pessoa
3	Energia empregada em 285 dias (excluídos domingos e feriados)	$3,59 \times 10^9$	J/ano pessoa
4	Transformidade da mão de obra australiana (item 1/ item 3)	$1,64 \times 10^7$	sej/J

Tabela 19: Transformidade da mão de obra brasileira.

Nota	Item	Valor	Unidade
1	Energia solar por pessoa por ano, 1988 (Odum, 1996)	$1,50 \times 10^{16}$	sej/pessoa ano
2	Energia do metabolismo diário humano	$1,26 \times 10^7$	J/dia pessoa
3	Energia empregada em 285 dias (excluídos domingos e feriados)	$3,59 \times 10^9$	J/ano pessoa
4	Transformidade da mão de obra brasileira (item 1/ item 3)	$4,18 \times 10^6$	sej/J

Tabela 20: Transformidade da mão de obra chinesa.

Nota	Item	Valor	Unidade
1	Energia solar por pessoa por ano, 1988 (Odum, 1996)	$7,00 \times 10^{15}$	sej/pessoa ano
2	Energia do metabolismo diário humano	$1,26 \times 10^7$	J/dia pessoa
3	Energia empregada em 285 dias (excluídos domingos e feriados)	$3,59 \times 10^9$	J/ano pessoa
4	Transformidade da mão de obra chinesa (item 1/ item 3)	$1,95 \times 10^6$	sej/J

ANEXO T

Tabelas referentes à contabilidade ambiental em energia dos alimentos comparados com o broto de bambu

As tabelas abaixo (Brandt-Williams, S.L., 2002) são referentes à contabilidade ambiental em energia dos alimentos que possuem semelhança na sua composição nutricional se comparados ao broto de bambu.

Energy Evaluation of Potatoes, per ha per year

Note	Item	Inputs ha ⁻¹ yr ⁻¹	Solar Emery E13 sej/ha/yr
1	Sun	6.35 E13 J	6
2	Evapotranspiration	5.77 E10 J	149
3	Net topsoil loss	7.69 E9 J	95
4	Fuel	1.75 E10 J	194
5	Electricity	1.36 E9 J	37
6	Potash	1.63 E5 g K	30
7	Lime	5.65 E5 g	95
8	Pesticides	3.45 E4 g	87
9	Phosphate	3.95 E4 g P	146
10	Nitrogen	4.75 E4 g N	192
11	Labor	1.37 E8 J	61
12	Services	1.59 E3 \$	435
13	Total emery	-----	1,571
14	Total yield, dry weight	5.43 E6 g	
15	Total yield, energy	8.55 E10 J	
16	Emery per mass	2.80 E9 sej/g	
17	Transformity	1.78 E5 sej/J	
18	Empower density	1.52 E16 sej/ha/yr	

Acronyms are identified in Table 1.

Items with the same sources, transformities and assumptions as tables 1-3 are not repeated here.

2. Potato evapotranspiration = 2.34 E10 J/acre/yr (ASFIRS estimate, Smajstrla, 1990).

3. Erosion rate estimated at 850 g/m²/yr (estimated from Pimentel et al., 1995; Moore and Wilson, 1992; Griffin, 1988).

12. Services for potatoes include repairs and interest divided over period of operation. Transformity is the emery/\$ ratio for year of study: 1990, 1.55 E12 sej/\$ (Odum, 1996).

14. Yield from FAECM data (Fluck, 1992). 75.8% water (Paul and Southgate, 1978).

15. 9% protein at 24 KJ/g, 1% fat at 39 KJ/g, and 90% carbohydrates at 17 KJ/gram (Paul and Southgate, 1978).

Emergy Evaluation of Green Beans, per ha per year

Note	Item	Inputs ha ⁻¹ yr ⁻¹	Solar Emergy E13 sej/ha/yr
1	Sun	6.35 E13 J	6
2	Evapotranspiration	5.65 E10 J	146
3	Net topsoil loss	7.69 E9 J	95
4	Fuel	1.94 E10 J	215
5	Electricity	1.65 E9 J	44
6	Potash	6.98 E4 g K	13
7	Lime	5.65 E5 g	95
8	Pesticides	1.22 E4 g	31
9	Phosphate	1.98 E4 g P	73
10	Nitrogen	2.38 E4 g N	96
11	Labor	6.23 E7 J	28
12	Services	1.87 E3 \$	<u>512</u>
13	Total emergy	-----	1,371
14	Total yield, dry weight	5.55 E5 g	
15	Total yield, energy	1.12 E10 J	
16	Emergy per mass	2.43 E10 sej/g	
17	Transformity	1.20 E6 sej/J	
18	Empower density	1.35 E16 sej/ha/yr	

Acronyms are identified in Table 1.

Items with the same sources, transformities and assumptions as tables 1-3 are not repeated here.

2. Green beans evapotranspiration = 2.29 E10 J/acre/yr (ASFIRS estimate, Smajstrla, 1990).

3. Erosion rate estimated at 850 g/m²/yr (estimated from Pimentel et al., 1995; Moore and Wilson, 1992; Griffin et al., 1988).

12. Services for green beans include cost of harvest equipment, land and management divided over estimated life of operation. Transformity is the emergy/\$ ratio for year of study: 1990, 1.55 E12 sej/\$ (Odum, 1996).

14. Yield from FAECM data (Fluck, 1992) given as bushels. 30 lbs/bu (William, 1984). 89% water (Paul and Southgate, 1978).

15. 36% protein at 24 KJ/g, 3% fat at 39 KJ/g, and 61% carbohydrates at 17 KJ/gram (Paul and Southgate, 1978).

Emergy Evaluation of Cabbage, per ha per year

Note	Item	Inputs ha ⁻¹ yr ⁻¹	Solar Emergy E13 sej/ha/yr
1	Sun	6.35 E13 J	6
2	Evapotranspiration	6.30 E10 J	163
3	Net topsoil loss	7.69 E9 J	95
4	Fuel	1.74 E10 J	193
5	Electricity	1.36 E9 J	37
6	Potash	1.86 E5 g K	34
7	Lime	5.65 E5 g	95
8	Pesticides	6.60 E3 g	17
9	Phosphate	4.60 E4 g P	170
10	Nitrogen	4.75 E4 g N	192
11	Labor	2.05 E8 J	91
12	Services	4.43 E2 \$	<u>121</u>
13	Total emergy	-----	1,209
14	Total yield, dry weight	2.31 E6 g	
15	Total yield, energy	4.47 E10 J	
16	Emergy per mass	5.23 E9 sej/g	
17	Transformity	2.71 E5 sej/J	
18	Empower density	1.21 E16 sej/ha/yr	

Acronyms are identified in Table 1.

Items with the same sources, transformities and assumptions as tables 1-3 are not repeated here.

2. Cabbage evapotranspiration = 2.55 E10 J/acre/yr (ASFIRS estimate, Smajstrla, 1990).

3. Erosion rate estimated at 850 g/m²/yr (Pimentel et al., 1995; Moore and Wilson, 1992; Griffin et al., 1988)

12. Services for cabbage include cost of transplants, land, and maintenance divided over estimated life of operation. Transformity is the emergy/\$ ratio for year of study: 1989, 1.63 E12 sej/\$ (Odum, 1996).

14. Yield from FAECM data (Fluck, 1992) given as # crates. 50 lb/crate (William, 1984). 90.3% water (Paul and Southgate, 1978)

15. 33% protein at 24 KJ/g, 0% fat at 39 KJ/g, and 67% carbohydrates at 17 KJ/gram (Paul and Southgate, 1978).

Energy Evaluation of Tomatoes, per ha per year

Note	Item	Inputs ha ⁻¹ yr ⁻¹	Solar Emery E13 sej/ha/yr
1	Sun	6.35 E13 J	6
2	Evapotranspiration	6.02 E10 J	156
3	Net topsoil loss	6.33 E7 J	1
4	Fuel	7.37 E10 J	817
5	Electricity	0 J	0
6	Potash	1.39 E5 g K	26
7	Lime	3.29 E6 g	553
8	Pesticides	1.59 E5 g	401
9	Phosphate	4.60 E4 g P	170
10	Nitrogen	4.75 E4 g N	192
11	Labor	8.56 E8 J	381
12	Services	4.38 E3 \$	<u>1199</u>
13	Total emery	-----	4,202
14	Total yield, dry weight	2.43 E6 g	
15	Total yield, energy	4.54 E10 J	
16	Emery per mass	1.60 E10 sej/g	
17	Transformity	8.57 E5 sej/J	
18	Empower density	3.90 E16 sej/ha/yr	

Acronyms are identified in Table 1.

Items with the same sources, transformities and assumptions as tables 1-3 are not repeated here.

2. Tomato evapotranspiration = 2.44 E10 J/acre/yr (ASFIRS estimate, Smajstrla, 1990).

3. Erosion rate estimated at 7 g/m²/yr (Pimentel et al., 1995) for protected soils.

12. Services for tomatoes include cost of stakes, plastic, land, buildings and management divided over estimated life of use. Transformity is the emery/\$ ratio for year of study: 1990, 1.55 E12 sej/\$ (Odum, 1996).

14. Yield from FAECM data (Fluck, 1992). 93.4% water (Paul and Southgate, 1978)

15. 24% protein at 24 KJ/g, 0% fat at 39 KJ/g, and 76% carbohydrates at 17 KJ/gram (Paul and Southgate, 1978).

Para realizar as comparações entre a contabilidade ambiental dos alimentos e o broto de bambu, a transformidade da mão de obra foi admitida sendo australiana (calculada no anexo D). Em consequencia dessa alteração, novos índices de emergia foram considerados, como segue abaixo:

Batata

$R = 1,49E+15$ sej/ha ano

$N = 9,50E+14$ sej/ha ano

$F = 9,58E+15$ sej/ha ano

Feijão Verde

$R = 1,46E+15$ sej/ha ano

$N = 9,50E+14$ sej/ha ano

$F = 6,47E+15$ sej/ha ano

Repolho

$R = 1,63E+15$ sej/ha ano

$N = 9,50E+14$ sej/ha ano

$F = 1,00E+16$ sej/ha ano

Tomate

$R = 1,56E+15$ sej/ha ano

$N = 9,50E+14$ sej/ha ano

$F = 3,26E+16$ sej/ha ano

ANEXO U

Memorial de cálculos do cultivo de pinus

Nota 1: Energia Solar

Energia solar = (insolação média)x(1-albedo) (Brown, 2001)

Insolação média = $6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano; Local de referência: Estado de São Paulo – Brasil (CRESESB - Atlas Solarimétrico do Brasil).

Albedo ou reflexão de florestas tropicais = 0,07 a 0,15. (Bice, 2001)

Albedo = 0,11 (Admitindo o valor médio do albedo).

Energia solar = $(6,21 \times 10^{13}$ J/ha ano) x (1- 0,11) =

= $5,53 \times 10^{13}$ J/ha ano

Nota 2: Energia Cinética do Vento

Energia cinética do vento/ha = (área)x(densidade do ar)x(coeficiente de arrasto)x
x (velocidade média)³]/ha (Brown, 2001)

Área = 1×10^4 m²

Densidade do ar = 1,30 kg/m³

Coeficiente de arrasto = 1×10^{-3} (Brown, 2001)

Velocidade média = 6,0 m/s (ANEEL - Energia eólica)

Energia cinética do vento = $[(1 \times 10^4 \text{m}^2) \times (1,30 \text{ kg/m}^3) \times (1 \times 10^{-3}) \times (6,0 \text{m/s})^3 \times$

$\times (3,14 \times 10^7 \text{ s/ano})] / 1 \text{ha} =$

= $2,45 \times 10^9$ J/ha ano

Nota 3: Energia Geopotencial da Chuva

Energia geopotencial da chuva = (elevação média)x(coeficiente de escoamento superficial)x(aceleração da gravidade) (Odum, 1996)

Elevação média = 600 m (Prefeitura Municipal de Bauru)

Coeficiente de escoamento superficial = 130 m³/ha ano; Adotou-se 1% da precipitação.

Energia geopotencial da chuva = (600 m)x(130 m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(9,8 m/s²) =

= 7,64x10⁸ J/ha ano

Nota 4: Energia Química da Chuva

Energia química da chuva = (precipitação)x(energia livre de Gibbs da água da chuva) (Odum, 1996)

Precipitação = 13x10³ m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Energia livre de Gibbs da água da chuva = 4940 J/kg (Odum, 1996)

Energia química da chuva = (13x10³ m³/ha ano)x(1x10³ kg/m³)x(4940 J/kg) =

= 6,42x10¹⁰ J/ha ano

Nota 5 : Calor Geotérmico

Adotou –se o calor geotérmico típico de áreas estáveis =**1x10¹⁰ J/ha ano** (Odum, 1996)

Nota 6: Uso do Solo

Uso do solo = (taxa de erosão)x(matéria orgânica no solo)

Taxa de erosão considerada = 20 g/m²/ano (Dissmeyer, 1981 no Folio 3)

Taxa de erosão considerada = (20 g/m²/ano)x (10⁴ m²/ha) = 2,0x10⁵ g/ha/ano

Matéria orgânica no solo = 0,05; Admite-se o solo fértil.

Uso do solo = (2,0x10⁵ g/ha/ano)x(0,05)x(5,4 kcal/g)x(4186 J/kcal) =

$$= 2,26 \times 10^8 \text{ J/ha ano}$$

Nota 7: Mudas

Número de mudas/ha = 1667 (Embrapa)

Depreciação de 25 anos, pois é tempo de vida útil do sistema

Número de mudas/ha = $1667/25 =$

$$= 67 \text{ mudas/ha ano}$$

Nota 8: Formicida

Formicida empregado : $2 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$

Depreciação em 25 ano = 80 g

Nota 9: Fosfato

Fosfato empregado na plantação = 1910 g/ha ano (Prichett, 1981 no Fólio 3)

Nota 10: Maquinário Agrícola – Preparo do solo.

Arado:

Foi adotado o arado do fabricante Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas S/A, modelo AAH.

Massa do arado = $290 \times 10^3 \text{ g}$; Dados do fabricante.

Horas trabalhadas na preparação do solo = 2 h/ha ano (Embrapa)

Vida útil = $2,5 \times 10^3 \text{ h}$ (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do arado = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (290 \times 10^3 \text{ g}) \times (2 \text{ h/ha ano} / 2,5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= 232 \text{ g /ha ano}$$

Grade:

Admitiu-se a grade do fabricante Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas S/A, modelo GN de 36 discos.

Massa da grade = 750×10^3 g; Dados do fabricante.

Horas trabalhadas na preparação do solo = 1 h/ha ano (Embrapa)

Vida útil = $2,5 \times 10^3$ h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada da grade:

Massa de aço depreciada da grade = massa de aço x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (750 \times 10^3 \text{ g}) \times (1 \text{ h/ha ano} / 2,5 \times 10^3 \text{ h}) =$$

$$= \mathbf{300 \text{ g/ha ano}}$$

Trator:

Adotou – se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico. (Ulgiati, 2003)

$$\text{Massa de aço} = (0,80 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 3,2 \times 10^6 \text{ g}$$

$$\text{Massa de plástico} = (0,20 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 8 \times 10^5 \text{ g}$$

Preparação do solo = 4 h/ha ano (Embrapa)

Vida útil do trator = 1×10^4 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator

Massa de aço depreciada do trator = (massa de aço) x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$= (3,2 \times 10^6 \text{ g}) \times (4 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$$

$$= \mathbf{1,3 \times 10^3 \text{ g/ha ano}}$$

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = massa de plástico x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$$=(8 \times 10^5 \text{ g}) \times (1 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$$

$$= 80 \text{ g/ha ano}$$

Massa de aço total depreciada:

Massa de aço total depreciada = (massa de aço depreciada do arado)+ (massa de aço depreciada da grade) + (massa de aço depreciada do trator) =

$$= (232 \text{ g/ha ano} + 300 \text{ g/ha ano} + 1,3 \times 10^3 \text{ g/ha ano}) =$$

$$= 1,8 \times 10^3 \text{ g/ha ano}$$

Nota 11: Diesel

Energia do diesel = (massa de diesel)x(poder calorífero do diesel)

Volume de diesel = (horas de trabalho do trator)x(consumo médio)

Horas de trabalho do trator = 4 h/ha ano (Embrapa)

Consumo médio do trator = 10 l/h (Conab)

Volume de diesel = (10 l/h)x (4 h/ha ano)

Volume de diesel = 40 l/ha ano

Massa de diesel = (volume de diesel)x(densidade do diesel) =

Densidade do óleo diesel = 0,852 ton/m³

Massa de diesel = [(0,04 m³/ha ano)x(0,852 ton/m³)] x 1000 = 35 kg /ha ano

Poder calorífero do diesel = 10,4x10³ kcal/kg

Energia do diesel = (10,4x10³ kcal/kg)x(35 kg/ha ano)x(4186 J/kcal) =

$$= 1,5 \times 10^9 \text{ J/ ha ano}$$

Nota 12: Mão de Obra**Relação de atividades e número de homem/dia empregado (Embrapa)**

Combate às formigas: 1 dia

Plantio: 5 dias

Capina manual: 14 dias

Poda: 11 dias

Total de dias depreciado em 25 anos = $31/25 = 1,24$ dia/ha ano

Energia do metabolismo diário humano = $1,26 \times 10^7$ J/dia

Energia humana empregada = $1,6 \times 10^7$ J/ha ano

Nota 13: Biomassa acima da raiz

Biomassa acima da raiz = $9,6 \times 10^6$ ton/ha ano (Gholtz et al, 1991 no Fólio)

Nota 14: Diesel – Colheita

Combustível empregado na colheita de madeira = $4,45 \times 10^9$ J/ha ano
(Anonymous, 1976 no Fólio 3)

Nota 15: Maquinário Agrícola (colheita)

De acordo com a nota 17 (consumo de diesel - colheita), admitiu-se que o diesel empregado na colheita foi consumido pelo trator. Assim, juntamente com a nota 12 (consumo de diesel no cultivo), é possível estabelecer a seguinte relação:

Energia do diesel consumido na colheita = $4,45 \times 10^9$ J/ha ano

Energia do diesel consumido em 4 horas = $1,5 \times 10^9$ J/ha ano

Assim, temos que o trator trabalhou 12 horas/ha ano.

Trator:

Adotou – se o trator do fabricante Massey Ferguson, modelo MF 290;86 hp.

Massa = 4×10^6 g ; Dados do fabricante.

Admite –se o trator sendo, 80% aço e 20% plástico. (Ulgiati, 2003)

Massa de aço = $(0,80 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 3,2 \times 10^6 \text{ g}$

Massa de plástico = $(0,20 \times 4 \times 10^6 \text{ g}) = 8 \times 10^5 \text{ g}$

Horas trabalhadas: 12 horas

Vida útil do trator = 1×10^4 h (Companhia Nacional de Abastecimento)

Massa de aço depreciada do trator

Massa de aço depreciada do trator = (massa de aço) x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$= (3,2 \times 10^6 \text{ g}) \times (12 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$

= 4×10^3 g/ha ano

Massa de plástico depreciada do trator:

Massa de plástico depreciada do trator = massa de plástico x (horas trabalhadas/ vida útil) =

$= (8 \times 10^5 \text{ g}) \times (12 \text{ h/ha ano} / 1 \times 10^4 \text{ h}) =$

= 960 g/ha ano

Nota 16: Mão de obra - Colheita

O fluxo de energia relativo a colheita da colheita da madeira inclui os serviços de gerenciamento, construção e manutenção de estradas e etc.

= $1,57 \times 10^7$ J/ha ano (Anonymous 1976)

*Maiores detalhes do cálculo, no anexo x, onde se encontra a fonte de dados.

Nota 17: Madeira para serraria

Madeira para serraria = $3,6 \times 10^6$ g/ha ano (Sheffield, 1981)

ANEXO V

Tabelas da contabilidade ambiental da implantação do cultivo do bambu voltado a produção de brotos sem irrigação

Tabela 46 – Primeiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	4,04E+13	1,00E+00	4,04	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	13%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	4%
6	Água de irrigação	g	7,00E+09	3,23E+05	226,10	25%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					377,32	42%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
8	Mão de obra	J	6,28E+07	4,18E+06	26,25	3%
9	Energia elétrica (bomba)	J	1,00E+10	1,74E+05	173,68	20%
10	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	1,32E+05	5,85E+09	77,22	9%
11	Bomba	g	8,00E+04	4,10E+09	32,80	4%
12	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	1,40E+04	4,21E+09	5,89	1%
	Fosfato	g	3,30E+03	6,88E+09	2,27	>1%
	Potássio	g	1,40E+04	2,96E+09	4,14	>1%
13	Cálcario	g	9,00E+04	1,00E+09	9,00	1%
14	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	7,50E+03	3,00E+09	2,25	>1%
	Plástico	g	1,20E+03	5,85E+09	0,70	>1%
15	Diesel	J	5,56E+09	6,60E+04	36,70	4%
16	Mão de obra	J	1,76E+08	4,18E+06	73,57	8%
17	Mudas	muda	2,00E+02	3,37E+12	67,45	8%
Sub-total (soma de 8 a 17)					511,93	58%
Energia empregada no cultivo					889,28	100%
18	Biomassa produzida	g	2,18E+07	4,08E-05	889,28	

Tabela 47 – Segundo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,28E+13	1,00E+00	5,28	-
2	Energia cinética do vento	J	2,45E+09	1,50E+03	0,37	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	7,64E+08	1,05E+04	0,80	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	17%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	5%
6	Água de irrigação	g	7,00E+09	3,23E+05	226,10	33%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					377,32	55%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,00E+10	1,74E+05	173,68	25%
9	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	2,70E+04	4,21E+09	11,37	2%
	Fosfato	g	6,80E+03	6,88E+09	4,68	1%
	Potássio	g	2,70E+04	2,96E+09	7,99	1%
10	Cálcario	g	1,80E+05	1,00E+09	18,00	3%
11	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	4%
13	Mão de obra	J	1,63E+08	4,18E+06	68,13	10%
Sub-total (soma de 8 a 13)					312,65	45%
Energia empregada no cultivo					690,00	100%
14	Biomassa produzida	g	5,80E+07	1,19E-05	690,00	

Tabela 48 – Terceiro Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	34%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	46%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
<i>Sistema de Irrigação:</i>						
8	Mão de obra	J	6,28E+07	4,18E+06	26,25	2%
9	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	26%
10	Plástico (irrigadores, válvulas e tubulação)	g	2,32E+05	5,85E+09	135,72	11%
11	<i>Fertilizante:</i>					
	Nitrogênio	g	4,80E+04	4,21E+09	20,21	2%
	Fosfato	g	1,10E+04	6,88E+09	7,57	1%
	Potássio	g	4,80E+04	2,96E+09	14,21	1%
12	Cálcario	g	2,70E+05	1,00E+09	27,00	2%
13	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
14	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
15	Mão de obra	J	1,51E+08	4,18E+06	63,12	5%
Sub-total (soma de 8 a 15)					659,81	51%
Energia empregada no cultivo					1247,11	97%
16	Biomassa produzida	g	1,02E+08	1,22E-05	1247,11	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
17	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
18	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
19	Mão de obra	J	2,52E+07	4,18E+06	10,53	1%
Sub-total (soma de 17,18 e 19)					39,33	3%

Tabela 48 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
Energia empregada no cultivo + colheita					1286,44	100%
Saida (Y₁)						
20	Brotos	g	1,00E+06	1,29E-03	1286,44	

Tabela 49 – Quarto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	10%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	36%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	49%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	28%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	5,50E+04	4,21E+09	23,16	2%
	Fosfato	g	1,40E+04	6,88E+09	9,63	1%
	Potássio	g	5,50E+04	2,96E+09	16,28	1%
10	Cálcario	g	3,60E+05	1,00E+09	36,00	3%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	10%
Sub-total (soma de 8 a 13)					572,02	48%
Energia empregada no cultivo					1159,33	96%
14	Biomassa produzida	g	1,31E+08	8,85E-06	1159,33	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
16	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
17	Mão de obra (colheita de brotos)	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	1%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					44,59	4%
Energia empregada no cultivo + colheita					1203,92	100%
Saida (Y₁)						
18	Brotos	g	2,40E+06	5,02E-04	1203,92	

Tabela 50 – Quinto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	35%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	48%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	27%
9	Fertilizante:				0,00	
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
10	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	4%
11	Maquinário Agrícola:				0,00	
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	10%
Sub-total (soma de 8 a 13)					592,41	48%
Energia empregada no cultivo					1179,71	96%
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,14E-06	1179,71	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
16	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
17	Mão de obra (colheita de brotos)	J	6,30E+07	4,18E+06	26,33	2%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					55,13	4%
Saida (Y₁)						
18	Brotos	g	5,40E+06	2,29E-04	1234,84	
Energia empregada no cultivo + colheita					1234,84	100%

Tabela 51 – Sexto Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	33%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	45%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	26%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
10	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	3%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,45E+09	6,60E+04	29,37	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	9%
Sub-total (soma de 8 a 13)					594,85	46%
Energia empregada no cultivo					1182,15	91%
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,15E-06	1182,15	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
16	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
17	Mão de obra	J	1,13E+08	4,18E+06	47,23	4%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					76,03	6%
Energia empregada na colheita de brotos (cultivo + colheita)					1258,18	
Saida (Y₁)						
18	Brotos	g	9,00E+06	1,40E-04	1258,18	

Tabela 51 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(c) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₃)						
19	<i>Maquinário Agrícola:</i>					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
20	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
21	Mão de obra	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	1%
	Sub-total (soma de 19 a 21)				44,59	3%
	Energia empregada na colheita de colmos (cultivo + colheita)				1226,75	
Saida (Y₂)						
22	Colmos (médio)	colmo	3,00E+02	4,09E+00	1226,75	
	Energia empregada no cultivo + colheitas				1302,77	100%

Tabela 52 – Sétimo Ano

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(a) CULTIVO						
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	5,87E+14	1,00E+00	58,70	-
2	Energia cinética do vento	J	4,24E+10	1,50E+03	6,36	-
3	Energia geopotencial da chuva	J	2,55E+08	1,05E+04	0,27	-
4	Energia química da chuva	J	6,42E+10	1,82E+04	116,84	9%
5	Calor geotérmico	J	1,00E+10	3,44E+04	34,38	3%
6	Água de irrigação	g	1,35E+10	3,23E+05	436,05	33%
Sub-total (soma de 4,5 e 6). Excluídos os itens de 1 a 3 para evitar dupla contagem					587,27	45%
Não-Renováveis (N)						
7	Uso do solo	J	4,52E+06	7,40E+04	0,03	>1%
Sub-total					0,03	>1%
Pagos (F₁)						
8	Energia elétrica (bomba)	J	1,94E+10	1,74E+05	336,94	26%
9	Fertilizante:					
	Nitrogênio	g	6,80E+04	4,21E+09	28,63	2%
	Fosfato	g	1,70E+04	6,88E+09	11,70	1%
	Potássio	g	6,80E+04	2,96E+09	20,13	2%
10	Cálcario	g	4,50E+05	1,00E+09	45,00	3%
11	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
12	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
13	Mão de obra	J	2,90E+08	4,18E+06	121,22	9%
Sub-total (soma de 8 a 13)					592,41	45%
Energia empregada no cultivo					1179,71	
14	Biomassa produzida	g	1,45E+08	8,14E-06	1179,71	
(b) COLHEITA DE BROTOS						
Pagos (F₂)						
15	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
16	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
17	Mão de obra	J	1,26E+08	4,18E+06	52,67	4%
Sub-total (soma de 15, 16 e 17)					81,46	6%
Energia empregada na colheita de brotos (cultivo + colheita)					1261,17	
Saida (Y₁)						
18	Brotos	g	1,00E+07	1,26E-04	1261,17	

Tabela 52 - Continuação

Item	Descrição	Unid.	Valor / (unid./ ha ano)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia / (sej/ha ano) (10 ¹³)	% / (sej/sej)
(c) COLHEITA DE COLMOS						
Pagos (F₃)						
19	Maquinário Agrícola:					
	Aço	g	4,50E+03	3,00E+09	1,35	>1%
	Plástico	g	8,80E+02	5,85E+09	0,51	>1%
20	Diesel	J	4,08E+09	6,60E+04	26,93	2%
21	Mão de obra	J	3,78E+07	4,18E+06	15,80	1%
	Sub-total (soma de 19 a 21)				44,59	3%
Energia empregada na colheita de colmos (cultivo + colheita)					1224,30	
Saida (Y₂)						
22	Colmos (grande)	colmo	3,00E+02	4,08E+00	1224,30	
Energia empregada no cultivo + colheitas					1305,76	100%

ANEXO X

Água de Irrigação Utilizada no Cultivo do Bambu

Planta Jovem (até 3º ano)

Água de irrigação utilizada = (água necessária) – (precipitação)

Água necessária (planta jovem até 3 anos) = 2×10^4 m³/ha ano (irrigação + precipitação) (Kleinhenz e Midmore, 2000).

Precipitação = 13×10^3 m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Água de irrigação utilizada = (2×10^4 m³/ha ano) – (13×10^3 m³/ha ano) =
= 7×10^3 m³/ha ano

Planta adulta (3º ano em diante)

Água de irrigação utilizada = (água necessária média) – (precipitação)

Água necessária durante o período de brotação (6 meses) = $3,30 \times 10^4$ m³/ha ano (Kleinhenz e Midmore, 2000)

Água necessária fora do período de brotação (6 meses) = 2×10^4 m³/ha ano (Kleinhenz e Midmore, 2000)

Água necessária média (planta adulta) = [($3,30 \times 10^4$ m³/ha ano) + (2×10^4 m³/ha ano)]/2 =

= $26,5 \times 10^3$ m³/ha ano

Precipitação = 13×10^3 m³/ha ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Água de irrigação utilizada = ($26,5 \times 10^3$ m³/ha ano) – (13×10^3 m³/ha ano) =
= $13,5 \times 10^3$ m³/ha ano

ANEXO Z

Contabilidade ambiental em emergia da muda de bambu

1. Algumas Considerações

A propagação vegetativa é a mais indicada para o bambu gigante, *Dendrocalamus Giganteus* ou *Dendrocalamus Asper* (Koshy e GopaKumar 2005). Consiste em cortar um ramo do colmo do bambu com aproximadamente 30 cm de comprimento, enterrá-lo em saco plástico contendo uma mistura de terra e adubo orgânico.

As mudas devem estar protegidas do sol a uma taxa de aproximadamente 60%.

As operações se resumem em manter a umidade das mudas e realizar inspeções visuais, afinal, o bambu apresenta poucos problemas relacionados a pestes e pragas.

O tempo médio de permanência no viveiro são de 6 meses (Banik, 1995).

2. Diagrama Agregado de Energia

A figura 38 mostra o diagrama de energia referente à produção de mudas de bambu em viveiros.

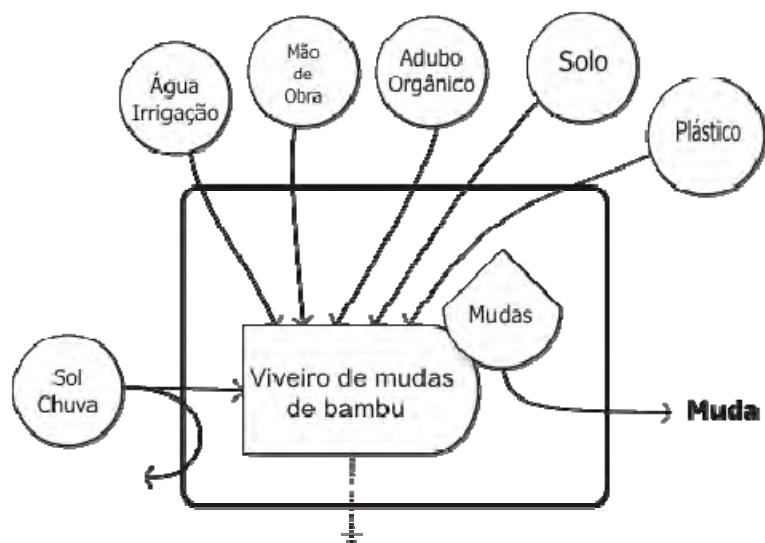


Figura 38 - Diagrama agregado de energia referente à produção de mudas de bambu em viveiros.

3. Tabela dos Recursos Utilizados na Produção da Muda de Bambu

Tabela 14: Recursos empregados na produção da muda de bambu.

Item	Descrição	Unid.	Valor/ (unid./muda)	Energia/unid./ (sej/unid.)	Energia/ (sej/muda) (10 ¹⁰)	%/ (sej/sej)
Renováveis (R)						
1	Energia solar	J	2,64E+08	1,00E+00	0,03	
2	Energia química da chuva	J	6,42E+04	1,82E+04	0,12	>1%
3	Água de irrigação	g	7,00E+03	3,23E+05	0,23	>1%
Sub-total (soma de 2 e 3)					0,34	>1%
Não Renováveis (N)						
4	Solo	g	1,55E+03	2,00E+09	310,00	92%
Sub-total (item 4)					310,00	92%
Pagos (F)						
5	Mão de obra	J	4,37E+04	4,18E+06	18,27	5%
6	Plástico	g	5,00E+00	5,85E+09	2,93	1%
7	Adubo orgânico	g	4,50E+02	1,27E+08	5,72	2%
Sub-total (soma de 5,6 e 7)					26,91	8%
Energia por muda					337,25	100%

*Memorial de cálculos abaixo

4. Memorial de Cálculo dos Recursos Utilizados pela Muda de Bambu

Nota 1: Energia Solar

Energia solar =(área ocupada pela muda)x(insolação média)x(1-albedo)

Admite –se a área ocupada pela muda = área do saco de muda

Área do saco da muda = 3,14 x (raio do saco de muda)²

Raio do saco de muda = 0,075 m

Área do saco da muda = 3,14 x (0,075m)² = 0,02 m²

Tempo de permanência da muda no viveiro = 6 meses (Banik, 1995)

Insolação média (em 6 meses) = 3,30x10¹⁰ J/m² ; Localidade de referência: Brisbane, Queensland (Simpson et al. , 2002).

Taxa proteção da muda contra a luz solar direta (albedo) = 0,6 (Banik, 1995)

Energia solar = (0,02 m²/muda)x(3,30x10¹⁰ J/m²)x(1- 0,6) =
= 2,64x10⁸ J/muda

Nota 2: Energia Química da Chuva

Energia química da chuva = (precipitação aproveitada pela muda)x(energia livre de Gibbs da água da chuva)

Considerou –se a área ocupada pela muda = área do saco de muda

Área do saco da muda = 3,14 x (raio do saco de muda)² =

Raio do saco de muda = 0,075 m

Área do saco da muda = 3,14 x (0,075m)² = 0,02 m²

Tempo de permanência da muda no viveiro = 6 meses (Banik, 1995)

Precipitação local anual = 1300 mm/ano (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Precipitação local em 6 meses = $6,5 \times 10^2$ mm = $6,5 \times 10^2$ L/m²

Precipitação aproveitada pela muda = (precipitação local)x(área do saco da muda)=

$$= (6,5 \times 10^2 \text{ L/m}^2) \times (0,02 \text{ m}^2/\text{muda}) =$$

$$= 13 \text{ L/muda ano} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{muda}$$

Energia livre de Gibbs da água da chuva = 4940 J/kg (Odum, 1996)

Energia química da chuva = $(1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{muda}) \times (1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) \times (4940 \text{ J/kg}) =$

$$= \mathbf{6,42 \times 10^4 \text{ J/muda}}$$

Nota 3: Água de irrigação utilizada pela muda

Água de irrigação utilizada pela muda de bambu = (água necessária - precipitação) x (área ocupada pela muda)

Tempo médio de permanência das mudas no viveiro = 6 meses (Banik, 1995)

Água necessária (plantas jovens) = 2000 mm/ano (precipitação + irrigação) (Kleinhenz e Midmore, 2000).

Água necessária em 6 meses = 1000mm ou 1000 L/m² (precipitação + irrigação)

Precipitação local = 1300 mm (INMET - Instituto Nacional de Meteorologia)

Precipitação local em 6 meses = $6,5 \times 10^2$ mm = $6,5 \times 10^2$ L/m²

Área ocupada pela muda = $3,14 \times (\text{raio do saco de muda})^2$

Adotou-se a medida do raio do saco de muda = 0,075 m (Banik, 1995)

Área ocupada pela muda = $3,14 \times (0,075 \text{ m})^2 = 0,02 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Água de irrigação utilizada pela muda} &= [(1000 \text{ L/m}^2 \text{ /muda} - 6,5 \times 10^2 \text{ L/m}^2) \times \\ &\times (0,02 \text{ m}^2) \times (1 \times 10^6 \text{ g/m}^3)] / (1 \times 10^3 \text{ L/m}^3) = \\ &= \mathbf{7,0 \times 10^3 \text{ g/ muda}} \end{aligned}$$

Nota 4: Solo

Massa de solo = (massa total do saco) – massa de adubo

Admite – se a massa de solo + adubo = $2 \times 10^3 \text{ g/muda}$

Massa de adubo orgânico por muda = 450 g/muda; Calculado na nota 5.

$$\begin{aligned} \text{Massa de solo argiloso} &= (2 \times 10^3 \text{ g/muda}) - (450 \text{ g/muda}) = \\ &= \mathbf{1,55 \times 10^3 \text{ g/muda}} \end{aligned}$$

Nota 5: Mão de Obra

Energia = (tempo de trabalho) x (energia do metabolismo humano)

Admite-se 5 minutos/ muda; A preparação da muda consiste na separação do ramo e plantio da muda no saco plástico.

Energia do metabolismo diário = $1,26 \times 10^7 \text{ J/dia} = 8750 \text{ J/minuto}$

$$\begin{aligned} \text{Energia} &= (5 \text{ minutos/muda}) \times (8750 \text{ J/minuto}) = \\ &= \mathbf{4,37 \times 10^4 \text{ J/muda}} \end{aligned}$$

Nota 6: Plástico (saco de muda)

Massa do saco plástico = 5 g/saco de muda; Foi considerada a massa média dos sacos de muda encontrados no mercado.

Notas 7: Adubo Orgânico

Adubo orgânico = 15% do volume do saco de muda. (Cusack, 1997)

Admite – se a massa de solo + adubo orgânico = 3×10^3 g/muda

Massa de adubo orgânico por muda = $(3 \times 10^3 \text{ g/muda}) \times (0,15) =$

= 450 g/muda

ANEXO A1

Horas Trabalhadas do Trator e Diesel Consumido

Nesse trabalho adotou-se o trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 290 de 86 hp. O consumo do trator está de acordo com o coeficiente técnico para custo horário de máquinas da Companhia Nacional de Abastecimento.

Consumo do trator = 10 l/h (Companhia Nacional de Abastecimento) Preço/L de diesel = R\$ 2,00; Preço de varejo no Brasil (11/2005)

Cálculo do custo/hora

Custo/h = (preço do diesel) x (consumo)

Custo/h = (R\$ 2,00/l) x (10 l/h) = R\$ 21,00/hora

O custo /h em R\$ 21,00 convertidos em Dólar Australiano = AUD 13,10;
Conversão em 11/2005.

Com base nas despesas, foram obtidos as horas trabalhadas do trator, e conseqüentemente o diesel consumido, conforme os dados da tabela 6.

Tabela 17: Horas trabalhadas e diesel consumido pelo trator de acordo com as despesas do inventário (Midmore,1998).

Ano	Horas trabalhadas no Cultivo (h/ha ano)	Horas trabalhadas na Colheita de Brotos (h/ha ano)	Horas trabalhadas na Colheita de Colmos (h/ha ano)	Consumo de Diesel no Cultivo (l/ha ano)	Consumo de Diesel na Colheita de Brotos (l/ha ano)	Consumo de Diesel na Colheita de Colmos (l/ha ano)
Prep.						
Solo	4	-	-	40	-	-
1	11	-	-	120	-	-
2	11		-	120	-	-
3	11	4	-	120	30	-
4	11	4		120	30	-
5	11	4		120	30	-
6 em diante	11	4	4	120	55	55
Estacionário no manejo de colmos	11	-	32	120		320

ANEXO B1

Agricultural systems studied by the emergetic ternary diagram: Influence of the culture type and the environmental analyst's criteria.

R. L. Guarnetti, S. H. Bonilla, C. M. V. B. Almeida, B. F. Giannetti*

LaFTA, Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,

Universidade Paulista

R. Dr. Bacelar, 1212, Cep 04026-002, São Paulo, Brazil.

*Corresponding author. biafgian@unip.br

Abstract

Agricultural systems operate in the interface between environment and human economy, combining the use of natural and purchased resources in food production. With the aid of emergy methodology and the ternary diagram, data of agricultural systems taken from literature are organized in order to evidence the influence of the type of culture and of the analyser criteria on the location of the points within the ternary diagram. All the points determine a qualitatively well-defined region, less or more extended according the case. Moreover, no points were localized in other regions different from that observed in the diagram. Emergy accounting is presented as a method able to environmentally characterise production systems in a robust way, even with variations in analysts' criteria or data nature. The ternary diagram appears as an interesting graphical tool both for scientists and for decision makers.

Keywords:

Emergy, agricultural systems, environmental accounting, ternary diagram.

1 INTRODUCTION

Agricultural systems operate in the interface between environment and human economy, combining the use of natural and purchased resources in food production. The analysis of these systems results in an extended inventory that can account for the multiple contributions, either from environment or economy.

Emergetic accounting [1], considers all the involved system inputs in a common basis, represents a promissory tool to evaluate natural and economic resources. Three categories of resources can be recognized when evaluating a system: renewable (R) and nonrenewable (N) inputs from within, and inputs imported from outside the system (F). All of them are of fundamental importance in order to understand the interactions between systems and environment. In this way, several authors employed emergy accounting to evaluate and compare agricultural systems [2-10].

In a recent paper [11], ternary diagrams were proposed as a graphical tool to assist emergy evaluation. The graphical representation of the emergy data makes it possible to compare processes and systems with and without ecosystem services, to evaluate improvements and to follow the system performance over time.

The definition in the diagram of different regions of domain according the nature of the systems under study, perceived during the using of the ternary diagrams [12]. Thus, it is expected to find a specific region when agricultural systems were localized in the diagram, and complementarily, regions where the probability of laying within was very low. However, variations can occur as a consequence of different evaluation approaches or analyst considerations, even for the study of a same kind of crop. In this way, the work explores the influence of the type of agricultural systems (type of crop, management, geographical region) and the considerations taken into account by the analyst on the delimitation of the domain region into the diagram. The results are compared and discussed.

2 METHOD

Emergy flows

Emergy accounting methodology [1] was developed over the last three decades as a tool for environmental policy and to evaluate quality of resources in the dynamics of complex systems. A complete assessment of the methodology cannot be provided here, but for which the reader may like to refer to publish reports [1,13].

Briefly, emergy is defined as the sum of all inputs of energy directly or indirectly required by a process to provide a given product when the inputs are expressed in the same form (or type) of energy, usually solar energy.

The emergy flows represent three categories of resources: R as renewable resources, N as non-renewable resources and the inputs from the economy, F.

All the three categories are fundamental for the emergy accounting and for the understanding of the system interactions with the environment. The R and N flows are provided by the environment and are economically free. While the renewable resources can be replaced at least at the same rate as they are consumed, the non-renewable resources are depleted faster than their ability of recuperation. The economic inputs, F, are

provided by the market and are related to fluxes that are accounted for by the economy. The outputs, Y, may include products, services and also emissions that are released to the environment.

Ternary diagram

Emergetic ternary diagrams [11] allow a transparent representation of the results and can act as an interface between energy researchers and decision makers. The graphic tool produces a triangular plot of three variables with constant sum [11]. The emergetic ternary diagram has three components, R, N and F. These fluxes are represented by an equilateral triangle; each corner represents a flux, and each side a binary system. Points within the triangle represent ternary combinations. In this way, the relative proportions of the elements are represented by the lengths of the perpendicular lines from the given point to the side of the triangle opposite to the considered element. Hence, the “composition” of any point plotted on a ternary diagram can be determined by reading from zero along the basal line (axis) at the bottom of the diagram to 100% at the vertex of the triangle.

Among the tools that the diagram offers, only those employed in the present work will be presented.

Resource flow lines: Ternary combinations are represented by points within the triangle, the relative proportions of the elements are given by the lengths of the perpendicular lines from the given point to the side of the triangle opposite the considered element. These lines are parallel to the triangle sides and are very useful for comparison of the use of resources by products or processes (Fig 1).

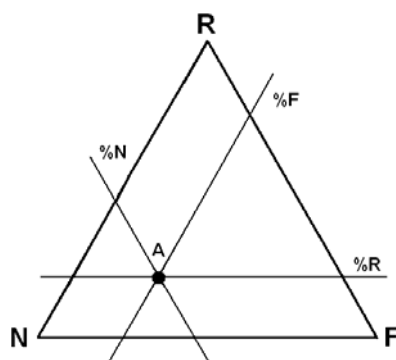


Figure 1. Representation of a general A system with the relative proportions of R, N and F fluxes. The sum of R, N and F represents 100 %.

Lines related to equi-values of environmental indices: These lines enable the immediate verification of the emergetic indices EYR, ELR, EIR and SI (already defined in [1,13]) as every point that lies along the line present the same value (Fig.2).

The energy yield ratio, EYR, is the ratio of the energy of the output (Y), divided by the energy of those purchased inputs (F). The investment ratio, EIR, is the ratio of purchased inputs (F) to all energy fluxes derived from local sources. The index of environmental loading, ELR, is the ratio of non-renewable to renewable energy flows. The sustainability index, SI or EIS aggregates the measure of yield and environmental loading indices ($SI = EYS/ELR$).

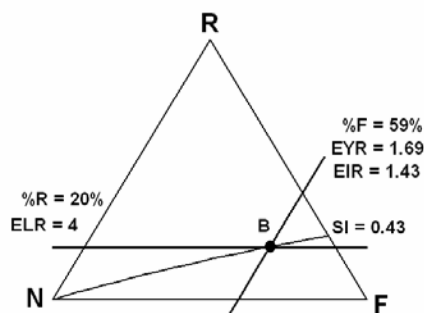


Figure 2. Representation of a general B system with the lines related to equi-values of the sustainability indices

With the aid of the tools presented, the data of agricultural systems taken from the literature is organized in order to evidence the influence of the type of culture and of the analyser criteria on the location of the point within the ternary diagram.

“Uncertainty analysis” was performed in order to determine how finite changes in some inputs of interest (chosen according to the case), influences point localization within the diagram.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Data concerning a selected group of agricultural systems was taken from the literature in order to establish comparisons among the behaviour of the related points position within the ternary diagram. To carry on the study in a systematic way, data analysis was organized as followed: *a)* data from the same culture species but quantified by different authors or subjected to different considerations among them; *b)* data from different cultures but quantified by the same authors or under the same conditions, and *c)* data related to the same culture and presented by the same authors.

a) Two groups of agricultural systems were selected to perform the first type of analysis: corn [2-7] and sugarcane [2,8].

Even derived from the same type of species, data corresponding to corn carry divergences in management, geographical regions, quality, etc, among the cultures. To advance the weight of this variation on the results is not easy, so the complete data set was analyzed and placed into the diagram. An “*a priori*” recognizable different culture management, the organic corn [6], was included in the analysis. It would act as a “labeled” culture to qualitatively investigate the weight of including a different consideration in a same group to be evaluated. In this way, the ability of the diagram to evidence intrinsic differences in a same species culture was also tested.

Data is shown in figure 3. Also the lines of indices equi-values that limit the region of domain (in gray in the figure) of the majority of the points are depicted.

Two of the points lay far from the rest of the points, and were unconsidered to establish the region. Point number 2 corresponds to organic corn [6] and probably differences accounting management or origin of the crop can account for the considerable distance from the more concentrated region. The other discarded point, number 3 [4], responds to a high proportion of purchased region when compared to the points within the

domain. In this case, all the water for irrigation flux was considered as an F input [4], representing 49 % of the total input fluxes.

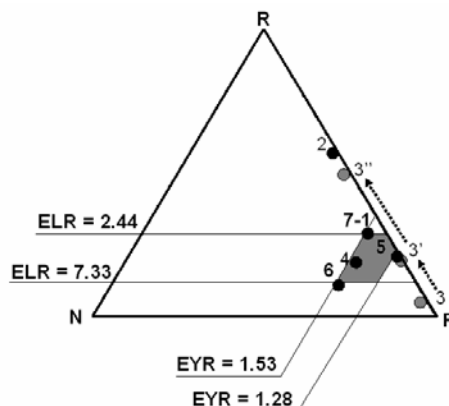


Figure 3. Ternary diagram representing corn plantation systems: from Chianti (1), organic culture (2), from Kansas (3), from USA (4), from Italy 2 (5), from Florida (6), and from Tuscany (7) and. Points 3' and 3'' were generated from point 3 through calculations cited in the text.

As it was observed in the figure, almost all the points are grouped in a well-defined domain. Work related to points 4, 6 and 7 [5, 2, 3, respectively] do not include irrigation water in the input fluxes, contrarily to points 3 [4] and 5 [6].

An “uncertainty analysis” was performed in order to evaluate the weight of analysts’ assignment for fluxes category. The water for irrigation input for point 3 was considered [4] as 100 % (seJ/seJ) of F, differently from point 5, considered as 50% of R and 50 % F (in emergy) [6]. If the same considerations established to calculate the irrigation water in point 5 analysis, were applied to point 3, the generation of a new point (namely 3') was observed. This difference accounts for the shift SI values from 0.05 to 0.2. The same procedure was applied but in this case, irrigation was considered as being 100 % (in emergy) a renewable resource. Analogously, an important shift of the generated point, 3'' was observed, with a consequent new value of SI, SI = 2.1.

The group of data purchased from sugarcane-related works [2,8] was represented in the ternary diagram as shown in Fig. 4.

Four points were considered and the domain excluded one of them. Information related to point 1 [8] confirms that a great value of loss of topsoil was considered (represents 63 % of the total inputs), rather more that ten times higher than that related to point 4 [2], for example.

The same procedure of a “uncertainty analysis” was applied to point 1 in order to evaluate the influence of the unexpectedly great input “loss of topsoil”. The value imposed to perform the analysis was not arbitrary, but comparable to that of point 1.

If the value of loss of topsoil of point 4 were considered for point 1, point 1' will be generated. That great decreasing in N inputs resulted in the inclusion of the new point into the domain region formed by the other points.

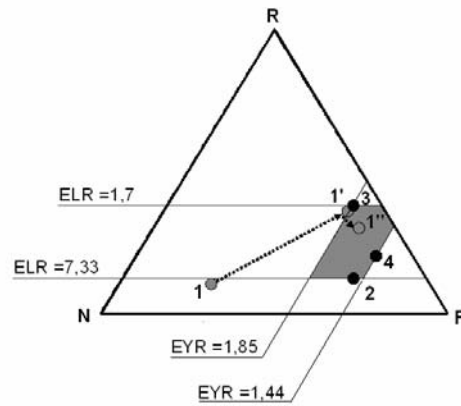


Figure 4. Ternary diagram representing sugarcane plantation systems: from Florida (Everglades) (1), Brazil (2), from Louisiana (3), and from Florida (4). Points 1' and 1'' were generated from point 1 through calculations explained in the text.

Authors [8] considered water for irrigation of point 1, as a mixed 50 % of R and 50 % F (in emergy) input. If the criterion was modified, and the latter input was considered as 100 % F, point 1'' is generated from 1'.

b) To evidence the influence of the culture nature on the region defined in the diagram, cases presented in [2] were presented and studied. Cases data were all treated by the same authors, so differences in the criteria among data is not expected to occur.

Points were placed within the ternary diagram, as shown in Fig. 5.

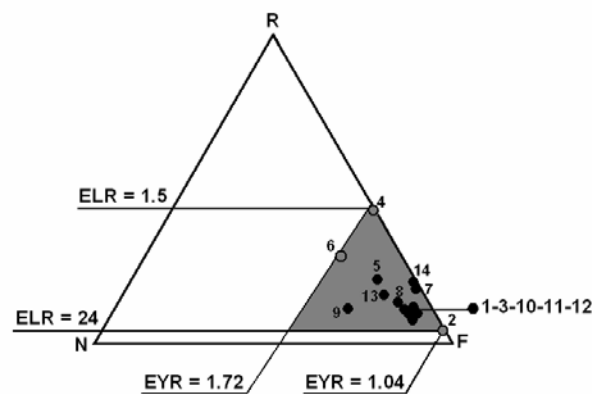


Figure 5. Ternary diagram representing various plantation systems: potatoes (1), tomatoes (2), watermelon (3), soybeans (4), sugarcane (5), oats (6), oranges (7), cabbage (8), sweet corn (9), cucumber (10), green beans (11), lettuce (12), peanuts (13), and pecans (14).

The region depicted in the figure is more extended than those representing a unique culture. The intrinsic characteristics of each culture are evidenced since criteria used to treat data are normalized [2].

The limits of the region correspond to tomato and soybean cultures. Tomato case considered more services and labor due to the requirements of the culture. These inputs represented 30 % of the total energy value, and were considered as 96 % of F and 4 % of R [2].

Oppositely, soybean culture services input account only for the 10 % of the total energy (assigned as 40 % of R and 60 % of F).

Differences due to culture nature (namely requirements and needs to grow) and in this case, also to differences in input category assignment, account for the wide interval of SI values, from 0.05 (tomatoes case) to 1.1 (soybeans case).

It is interesting to note that differences in category assignment of the inputs can reflect differences in local and regional characteristic.

c) Three high quality vineyard cases [7] were chosen to establish the weigh of avoiding divergences in culture nature and in analysts' criteria. All the vineyard culture data come from the same Italian region, so divergences arising from climate or geography are avoided.

As a consequence of the variable restriction previously commented, the region that comprises the points is the smallest among all those observed in the work (Fig. 6).

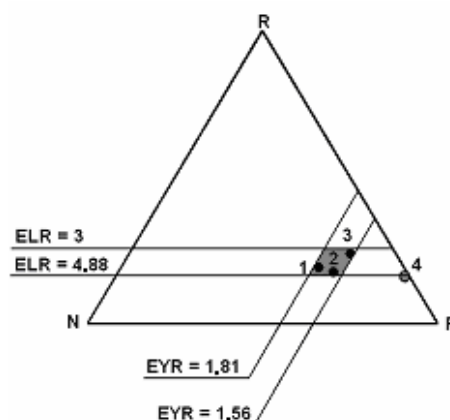


Figure 6. Ternary diagram representing vineyard cultures: Chianti case (1), Brunello di Montalcino (2), Nobile di Montepulciano (3), and Italian average (4).

It is interesting to note that the point obtained from Italian vineyard average [9] do not lay within the delimited region.

This behaviour was expected to occur after the detailed discussion here presented, as the ternary diagram seems to be a useful tool to evidence any type of divergences among data.

In this way, divergences may arise from differences in year production, but it is not probable since other more important differences are involved. Data related to Italian vineyard was extracted from calculation taken into account average values (of rain, loss of topsoil, labour, etc) and neither represent an specific type of vineyard, quality of vineyard, geographical area nor reflect any specific climate condition, but a tendency of the whole Italy. Oppositely, Tuscany vineyard represents a real situation and any comparison with the Italian vineyard culture has to be carefully made.

4 CONCLUSIONS

Two types of conclusions can be drawn from the work. Firstly, all the points determine a qualitatively well-defined region (less or more extended according to the case) despite the differences in the analysed variables. Moreover, no points were depicted in other regions different from the observed in the text. The more distant points correspond to well-specified cases out of the average: organic culture or land with high tendency to erosion.

The other kind of conclusions is related to methodology and the use of the ternary diagram. The results and discussion enable to affirm that the emergy accounting is a self-consistent method. It is presented as a method able to environmentally characterise production systems in a robust way, even with variations in analysts' criteria or data nature. The ternary diagram appears as an interesting graphical tool also for scientists and for decision makers.

On the other way, it is evident the necessity of normalizing criteria related to emergy accounting and thus avoid subjective or non-sustained decisions that impede analysis reproduction or comparison.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

This study had financial support from "Vice-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa" of "Universidade Paulista".

6 REFERENCES

- [1] Odum, H.T., 1996, Environmental Accounting, Emergy and Environmental Decision Making, John Wiley & Sons Ltd.
- [2] Brandt-Williams, S.L., 2002. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No.4 - Emergy of Florida Agriculture. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville. Available in: <http://www.ees.ufl.edu/cep/> Accessed in 2 August 2006.
- [3] Panzieri, M.; Marchettini, N.; Hallam, T.G., 2000. Importance of the *Bradhyrizobium japonicum* symbiosis for the sustainability of a soybean cultivation, Ecological Modeling, vol. 135, pp 301-310.
- [4] Martin, J.F.; Diemont, S.A.W.; Powell, E.; Stanton, M.; Levy-Tacher, S., 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management, Agriculture Ecosystems & Environment, vol 115, pp 128-140.
- [5] Ulgiati, S; Brown M T, 1998. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems, Ecological Modeling, vol. 108, pp 23-36.
- [6] Castellini C.; Bastianoni S.; Granai C.; Dal Bosco A.; Brunetti M., 2006. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems, Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 114, pp 343-350.
- [7] Bastianoni, S.; Marchettini, N.; Panzieri, M.; Tiezzi, E., 2001. Sustainability assessment of a farm in a Chianti area (Italy), J. Cleaner Prod., vol 9, pp 365-373.
- [8] Bastianoni, S., Marchettini, N., 1996. Ethanol production from biomass: analysis of process efficiency and sustainability, Biomass and Bioenergy, vol 11, pp. 411-418.

- [9] Ulgiati, S.; Odum, H.T.; Bastianoni, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability An emergy analysis of Italy, *Ecological Modelling*, vol 73, pp 215-268
- [10] Giannetti, B.F., Barrella, F.A., Almeida, C.M.V.B., 2004. A Combined Tool for Environmental Scientists and Decision Makers: Ternary Diagrams and Emergy Accounting, *J. Cleaner Prod.*, vol , pp. 1-10.
- [11] Almeida C.M.V.B.; Barrella F.A.; Giannetti B.F.,2006. Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making, *Journal of Cleaner Production*, in press, available on line.
- [12] Brown M.T.; Ulgiati S., 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation, *Ecological Engineering*, vol 9 pp 51-69.