Beneficios Ambientais na Recuperação de Água em um Sistema de Criação de Tilápia, Usando a Contabilidade Ambiental em Emergia

J. L. Pierobom, S. H. Bonilla

Universidade Paulista, São Paulo. jlpedj@yahoo.com.br - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Abstract

The emergy environmental accounting developed by Odum was applied to evaluate the water recovery system used to treat water released from a tilapia production system known as acquaponic. For this purpose, the whole acquaponic system (including the water recovery process by a coupled rhizospheric-hydroponic system) was compared with the same tilapia production system but in the absence of the water recovering system. The present work aims to quantify the emergy environmental benefits when water is treated and recover through the coupled rhizospheric-hydroponic system. Benefits related to renewable inputs (R) were negligible but purchased inputs (F) show an emergy decrease of 29% when water is recovered inside the acquaponic system. Also tilapia transformity shows an improvement of 24 % with water recover. Emergy flow difference resulted from water recovering is $5{,}86 \times 10^{15}$ sej, representing an improvement of global efficiency of 25%. The emergy sustainability índex shows that both systems are within the range of non-sustainability. Even so, water recovering inside the acquaponic systems enables an improvement of 50%.

Palavras-Shave: Contabilidade ambiental; Emergia; Aquacultura; Recuperação de água; Tilápias.

1. Introdução

O aumento da aquacultura mundial em águas doces deve-se principalmente ao aumento da criação de tilápia, que é um peixe que se adapta melhor, principalmente em Países tropicais, é a criação mais utilizada comercialmente, principalmente pela rusticidade, crescimento eficiente e ótima qualidade de carne. (Borges et al, 2005).

Com as limitações de lugares adequados para criação de peixes, o sistema aquapônico oferece alternativas interessantes, pois produz peixes em alta densidade, ocupa pequeno espaço, usa pequena quantidade de água tratada, recupera a água e seus resíduos.

O sistema aquapônico é constituído de um tanque interno onde são criados os peixes e de um tanque externo constituído de filtro rizosférico e um sistema hidropônico, que permitem a recuperação das águas. O tanque de recuperação acelera a alteração química dos dejetos metabólicos dos peixes e restos de ração não consumida, através da rizosfera. As reações químicas acontecem como resultado de uma eficiente simbiose de um grupo de bactérias e plantas com aerênquimas (Marques, 1999). Dos produtos desta simbiose surgem elementos residuais importantes como fósforo, potássio e nitratos, fundamentais para o

desenvolvimento da flora aquática e das hortaliças do sistema hidropônico (Fasciolo et al., 2002). Após a passagem das águas pelo sistema rizosférico e hidropônico, estas estarão em condições aceitáveis para ser reaproveitada na criação dos peixes. A água tratada é conduzida por uma bomba e segue para o tanque dos peixes juntamente com oxigênio atmosférico, fechando o circuito.

A avaliação usa como ferramenta a contabilidade em emergia, desenvolvida por Odum (1996) e permite avaliar a eficiência de um sistema completo, parcial, ou ainda a análise da eficiência de cada setor.

2. Materiais e Métodos

O Sistema aquapônico de criação de tilápias localiza-se na cidade de Atibaia – SP, conforme Brasil Virtual mapa Rodoviário ABCR dista 58 km da Capital São Paulo, conforme Fig. 1.

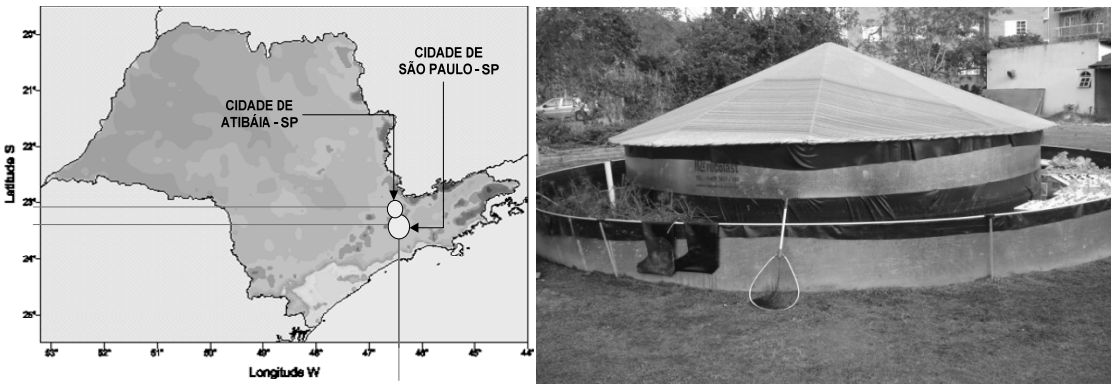

Figura 1: Localização da cidade de Atibaia em relação a São Paulo e foto do local.

A construção do sistema aquapônico em estudo é produzido pela empresa Recolast Impermeabilizações. O tanque interno possui 30m^3 e 1,20 m de profundidade. O compartimento externo tem 10m^3 e profundidade de 0,5 m.
Essa criação teve início em 2005 em pequena escala a fim de desenvolver a biota, e passou a operar com carga máxima em 2006. A janela de tempo da pesquisa leva em conta os dados de 2007. Nesse ano a produção foi de 10800 unidades de peixes com média de crescimento de 0,4 kg, perfazendo 4320 kg/ano de tilápia.
Os dados da construção foram obtidos diretamente da empresa construtora do tanque aquapônico, os dados de campo foram obtidos em visitas técnicas e entrevistas com o responsável do sistema. A literatura forneceu dados como emergia por unidade, taxas de depreciação e todos os dados de apoio.
A Fig. 2 representa o sistema aquapônico completo e o sistema sem a recuperação de águas.

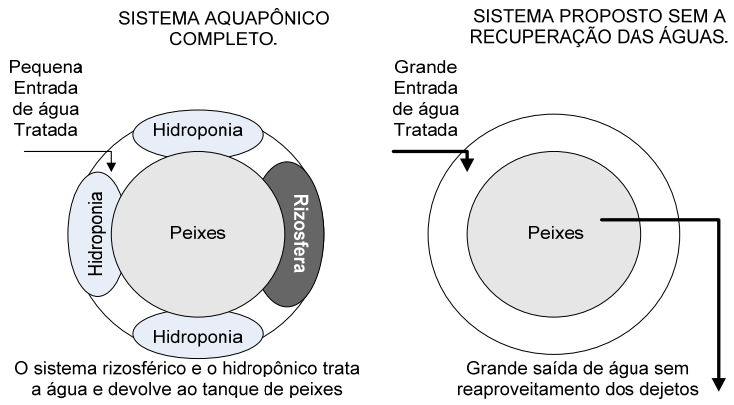

Figura 2. Esquema do sistema aquapônico completo, constituído de tanques de peixes, rizosfera e hidroponia, que recuperam a água, e ao lado o sistema proposto sem a rizosfera e a hidroponia

A metodologia aplicada para este trabalho é a contabilidade em emergia. A emergia é definida como sendo a energia disponível de um tipo previamente requerida direta ou indiretamente para obter um bem ou serviço (Odum, 1996).

Todos os recursos são convertidos para uma unidade comum o joule de energia solar "sej" (Odum, 1996). A contabilidade ambiental em emergia desenvolvida por Odum (1996) emprega e quantifica três classes de recursos e os classifica em Pagos (F), Renováveis (R) e os Não Renováveis (N). Conhecer esses fluxos é de fundamental importância, pois é por meio deles que podemos compreender o comportamento do sistema e sua relação com o meio ambiente e como se relacionam.

Para calcular os fluxos de emergia deve-se multiplicar cada fluxo de energia pela sua transformidade definida como a emergia por unidade de energia "sej/J" (ODUM, 1988 a, b). Comparar sistemas é uma possibilidade que a contabilidade ambiental em emergia permite. Nesse sentido, Odum (1996) desenvolveu e aplicou os indicadores ambientais em emergia. Aqui serão apresentados apenas os empregados no presente trabalho: indicador de rendimento em emergia (EYR = (R+N+F) /F) e indicador de carga ambiental (ELR = (N+F) /R). Ulgiati e Brown (1998) desenvolveram o índice de sustentabilidade (ESI = EYR/ELR). Um alto valor deste índice indica alto rendimento de emergia, 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 indicam produtos ou processos que não são sustentáveis em longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que contribuem de forma sustentável para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um ESI entre 1 e 5 enquanto produtos e processos com sustentabilidade em longo prazo têm ESI maiores.

3. Resultados

As tabelas abaixo mostram os dados de implantação e de operação do sistema aquapônico completo (Tabela 1) e do sistema sem a rizosfera e a hidroponia (Tabela 2).

Os valores admitidos para a ração e a água são diferentes para cada sistema. Eles são descritos nos Anexos A e B, para o sistema completo e para o sistema sem rizosfera e hidroponia, respectivamente.

Tabela 1: Dados da construção e operação do sistema aquapônico completo e fluxos de emergia necessários para sustentar o sistema.

DADOS DO SISTEMA AQUAPÔNICO DE PRODUÇÃO DE TILÁPIA							
	Item	Quantidade (unid.)	Unid.	Classe	Emergia (sej/unid.)	Emergia (sej/ano)	%
FASE DA CONSTRUÇÃO							
1	Mão de Obra	9,60E+01	h	F	2,08E+12	**7,99E+12**	**<0,1**
2	Bombas e Motores	5,10E+03	g	F	4,65E+09	**2,37E+12**	**<0,1**
3	Aço	2,04E+04	g	F	4,65E+09	**9,49E+12**	**0,1**
4	Ferro	1,29E+02	kg	F	6,97E+12	**8,99E+13**	**0,5**
5	Alumínio	2,64E+04	g	F	2,10E+10	**2,22E+13**	**0,1**
6	Plástico	1,46E+05	g	F	5,38E+09	**7,85E+13**	**0,4**
7	Britas	5,46E+06	g	N	8,25E+08	**9,01E+14**	**5,0**
8	Dolomitas	1,00E+04	g	N	1,68E+09	**3,36E+12**	**<0,1**
9	Zeólitas	6,00E+04	g	N	1,68E+09	**2,02E+13**	**0,1**
10	Cobre	1,78E+03	g	F	2,79E+11	**4,97E+13**	**0,3**
FASE OPERACIONAL							
11	Sol	9,42E+06	J	R	1,00E+00	**9,42E+06**	**<0,1**
12	Oxigênio	4,07E+06	g	R	5,16E+07	**2,10E+14**	**1,2**
13	Chuva	3,70E+08	L	R	3,10E+04	**1,15E+13**	**0,1**
14	Geotermia	7,09E+07	J	R	4,28E+04	**3,03E+12**	**<0,1**
15	Mão de Obra	2,19E+02	h	F	2,08E+12	**4,56E+14**	**2,5**
16	Eletricidade	1,18E+09	J	F	3,36E+05	**3,96E+14**	**2,2**
16	Eletricidade	1,04E+10	J	R	3,36E+05	**3,49E+15**	**19,5**
17	Ração	5,17E+10	J	F	2,00E+05	**1,03E+16**	**57,8**
18	Alevinos	4,67E+02	US$	F	3,70E+12	**1,73E+15**	**9,7**
19	Água Potável	7,30E+01	m³	F	7,75E+11	**5,66E+13**	**0,3**
					Total	**1,79E+16**	**100%**

Na Tabela 2 não são considerados os sistemas rizosférico e o hidropônico, capazes de tratar a água. Nela estão ausentes os itens 7, 8 e 9 responsáveis pela ação da rizosfera.

Tabela 2: Dados da construção e operacional do sistema aquapônico sem a rizosfera e o hidroponia, fluxos de emergia necessários para sustentar o sistema.

DADOS do SISTEMA AQUAPÔNICO de PRODUÇÃO de TILÁPIA, sem a RIZOSFERA							
	Item	Quantidade (unid.)	Unid.	Classe	Emergia (sej/unid.)	Emergia (sej/ano)	%
FASE DA CONSTRUÇÃO							
1	Mão de Obra	9,60E+01	h	F	2,08E+12	**7,99E+12**	**<0,1**
2	Bombas e Motores	5,10E+03	g	F	4,65E+09	**2,37E+12**	**<0,1**
3	Aço	2,04E+04	g	F	4,65E+09	**9,49E+12**	**<0,1**
4	Ferro	1,29E+02	kg	F	6,97E+12	**8,99E+13**	**0,4**
5	Alumínio	2,64E+04	g	F	2,10E+10	**2,22E+13**	**0,1**
6	Plástico	1,46E+05	g	F	5,38E+09	**7,85E+13**	**0,3**
10	Cobre	1,78E+03	g	F	2,79E+11	**4,97E+13**	**0,2**
FASE OPERACIONAL							
11	Sol	9,42E+06	J	R	1,00E+00	**9,42E+06**	**<0,1**
12	Oxigênio	4,07E+06	g	R	5,16E+07	**2,10E+14**	**0,9**
13	Chuva	3,70E+08	L	R	3,10E+04	**1,15E+13**	**<0,1**
14	Geotermia	7,09E+07	J	R	4,28E+04	**3,03E+12**	**<0,1**

15	Mão de Obra	2,19E+02	h	F	2,08E+12	**4,56E+14**	**1,9**
16	Eletricidade	1,18E+09	J	F	3,36E+05	**3,96E+14**	**1,7**
16	Eletricidade	1,04E+10	J	R	3,36E+05	**3,49E+15**	**14,7**
17	Ração	7,99E+10	J	F	2,00E+05	**1,60E+16**	**67,3**
18	Alevinos	4,67E+02	US$	F	3,70E+12	**1,73E+15**	**7,3**
19	Água Potável	1,55E+03	m³	F	7,75E+11	**1,20E+15**	**5,1**
					Total	**2,37E+16**	**100%**

O valor em emergia dos recursos Renováveis (R), Não Renováveis (N) e Recursos Pagos (F) do sistema aquapônico completo e sem a rizosfera e hidroponia são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Fluxos em emergia classificados em R, N e F para ambos os sistemas: o completo e aquele sem rizosfera e hidroponia.

Emergia (sej/ano)	**Sistema completo (com recuperação de água)**	**Sistema sem rizosfera e hidroponia (sem capacidade para recuperar água)**
(R) Renováveis	3,77E+15	3,72E+15
(N) Não Renováveis	9,24E+14	0
(F) Pagos	1,32E+16	2,00E+16

Na Tabela 4 estão expressos a emergia total que sustenta cada sistema, e emergia específica do produto (expressada em sej/kg de tilápia), a transformidade do produto (expressada em sej/J) e os indicadores EYR, ELR e ESI.

Tabela 4: Fluxo total em emergia que sustenta os sistemas, emergia específica e indicadores EYR, ELR e ESI calculados para ambos os sistemas: o completo e aquele sem rizosfera e hidroponia.

	Sistema completo (com recuperação de água)	**Sistema sem rizosfera e hidroponia (sem capacidade para recuperar água)**
Emergia Total	1,79E+16 sej/ano	2,37E+16 sej/ano
Emergia/kg	4,14E+16 sej/kg	5,49E+16 sej/kg
Transformidade	5,76E+5 sej/J	7,62E+5 sej/J
EYR	1,26	1,19
ELR	3,81	5,38
ESI	0,36	0,22

4. Conclusões

Comparando as tabelas dos sistemas, observa-se que a emergia total do sistema sem a rizosfera aumentou em 25% nos usos de recursos globais. Os recursos (R) renováveis não tiveram alterações significativas.

Os recursos pagos (F) tiveram grande peso nos dois casos, porem o sistema com recuperação de águas teve uma economia de 29% em emergia. A transformidade da tilápia mostra que os recursos foram melhores utilizados em 24% quando recupera-se a água no próprio sistema. O indicador EYR teve apenas 6% de incremento para o sistema completo. O ELR melhorou 29% para o sistema completo. O indicador de sustentabilidade ambiental ESI mostra que os dois sistemas são não sustentáveis, porem a recuperação da água internamente permitiu uma vantagem expressiva de 50%. Os itens que tiveram diferenças significativas em favor a recuperação da água foram: eletricidade R com 25%,

ração 14%, alevinos 24,7%, a água apesar da emergia global não ser muito significativa apenas 5%, mas no mesmo item a recuperação da água possibilitou uma performance de 94%. A emergia global do sistema com a recuperação da água obteve uma economia de $5{,}86 \times 10^{15}$ sej/J. O sistema de recuperação de águas possibilitou um aproveitamento de recursos ambientais significativos nesse processo de criação de peixes.

5. Agradecimentos

José Luiz Pierobom agradece a Capes pela bolsa de auxílio de mestrado. Os autores agradecem o fornecimento dos dados pela Empresa Recolast e dos dados de campo pelo responsável do sistema aquapônico, Sr. Raphael Padeiro. Os dados práticos sobre a produção do produtor e atual Presidente da ABRACOA o Sr. Wagner Chakib Camis, e do produtor e zootecnista Sr. Manuel Braz Filho são altamente reconhecidos pelos autores.

6. Bibliografia

BEN. Balanço Energético NacionaL. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Resultados Preliminares. Disponível em: URL: < www.ben.epe.gov.br> acessado em 19/07/2008.

BORGES, M. A., MORETTI, J. O. C., MACMANUS, C., MARIANTE, A. S. **Produção de populações monossexo macho de tilápia-do-nilo da linhagem Chitralada**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.2, p.153-159, fev. 2005

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

BUENFIL A. "*Emergy evaluation of water*". Dissertation – University of Florida – 2001.

BURANAKARN, V. 1998. *Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method*. Ph. D. Dissertation, University of Florida, Gainesville.

CETEC - SBRT **–** *Formulário de resposta técnica padrão***.** Ministério da Ciência e Tecnologia. CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais 23/02/2005

CRESESB, 2008, *Índice de Insolação: Cidade de Campinas*. URL: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=http%3A//www.cresesb.cepel.br/agenda_2008.htm> Acessado em: 26/07/2008

COELHO, O., ORTEGA, E., COMAR, V., 2002. Balanço de emergia do Brasil. Disponível em URL: http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf. Acessado em 09/08/2008.

CPTEC - (2008)
URL: <http://www.wptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/prec24tie.gif>
acessado em 14/05/2008 as 16:00h

GOMES, A. J. L. E; HAMZA, V. M., 2004. *Mapeamento de Gradientes Geotérmicos no Estado de São Paulo*, In: 1º SRSBGf, Cd-rom, São Paulo, 26-28 de setembro, 4p.

HAUKOOS D. S., 1995. *Sustainable Architecture and its relationship to industrializes building*. University of Flórida. Gainesville, FL, 1995.

FASCIOLO, G.E.; MECA, M.I.; GABRIEL, E.; MORÁBITO, J**. Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters**. *Water Science and Technology*, Oxford, v.45, n.1, p.133-8, 2002.

MARQUES, D. da M. **Terras Úmidas Construídas de Fluxo Subsuperficial**. In: CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p. 409 - 435.

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, Luxemburg, Austria (WP-83- 82).

ODUM, H.T., 1988a. *Self-organization, transformity, and information*. Science 242, 1132–1139.

ODUM, H.T., 1988b. *Emergy, Environmental and Public Policy: A guide to the analysis of system*. Regional Seas Reports and Studies No. 95, United Nations Environment Programmer, 109 pp.

ODUM, H.T. (1996) – Environmental accounting – **Emergy and environmental decision making**, Ed. John Wiley & Songs Ltd. p.370.

ODUM, H.T.; BROWN M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S. Introduction and global budget, Folio #1. in: Handbook of emergy evaluation. Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000. 16p.

ODUM, H.T., 2001. Emergy Evaluation of Salmon Pen Culture. University of Florida Press.

ORTEGA, E.; QUEIROZ, J. F.; BOYD, C. E. E; FERRAZ, J. M,. *Análise emergética do cultivo de bagre no Alabama, EUA: uma visão geral*. 2004.

RESAN, 2008. Sindicato do comercio varegista de derivados de petróleo, lava rápidos e estacionamento de Santos e região. URL: <http://www.resan.com.br/clipping_integra.asp?cd_item_clipping=2907&dt_clipping=04/12/2007&cd_clipping=1071> Acessado em 27/04/2008

SRF nº 162/98, com as inclusões determinadas pela Instrução Normativa *SRF 130/99*. Instrução Normativa SRF Nº 162 DE 31.12.1998.

PROENÇA, C. E. M. & BITTENCOURT, P. R. L**.** *Manual de piscicultura tropical*. Brasília, IBAMA, 1994.

THOMSON, 2004 – *Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, anuário*. São Paulo, Brazil, Ed. Thomson, 235p.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T., 1998 – *Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems.* Ecological Modeling, 108, p.23-36.

Ulgiati, S.: Brown, M. T., 2002 - Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions. The case of electricity production. Journal of Cleaner Production, 10, 335–348

Anexo A

Fase da Construção. Emergia = (Quantidade de unidades) x (emergia/unidade) / (anos de depreciação)

1. Mão de Obra. Horas trabalhadas: $9{,}6 \times 10^{01}$h

Emergia / unidade $2{,}08 \times 10^{12}$ sej/h (Coelho et al, 2002). Depreciação: 25 anos (Thonson, 2004)$9{,}6 \times 10^{01}$h x $2{,}08 \times 10^{12}$sej/h /25 anos. Total: **$8{,}00 \times 10^{12}$ sej/ano**

2. Bombas e Motores. Total: $5,10x10^{03}$g.
Emergia/unidade. $2,77x10^{09}$ sej/g (Haukoos, 1995) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $2,77x10^{09}$ x 1,68: $4,65x10^{09}$ sej/g Depreciação: SRF-162/98 (10 anos).
Total: $5,10x10^{03}$g x $4,65x10^{09}$sej/g / 10anos: **$2,37x10^{12}$sej/ano**

3. Aço. Total: $2,04x10^{04}$g
Emergia/unidade. $2,77x10^{09}$ sej/g (Haukoos, 1995) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $2,77x10^{09}$ x 1,68: $4,65x10^{09}$ sej/g. Depreciação: SRF162/98 10a. Total: $2,04x10^{04}$g x $4,65x10^{09}$sej/g / 10anos: **$9,49x10^{12}$ sej/ano**.

4. Ferro. Total: $1,29x10^{02}$ kg. Emergia/unidade. $4,15x10^{12}$ sej/kg (Buranakarn, 1998) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $4,15x10^{12}$ x 1,68: $6,97x10^{12}$sej/kg. Depreciação: SRF-162/98 (10 anos). $1,29x10^{02}$kg x $6,97x10^{12}$sej/kg / 10anos Total: **$8,97x10^{13}$ sej/ano**

5. Alumínio. Total: $2,64x10^{04}$ g**.** Emergia/unidade: $1,25x10^{10}$sej/g (Buranakarn, 1998) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $1,25x10^{10}$ x 1,68 = $2,10x10^{10}$ sej/g**.** Depreciação: SRF – 162/98 25 anos.
$2,64x10^{04}$g x $2,10x10^{10}$ sej/g / 25 anos Total: **$2,21x10^{13}$sej/ano**

6. Plástico. Total: $1,46x10^{05}$ g
Emergia/unidade: $3,2x10^{09}$ sej/g (Buranakarn, 1998 Corrigido fator 1,68. (Odum et al, 2000) $3,2x10^{09}$ sej/g x 1,68 = $5,38x10^{09}$sej/g Depreciação: SRF – 162/98. 10 anos. Total: $1,46x10^{05}$g x $5,38x10^{09}$sej/g / 10 anos Total: **$7,85x10^{13}$sej/ano**

7. Britas. Total: $5,46x10^{06}$g Emergia/unidade: $4,91x10^{08}$ sej/g (Odum, 1996). Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $4,91x10^{08}$ sej/g x 1,68: = $8,25x10^{08}$sej/g Depreciação: SRF – 162/98 5 anos.
Total: $5,46x10^{06}$g x $8,25x10^{08}$sej/g / 5 anos: **$9,01x10^{14}$sej/ano**

8. Dolomitas. Total: $1,00x10^{04}$ g
Emergia/unidade. $1,00x10^{09}$ sej/g (Odum, 1996) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $1,00x10^{04}$ g x 1,68 = $1,68x10^{09}$ sej/g. Depreciação: SRF – 162/98 5 anos.
Total: $1,00x10^{04}$ g x $1,68x10^{09}$ sej/g / 5 anos: **$3,36x10^{12}$sej/ano**

9. Zeólitas. Total: $6,00x10^{04}$ g
Emergia/unidade $1,00x10^{09}$ sej/g (Odum, 1996) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $6,00x10^{04}$ g x 1,68 = $1,01x10^{14}$ sej/g. Depreciação: SRF – 162/98 5 anos.
Total: 6,00x1014g x 1,01x1014 sej/g / 5anos Total: **$2,02x10^{13}$sej/ano**

10. Cobre. Total: $1,78x10^{03}$ g
Emergia/unidade $1,66x10^{11}$ sej/g (Odum, 1996) Corrigido fator 1,68 (Odum et al, 2000) $1,66x10^{11}$ x 1,68 = $2,79x10^{11}$sej/g. Depreciação: SRF – 162/98 = 10 anos.
Total: $1,78x10^{03}$g x $2,79x10^{11}$ sej/g / 10 anos: **$4,97x10^{13}$ sej/ano**

Fase Operacional. Base de cálculo Emergia = (quantidades de unidades anuais) x (emergia/unidades)

11. Sol. Dados geodésicos de Atibáia-Sp Fonte: Brasil Virtual Mapa Rodoviário ABCDR. URL: <http://www.abcr.org.br/geode/index.php?uf1=SP&po=1&uf2=SP&ori=9199&des=8457> Acessado em 27/08/2008 as 14:00h. Energia solar média na região de campinas: Fonte: CRESESB, 2008. Total: $9,42x10^{06}$J/ano. Emergia/unidade. 1,0 sej/J (Odum, 1996)
Emergia Total: **$9.42x10^{06}$ sej/J.ano**

12. Oxigênio. (Induzido pela bomba) Eficiência: 1,3 kg de O_2/h. kW. h x 0,3675kW.h 0,478 kg de O_2/h (Acqua System-Brasil)
URL: <http://www.acquasystembrasil.com.br/aeradores.htm> Acessado em 14/12/2008 as 15:00h. Total: $4,07x10^{06}$ g/ano
Emergia/unidade: $5,16x10^{07}$ sej/g (Ulgiati e Brown, 2002)
Total: ($4,07x10^{06}$g/ano x $5,16x10^{07}$sej/g) **$2,10x10^{14}$ sej/ano**

13. Chuva. Atibaia – SP esta na bacia do Tietê. Fonte CPTEC, 2008: URL< http://www.cptec.inpe.br/energia/bacias/bacia_tiete.shtml> Média na região de outubro de 2005 a maio de 2008 =1509,75 mm**.** Dados: mm = 1L/m² Densidade da água = 1 kg/L**.** Índice hidrológico médio anual $7,40x10^{04}$ L/ano URL <http://www.cptec.inpe.br/~energia/clima/prec/evolucao/maiores/prec24tie.gif> acessado: 02/06/2008. Total: 49m² x $1,51x10^{03}$ kg/m² ano x 5000 J/kg **$3,70x10^{08}$ J/ano**

14. Geotermia. Dados obtidos pelo mapa de fluxo geotérmico do estado de São Paulo (Gomes e Hamza, 2004) Cidade de Atibaia - SP, dados geodésicos: Latitude Sul: -23º 07'; Longitude: 46º 33' Resultado: 46 mW/m²**.** Área do tanque: (só o fundo toca o chão) 49 m² (49 m² x 46mW/m². ano x um W/1000mW x 1J/1W/s) 2.25 J/s**.** Energia anual: (2,25 J/s x $3,15x10^{07}$ s/ano) Total: $7,09x10^{07}$ J/ano
Emergia/unidade: (Odum, 1996) ajustado Odum, 2000) $4,28x10^{04}$ sej/J
Total: $7,09x10^{07}$ J/ano **x** $4,28x10^{04}$ sej/J: **$3,03x10^{12}$sej/ano.**

15. Mão de Obra: Fase operacional em 2007: 219 h**.** Emergia/unidade (Coelho et al, 2002) $2,08x10^{12}$ sej/ hora**.**
Total: (219 h x $2,08x10^{12}$sej/h): **$4,55x10^{14}$ sej/ano**

16. Eletricidade. Parte paga (F) Total: $1,16x10^{10}$ J/ano Energia elétrica no Brasil em 2007 (*BEN, 2008*) 482,6 TWh. Energia Renovável em 2007. Energia Não renovável em 2007: (10,8%) 49,6 TWh. Energia elétrica Paga (**F**): $1,18x10^{09}$ J.
Emergia/unidade: $3,36x10^{05}$sej/J (Coelho et al., 2002)
Total: $1,18x10^{09}$J x $3,36x10^{05}$sej/J. **$3,96x10^{14}$sej/ano**

17. Eletricidade. Parte Renovável (R). Energia elétrica renovável (R): $1,04x10^{10}$ J. Emergia/unidade: $3,36x10^{05}$sej/J (Coelho et al., 2002)
Total: $1,04x10^{10}$J x $3,36x10^{05}$sej/J: **$3,49x10^{15}$sej/ano**

18. Ração Sistema completo. Ração balanceada utilizada Nutripeixe 24% PURINA. Energia digestiva da ração 24%: Referencia: (CETEC, 2005) 2600 kcal/kg Taxa de conversão: 1,1 kg de ração transformam em 1 kg de tilápia.Total: 4752 kg. 4752 kg x 2600 kcal/kg x 4186 J/kg) Total: $5,17x10^{10}$ J**.** Emergia/unidade. $2,0x10^{05}$ sej/J (Ortega, 2004)
Total: $5,17x10^{10}$J x $2,0x10^{05}$ sej/J: **$1,03x10^{16}$ sej/ano**

19. Alevinos Total, considerando os sobreviventes: 10800, com peso médio de 1g/cada. Valor total no ano 2007, conforme fonte: (RESAN, 2008): R$1,85 = US$1,00**.** Total: US$ $4,67x10^{02}$ Emergia/unidade. (Coelho et al, 2002) $3,70x10^{12}$ sej/dólar**. Total:** (US$ $4,67x10^{02}$ x $3,70x10^{12}$sej/dólar: **$1,73x10^{15}$ sej/ano**

20. Água tratada do Sistema completo. Entrada média em 2007. 73000 L/ano. Emergia/unidade: $7,75x10^{11}$ sej/m³ (Buenfil, 2001)
Total: $7,30x10^{01}$ m³ x $7,75x10^{11}$ sej/m³: **$5,66x10^{13}$ sej**

Anexo B

Observações: Os itens 7,8 e 9, não fazem parte do sistema sem a rizosfera e hidroponia. Todos os itens com exceção do 18 e 20, que são respectivamente quantidade de ração e água tratada, são diferentes no sistema proposto. Abaixo estão os cálculos 18 e 20 do método de produção sem a interferência da rizosfera.

Item 18. **Ração para o sistema sem a recuperação das águas.**
Para produzir as mesmas quantidades em peso em tilápia, 4320 kg do sistema aquapônico completo usa-se a conversão: 1,7 kg de ração e transformam em 1 kg de tilápia baseados em valores práticos realizados com produtores que criaram tilápias exclusivamente com águas tratadas. Total de ração: 7344 kg. Energia: (7344 kg x 2600 kcal/kg x 4186 J/kg). Total: $7,99x10^{10}$ J
Emergia/unidade. $2,0x10^{05}$ sej/J (Ortega, 2004)
Total: $7,99x10^{10}$J x $2,0x10^{05}$ sej/J: **$1,60x10^{16}$ sej/ano**

Item 20. Água necessária para o sistema sem a recuperação das águas.
Para obter uma água de boa qualidade considerou-se a condição descrita em Odum, 2001. Peso do peixe fresco x metabolismo do peixe x percentagem de fósforo: 4,32 $x10^{03}$ kg/ano x 0,0818 g/kg h x 0,01 = 3,53g de fósforo/h
Volume de água suficiente para manter o fósforo em níveis corretos: 3,53 g de fósforo/h x 0,05 g/ m³ x 365 x 24. Total de água: $1,55x10^{03}$ m³/ano
Emergia/unidade $7,75x10^{11}$ sej/m³ (Buenfil, 2001)
$7,30x10^{01}$ m³ x $7,75x10^{11}$ sej/m³. Total: **$1,20x10^{15}$ sej/ano**

Cálculo da energia da tilápia. Kg de tilápias x conversão em calorias x conversão em joules. Energia da tilápia = $1,72x10^{03}$ kg/J (Proença & Bittencourt, 1994)
4320 kg x $1,72x10^{03}$ kcal/kg x4,186 $x10^{03}$ J/kg. Total: **$3,11x10^{10}$J**