



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Análise do Ciclo de Vida (ACV) como indicador de desempenho ambiental no cultivo de camarões marinhos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura como requisito para obtenção do título de Doutor em Aquicultura.

Orientador: Luis Alejandro Vinatea Arana
Coorientador: Sebastião Roberto Soares

Frank Belettini

Florianópolis - SC
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Belettini, Frank

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como indicador de desempenho ambiental no cultivo de camarões marinhos / Frank Belettini ; orientador, Luis Alejandro Vinatea Arana ; coorientador, Sebastião Roberto Soares. - Florianópolis, SC, 2014.

126 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. carcinocultura. 3. avaliação ambiental. 4. cultivo de camarões. 5. gestão da produção. I. Vinatea Arana, Luis Alejandro . II. Roberto Soares, Sebastião. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Análise do Ciclo de Vida (ACV) como indicador de desempenho ambiental no cultivo de camarões marinhos

Por

FRANK BELETTINI

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

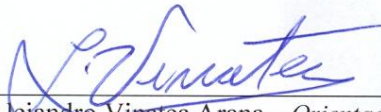
DOCTOR EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

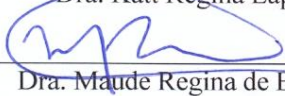
Banca Examinadora:



Dr. Luis Alejandro Vinatea Arana – *Orientador*



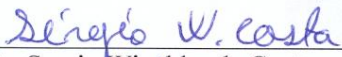
Dra. Katt Regina Lapa



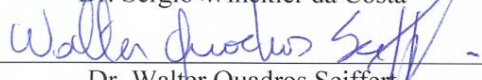
Dra. Maude Regina de Borba



Dr. Maurício Gustavo Coelho Emerenciano



Dr. Sergio Winckler da Costa



Dr. Walter Quadros Seiffert

*A minha esposa Senele,
As minhas filhas Mariana e Thais,
Ao meu pai Sérgio e minha mãe Denilde,
As minhas irmãs Simonea e Samira,
E é claro: ao Bono.*

“Não existe nada de novo, exceto aquilo que se esqueceu.”

Mademoiselle Bertin

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo Dr. Luis Vinatea Arana, pelo convívio e ensinamentos.

Ao professor Dr. Sebastião Roberto Soares, coorientador desta tese, pela valiosa contribuição sobre o tema central: Análise do Ciclo de Vida de produtos.

A CAPES-REUNI e a FAPESC, pela concessão de bolsa de estudos nos anos iniciais do doutorado e aporte de recursos para execução das atividades de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, professores e funcionários do Departamento de Aquicultura da Universidade federal de Santa Catarina, pelo apoio e troca de saberes, em especial ao Carlito pela amizade de longa data e presteza.

Aos colegas do Laboratório de Camarões Marinhos e da Fazenda Experimental Yakult, UFSC, professores e funcionários, pelo apoio na realização das atividades.

A toda equipe de pesquisadores do projeto Análise de Sustentabilidade na Aquicultura, coordenado nacionalmente pelo Dr. Wagner Valenti.

Aos colegas Edivan e Guilherme, do CICLOG – Grupo de Pesquisa em Análise do Ciclo de Vida, pela valiosa ajuda na análise dos dados e interpretação dos resultados.

Ao mestre em aquicultura. Rafael da Fonseca Arantes pela importante ajuda e parceria na condução de um dos estudos desta dissertação.

Ao parceiro Carlos Manoel do Espírito Santo e demais colaboradores do laboratório de qualidade de água do LCM-UFSC, pela ajuda nas análises das amostras de água coletadas.

Ao biólogo Jairo Souza, gerente da Fazenda Experimental Yakult, pelo apoio na realização das atividades e coletas de dados de campo.

Aos demais colaboradores, não nomeados, mas não menos importantes, que ajudaram na realização deste trabalho.

A Deus.

RESUMO

O uso de tecnologias de produção mais limpas, que geram menos impacto ambiental, tornou-se uma exigência nos dias atuais devido ao agravamento dos problemas ambientais associados às atividades produtivas. Na carcinicultura, onde os sistemas tradicionais de cultivo se caracterizam pelo grande consumo de recursos naturais como solo e água, problemas ambientais estão muito presente em função do efluente gerado. O sistema de cultivo superintensivo com bioflocos é uma importante alternativa aos sistemas tradicionais, pois é mais biosseguro e utiliza menores volumes de água. No entanto, a sua aplicação em escala comercial é restringida pela falta de informações imprescindíveis ao entendimento do sistema. A avaliação de práticas de manejo mais adequadas e o estabelecimento de níveis críticos para parâmetros considerados limitantes ao desempenho dos sistemas de produção de camarões são passos necessários para a consolidação das tecnologias de cultivo, usando ferramentas como a Análise do Ciclo de Vida (ACV). Neste sentido, a produção de camarões marinhos *Litopenaeus vannamei*, nos sistemas de cultivo semi-intensivo e superintensivo com bioflocos, foram avaliadas de acordo com os métodos da ACV descritos na série de normas de gestão ambiental ISO 14040, que quantificam os impactos ambientais cumulativos de uma atividade, desde seus insumos até a distribuição para o mercado consumidor. A constante preocupação com a produção ambientalmente amigável de alimentos faz da ACV, uma importante ferramenta de análise e gestão das tecnologias de produção de camarões marinhos.

Palavras chaves: aquicultura, carcinicultura marinha, avaliação ambiental, cultivo de camarões, gestão da produção.

ABSTRACT

The use of cleaner production technologies that generate less environmental impact has become a requirement these days due to worsening environmental problems associated with productive activities. In shrimp farming, where traditional farming systems are characterized by large consumption of natural resources such as soil and water, environmental problems are very present as a function of effluent. The super intensive cultivation system (BFT technology-biofloc technology) is an important alternative to traditional systems; it is more biosafe and uses smaller volumes of water. However, their commercial application is constrained by the lack of essential information for understanding the system. The evaluation of the most appropriate management practices and the establishment of critical levels for parameters considered limiting the performance of shrimp production systems are necessary steps in the consolidation of farming technologies, through the use of tools such as Life Cycle Analysis (ACV). In this sense, the production of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in a semi-intensive and super intensive cultivation in biofloc systems was evaluated according to the methods described in ACV series of environmental management standards ISO 14040, which quantify the cumulative environmental impacts of an activity, since their inputs to distribution to the consumer market. The constant concern for environmentally friendly food production makes the ACV, an important tool for analysis and management of marine shrimp production technologies.

Key words: aquaculture, shrimp farming, environmental assessment, production management.

LISTA DE FIGURAS

Lista de figuras da introdução geral

Figura 1: Espécies de camarões produzidas mundialmente (MENDES, 2008).....	26
Figura 2: Comportamento da carcinocultura catarinense, produtividade, área e número de propriedades, 2001-2009 (COSTA, 2010).	28
Figura 3: Áreas requeridas (m ²) para a manutenção de 1m ² de cultivo semi-intensivo de camarão marinho (Larsson et al., 1994), segundo Valenti (2010).	33
Figura 4: Fases da Análise do Ciclo de Vida - ISO 14040 (Arvanitoyiannis, 2008).....	35
Figura 5: Elementos da análise do inventário do ciclo de vida (AICV), adaptado de ISO 14042, segundo Ferreira, (2004).	38
Figura 6: Estrutura geral da análise do inventário do ciclo de vida (AICV), adaptado de ISO 14042, segundo Ferreira, (2004).	38
Figura 7: Localização das unidades de estudo.	40
Figura 8: Fluxograma simplificado da engorda de camarões marinhos.....	41
Figura 9: Exemplo de organograma dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do cultivo de camarões marinhos	41
<i>Lista de figuras do capítulo ii</i>	
Figura 10: Entradas, saídas e fronteira do sistema da produção de camarão marinho em sistema semi-intensivo.....	59
Figura 11: Impacto ambiental associado à etapa de produção, de 1 kg de camarão marinho cultivado em sistema semi-intensivo.	65
Figura 12: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na etapa de preparação dos viveiros de cultivo semi-intensivo.	67

Figura 13: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na etapa de engorda dos camarões em cultivo semi-intensivo. 68

Figura 14: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na despesca dos camarões cultivados em semi-intensivo. 69

Figura 15: Energia elétrica necessária para produção de 1 kg de camarões marinhos, cultivado em sistema semi-intensivo. 71

Lista de figuras do capítulo iii

Figura 16: Entradas, saídas e fronteiras do sistema da produção de camarão marinho em sistema de cultivo superintensivo com bioflocos. 83

Figura 17: Potencial de impacto ambiental associado à etapa de cultivo do camarão marinho *L. vannamei* em sistema superintensivo de bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT). 89

Figura 18: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental, na etapa de engorda do camarão marinho *L. vannamei* em sistema de bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT). 91

Figura 19: Demanda de energia elétrica para a produção de 1 kg de camarão *L. vannamei* em sistema superintensivo com bioflocos, cultivado em meio nitrificante e heterotrófico. 92

Lista de figuras do capítulo iv

Figura 20: Contribuição dos fatores de impacto ao resultado da emissão de gases de efeito estufa, da produção de 1 kg de camarões marinhos durante a engorda em sistema semi-intensivo e superintensivo. 107

LISTA DE TABELAS

Lista de tabelas da introdução geral

Tabela 1: Taxonomia do *L. vannamei* segundo PÉREZ-FARFANTE e KENSLEY, (1967)..... 27

Tabela 2: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos *L. vannamei*, entradas e saídas associadas à fase de preparação do viveiro, por kg de camarões produzido. 42

Tabela 3: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos, entradas e saídas associadas ao manejo durante a engorda, por kg de camarões produzido..... 43

Tabela 4: Parâmetros e frequência de monitoramento da qualidade da água durante a engorda, nos cultivos do camarão marinho submetidos à análise do ciclo de vida..... 44

Tabela 5: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos, entradas e saídas associadas à despesca por kg de camarões produzido..... 45

Lista de tabelas do capítulo ii

Tabela 6: Composição das dietas usadas na alimentação dos camarões cultivados em sistema semi-intensivo (LABTEC – Lab. de análises químicas Ltda.) 57

Tabela 7: Desempenho zootécnico do camarão marinho *L. vannamei*, cultivado em sistema semi-intensivo, alimentados com dois teores de PB na ração..... 61

Tabela 8: Média \pm desvio padrão, das variáveis de qualidade de água, do afluente e do efluente durante a engorda de camarão marinho em sistema semi-intensivo, alimentados com dois teores de PB na ração..... 62

Tabela 9: Entradas e saídas para a produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema semi-intensivo, alimentado com dois teores de PB na ração..... 63

Tabela 10: Impacto do ciclo de vida associado à produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema semi-intensivo, alimentado com dois diferentes teores de PB na ração. 65

Lista de tabelas do capítulo iii

Tabela 11: Desempenho zootécnico (média ± DP) do camarão marinho *L.vannamei*, em sistema superintensivo com bioflocos, controlando a fertilização com carbono. 86

Tabela 12: Parâmetros químicos da qualidade da água durante o cultivo superintensivo do camarão marinho *L. vannamei* em bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT). 87

Tabela 13: Entradas e saídas para a produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema superintensivo em bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT). 88

Tabela 14: Impacto do ciclo de vida associado à produção de 1 kg de camarão, cultivado em sistema superintensivo com bioflocos e com fertilização controlada (FC) e total (FT). 90

Lista de tabelas do capítulo iv

Tabela 15: kg de CO₂ eq. durante o cultivo de camarões marinhos em sistema semi-intensivo e superintensivo com bioflocos. 105

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO GERAL: “ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) COMO INDICADOR AMBIENTAL NO CULTIVO DE CAMARÕES MARINHOS”	21
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 REFERENCIAL TEÓRICO	23
1.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AQUÍCOLA	24
1.2.1 <i>Sistema extensivo</i>	25
1.2.2 <i>Sistema semi-intensivo</i>	25
1.2.3 <i>Sistema intensivo e superintensivo com bioflocos</i>	25
1.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESPÉCIE CULTIVADA	26
1.3.1 <i>Taxonomia e distribuição do <i>Litopenaeus vannamei</i></i>	26
1.3.2 <i>Engorda de camarões no Estado de Santa Catarina</i>	27
1.4 AQUICULTURA E MEIO AMBIENTE	29
1.5 SUSTENTABILIDADE NA AQUICULTURA	30
1.5.1 <i>Carcinocultura sustentável</i>	31
1.6 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	32
1.6.1 <i>Análise Emergética</i>	33
1.6.2 <i>Pegada Ecológica</i>	33
1.6.3 <i>Resiliência</i>	34
1.6.4 <i>Pegada de carbono (CF)</i>	34
1.6.5 <i>Análise do Ciclo de Vida</i>	35
1.7 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA ACV NOS CULTIVOS DE CAMARÕES MARINHOS ESTUDADOS	40
1.8 ÍNDICES DE DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	45
1.8.1 <i>Conversão Alimentar (CA)</i>	46
1.8.2 <i>Taxa de Crescimento Específico (TCE%)</i>	46
1.8.3 <i>Sobrevivência (S%)</i>	46
1.8.4 <i>Produtividade (quilogramas por m²)</i>	47
2 JUSTIFICATIVA	49
3 OBJETIVOS	51
3.1 OBJETIVO GERAL:	51
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	51
4 FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS	51
CAPÍTULO II: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO CAMARÃO MARINHO CULTIVADO EM SISTEMA SEMI-INTENSIVO	53
RESUMO	54
INTRODUÇÃO	55

MATERIAIS E MÉTODOS	56
DESCRIÇÃO DO SISTEMA	56
DEFINIÇÕES DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)	58
INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV).....	59
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)	60
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
CONCLUSÃO	71
AGRADECIMENTOS.....	72
REFERÊNCIAS.....	72

CAPÍTULO III: IMPACTO AMBIENTAL DE DOIS DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO SUPERINTENSIVO, DURANTE A ENGORDA DE CAMARÕES MARINHOS COM BIOFLOCOS

RESUMO.....	78
INTRODUÇÃO	79
MATERIAIS E MÉTODOS	80
CULTIVO, QUALIDADE DE ÁGUA E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO.....	81
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	83
INVENTÁRIO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	84
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)	85
RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
CONCLUSÃO	93
AGRADECIMENTOS.....	94
REFERÊNCIAS.....	94

CAPÍTULO IV: PEGADA DE CARBONO DURANTE O CULTIVO DE CAMARÕES MARINHOS.....

RESUMO.....	100
INTRODUÇÃO	101
MATERIAIS E MÉTODOS	102
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	102
INVENTÁRIO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	103
RESULTADOS E DISCUSSÃO	104
CONCLUSÃO	109
AGRADECIMENTOS.....	109
REFERÊNCIAS.....	109

5 CONCLUSÃO GERAL.....	115
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
7 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....	119

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL: ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) COMO INDICADOR AMBIENTAL NO CULTIVO DE CAMARÕES MARINHOS

1 INTRODUÇÃO

1.1 Referencial Teórico

A produção aquícola mundial continua crescendo, segundo as estatísticas da FAO (2014), alcançando a marca histórica em 2012 de 90,4 milhões de toneladas. Este crescimento segue sendo relativamente elevado devido à alta demanda verificada entre a maioria dos países produtores.

Deste total, 66,6 milhões de toneladas correspondem ao grupo de peixes comestíveis, que incluem os peixes de escama, crustáceos, anfíbios, tartarugas de água doce e outras espécies como ascídias, pepinos do mar, medusas comestíveis, produzidos como alimento destinado ao consumo humano.

Ainda segundo a FAO (2014), do total da produção do grupo peixes comestíveis, 15 países são responsáveis por 92,7% da produção mundial, sendo a China o maior produtor com mais de 41 milhões de toneladas, das quais, mais de 3,5 milhões de toneladas são oriundas da produção de crustáceos neste país.

A produção de crustáceos na China equivale ao total de camarões oriundos da pesca de captura, que foi de 3,4 milhões de toneladas em 2012.

Apesar do crescimento observado, alguns países tiveram seus índices produtivos diminuídos em função de causas naturais como enchentes e tsunamis, mas, principalmente em relação ao surgimento de novas enfermidades em países produtores como Tailândia, China, Malásia, México e Vietnã (FAO, 2014).

Esta nova doença, Síndrome da Mortalidade Precoce (EMS), afeta a três espécies de camarões de cultivo: *Penaeus monodon*, *Penaeus vannamei* e *Penaeus chinensis* e tem como agente patogênico o *Vibrio parahaemolyticus*, causando perdas significativas na produção (TRAN et al., 2013).

Embora o Brasil siga se recuperando no cenário mundial em relação à produção aquícola, o cultivo de camarões, após o seu segundo “boom” de crescimento, iniciado em 1995/96 com a espécie *Litopenaeus vannamei*, confronta pela primeira vez problemas que afetam o seu desenvolvimento (ROCHA, 2007).

Segundo este mesmo autor, quando se compara o desempenho do setor no período 1997 a 2003 com o período 2003 a 2006, verifica-se

que, enquanto no primeiro a produção cresceu de 3.600 toneladas para 90.190 toneladas, no segundo, ocorreram reduções significativas na produção, recuando para 65.000 toneladas; no volume exportado, que decresceu para 30.098 toneladas.

A queda no volume produzido, exportado e na produtividade brasileira está relacionada aos efeitos da ação *antidumping* promovida pelos pescadores da região Sul dos Estados Unidos, pelo surgimento das enfermidades virais no Brasil (Vírus da Mionecrose Infecciosa (IMNV) na região Nordeste e Vírus da Mancha Branca (WSSV) na região Sul do Brasil) e pela taxa cambial (real/dólar) desfavorável aos produtores do camarão marinho (ROCHA, 2007).

O cultivo de camarões marinhos em Santa Catarina vem acumulando resultados negativos nos últimos anos. O surgimento da enfermidade da mancha-branca em 2004 acarretou grandes perdas durante os cultivos, gerando dificuldades e elevação do custo de produção das pós-larvas, motivando a maioria dos carcinocultores do Estado a encerrarem suas atividades.

A carcinocultura marinha no Estado se caracteriza por fazendas de pequeno e médio porte. A introdução da espécie *L. vannamei* trouxe excelentes resultados técnicos e econômicos (COSTA, et al., 2000).

Desde então, a produção vinha crescendo vertiginosamente, atingindo valores de 4.189 toneladas em 1.563 hectares de viveiros, nas 106 fazendas de cultivo em operação no ano de 2004.

Estes números sofreram forte queda nos anos subsequentes com o surgimento da mancha branca (SEIFFERT et al., 2005), reduzindo drasticamente a produção e o número de fazendas em operação no Estado (superior a 90% e 80% respectivamente) (COSTA, 2010), mudando as características do sistema de produção empregado até então, o semi-intensivo, principalmente na redução nas densidades de estocagem.

1.2 Sistemas de Produção Aquícola

Basicamente, os sistemas de produção aquícolas podem ser classificados em extensivos, semi-intensivos, intensivos e superintensivos, dependendo da densidade de animais por área ou volume do meio líquido. Quanto maior a densidade de trabalho, maior a produtividade e maior o consumo de alimento e energia (PAZ et al., 2005).

Além disto, a intensidade da utilização de recursos como capital mão de obra, terra, água, larvas, rações, adubos, equipamentos e empregos de tecnologias como, por exemplo: tratamento do solo após a despesca, utilização de bandejas na alimentação dos camarões, renovação de água, aeração ou uso de tanques berçários, auxiliam na diferenciação dos sistemas de cultivo.

1.2.1 Sistema extensivo

O sistema extensivo de cultivo de camarões utiliza viveiros escavados no solo com dimensões que podem ir de 2 a 20 ha, sem uso de aeradores e nenhum controle ambiental devido à baixa taxa de renovação de água. A alimentação natural é predominante devido às baixas densidades de cultivo praticadas (1 a 4 camarões por m²) (ShEST, 2007), que refletem em produtividades inferiores a 800 kg/ha.

1.2.2 Sistema semi-intensivo

O sistema de cultivo semi-intensivo utiliza viveiros escavados no solo com dimensões entre 1 a 10 ha, com uso de aeradores (4 hp/ha), baixo controle ambiental e média taxa de renovação de água. As densidades praticadas vão de 5 a 30 camarões por m² e além da alimentação natural é necessária a suplementação com ração (ShEST, 2007), de 2 a 3 vezes ao dia, com uma produtividade média de 500 a 2.500 kg/ha.

1.2.3 Sistema intensivo e superintensivo com bioflocos

No cultivo intensivo com bioflocos, os viveiros são pequenos (menores que 2 ha), escavados no solo e recobertos com geomembrana. A renovação de água é mínima ou nula e se aplica um médio controle ambiental. Devido às altas densidades praticadas (30 a 120 camarões por m²), o uso de rações balanceadas é bastante importante, sendo que os animais são alimentados de 3 a 5 vezes ao dia, além da necessidade do aumento da capacidade de aeradores instalada (20hp/ha), para suportar as altas produtividades deste sistema (4.000 a 11.000 kg/ha). Mesmo sem a renovação de água, a retirada dos sólidos suspensos é necessária (DAVIDSON e SUMMERFELT, 2005).

O sistema superintensivo com bioflocos utiliza tanques pequenos (até 0,2 ha), de fibra ou de estrutura de alvenaria, cobertos com geomembrana, dentro de estufas.

As densidades de cultivo vão de 120 a 900 camarões por m², ou mais, arraçoados de 3 a 8 vezes ao dia. A aeração é mantida através de pedras porosas ou aerotubos, abastecidos por sopradores de ar (100 hp/ha), renovação mínima ou nula de água, aquecimento de água e altíssimo controle ambiental, com produtividades entre 4.000 e 100.000 kg/ha. Mesmo sem a renovação de água, neste sistema esta pode ser reaproveitada por mais de cinco anos, a retirada dos sólidos suspensos é necessária (DAVIDSON e SUMMERFELT, 2005).

1.3 Considerações Sobre a Espécie Cultivada

O *L. vannamei* está entre as espécies de camarões mais cultivadas no mundo (figura 1).

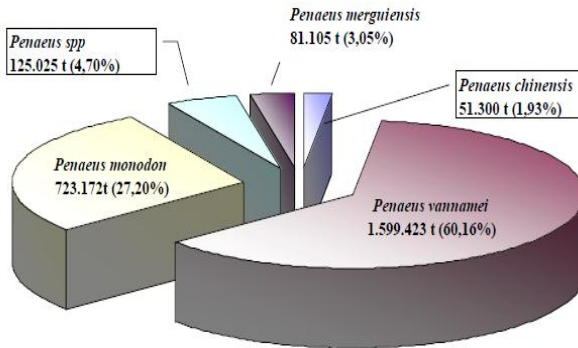


Figura 1: Espécies de camarões produzidas mundialmente (MENDES, 2008).

1.3.1 Taxonomia e distribuição do *Litopenaeus vannamei*

O camarão marinho *L. vannamei* é uma espécie nativa da costa sul americana do Oceano Pacífico, com distribuição do Peru ao México e taxonomicamente pode ser descrito da seguinte maneira:

Tabela 1: Taxonomia do *L. vannamei* segundo PÉREZ-FARFANTE e KENSLEY, (1967).

Filo	Arthropoda
Subfilo	Crustácea
Classe	Malacostraca
Subclasse	Eumalacostraca
Superordem	Eucarida
Ordem	Decapoda
Subordem	Dendrobranchiata
Família	Penaeidae
Gênero	<i>Litopenaeus</i>
Espécie	<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone 1931

Embora o Brasil possua outras espécies com potencial comercial, os cultivos seguem a tendência mundial e o *L. vannamei*, também é a espécie mais cultivada no país.

Isto se deve principalmente a algumas características zootécnicas desta espécie como, por exemplo: rusticidade, tolerância as variáveis ambientais durante o cultivo; capacidade de suportar variações nas densidades de estocagem; boa taxa de crescimento; baixos requerimentos nutricionais e pacote tecnológico amplamente desenvolvido para o cultivo comercial desta espécie.

1.3.2 Engorda de camarões no Estado de Santa Catarina

Os cultivos comerciais no Estado de Santa Catarina iniciaram a partir da instalação do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), da Universidade Federal de Santa Catarina em 1985.

No início foram utilizadas as espécies nativas *Farfantepenaeus paulensis* e *Litopenaeus schmitti*, mas os resultados não foram animadores. O fraco desempenho econômico da atividade, associado à falta de pacote tecnológico capaz de alavancar os cultivos no Estado, fez com que vários empreendimentos comerciais encerrassem suas atividades.

A introdução do *L. vannamei* em 1998 trouxe importante crescimento a carcinocultura catarinense, com auge em 2004. O rápido aumento do número de fazendas comerciais fez com que o Estado atingisse índices elevados de produtividade de camarões cultivados comercialmente (Figura 2).

Produção de camarões em Santa Catarina

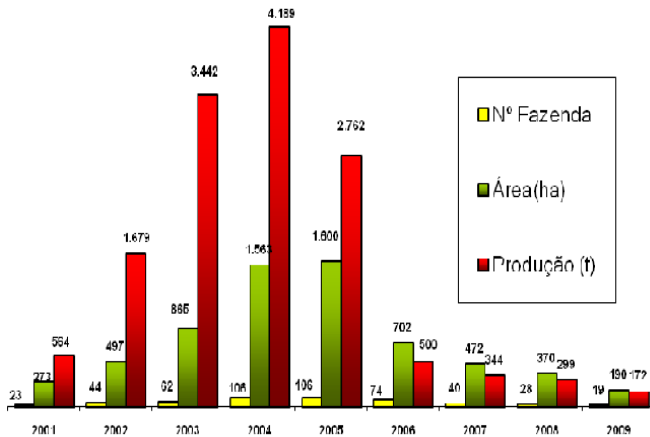


Figura 2: Comportamento da carcinocultura catarinense, produtividade, área e número de propriedades, 2001-2009 (COSTA, 2010).

Inicialmente promissor, o cultivo de camarões marinhos em Santa Catarina vem acumulando resultados negativos nos últimos anos a partir do surgimento da enfermidade da mancha branca.

O sistema de cultivo praticado no Estado, semi-intensivo, é tradicionalmente realizado em viveiros de terra localizados nas regiões costeiras (CHAMBERLAIN, 2010), necessita de renovações de água para manter o seu equilíbrio e pode trazer riscos para os cultivos próximos, uma vez que, a água bombeada para os viveiros pode ser um vetor potencial de doenças (LIGHTNER, 2003).

A crise no cultivo de camarões marinhos catarinense, fez com que as poucas fazendas de engorda que mantiveram suas atividades adotassem medidas de cultivo biosseguro, que vão desde a aquisição de pós-larvas certificadas, uso de linhagens livres de doenças (SPF) ou controles mais eficientes na produção como, por exemplo, o acompanhamento sanitário do cultivo durante a engorda e implementação de berçários para produção de pós-larvas, adquiridas de outros laboratórios de referência (BELETTINI et al., 2010).

Além disto, inúmeros estudos tem sido e estão sendo realizados, por pesquisadores estaduais, capitaneados pela UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina e EPAGRI – Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina, principalmente sobre os cultivos em sistema

fechado (tecnologia de bioflocos), que surgem como alternativa promissora ao setor.

1.4 Aquicultura e Meio Ambiente

A fim de evitar prejuízos com a atividade, sobretudo com doenças, é preciso entender a aquicultura como um ecossistema.

As atividades aquícolas dependem do aporte de nutrientes, de energia para manutenção de sua produtividade, produzem resíduos que precisam ser eliminados, a fim de equilibrar o sistema e evitar o seu colapso. Desta forma, o manejo ambiental é fundamental para a sustentabilidade da aquicultura (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).

Estatísticas da FAO (2010) revelam que a aquicultura é uma atividade que apresenta grande crescimento a nível mundial, importante fonte de proteína de origem animal.

No Brasil este fato também é significativo, conforme dados do MPA (2011), a aquicultura brasileira aumentou em 31,1% em relação a 2010, com uma produção de aproximadamente 628 mil toneladas de pescado, das quais, 65,7 mil toneladas provêm da carcinocultura.

Este crescimento tem sido pautado na necessidade cada vez maior da produção de alimentos, a fim de suportar o crescimento populacional, sobretudo nos países em desenvolvimento. Todavia, a expansão da atividade, principalmente o cultivo de camarões marinhos, é limitada por barreiras ambientais e econômicas por ser considerada uma atividade potencialmente poluidora, principalmente no que tange a eliminação de efluentes.

A qualidade da água é um fator fundamental no sucesso da produção e pode ser influenciada por processos de metabolismo, respiração, densidades de cultivo, alimentação dos animais e substâncias químicas usadas no controle de pragas e doenças (BOYD & MASSAUT, 1999; VINATEA, 2004; MAGALHÃES, 2004). Sendo assim, os efluentes aquícolas tornam-se fontes potenciais de poluição em corpos receptores devido à forma contínua de descarte durante o ciclo de produção (PAZ et al., 2005).

Diante disto, diferentes países têm trabalhado no desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo que possibilitem maior biossegurança e uso racional da água, sendo o cultivo intensivo ou superintensivo com bioflocos uma alternativa para substituir os sistemas

tradicionais (McABEE et al., 2003, HARGREAVES, 2006; SAMOCHA et al., 2007).

Os sistemas de cultivo intensivo fechado por apresentarem troca zero, ou troca mínima de água, proporcionam a redução dos riscos de introdução de patógenos no ambiente de cultivo associados à renovação de água, bem como a exportação destes para o meio circundante (AVNIMELECH, 1999; LIGHTNER, 2003; HARGREAVES, 2006). Outro aspecto importante desse sistema é a redução ou ausência de efluentes, o que diminui a poluição orgânica e seus efeitos adversos sobre as áreas naturais (EBELING et al., 2004).

A busca por sistemas de cultivo ambientalmente mais amigáveis e biosseguros (AVNIMELECH, 2009) e menos dependentes da exploração dos recursos naturais, como é o caso da farinha de peixe usada como fonte proteica na ração destinada à alimentação dos animais (SCOPEL, 2011).

Esta tem sido a tônica de muitos pesquisadores, uma vez que, este recurso é limitado e finito (HARDY, 2010), sofrendo críticas ao redor do mundo devido a sua utilização excessiva (NEW, 2003) e à diminuição dos estoques pesqueiros naturais e consequente desequilíbrio ambiental (NAYLOR, 2000) pela sobre exploração deste recurso natural.

1.5 Sustentabilidade na Aquicultura

A redução dos estoques naturais é um problema relacionado à segurança alimentar e bem estar social no mundo, uma vez que o déficit entre a quantidade de pescado capturada e a demanda de consumo faz da aquicultura uma das mais promissoras atividades no fornecimento de alimentos de alto valor nutritivo (FROTA, 2006; CAMARGO & POUHEY, 2005).

Existem muitos métodos empregados no cultivo de organismos aquáticos. Cada um resulta em alterações ambientais, econômicas e sociais, na região onde está inserido. É necessário, portanto identificar e mitigar estes impactos por meio do planejamento adequado da produção, melhores práticas de gestão e controle eficiente.

1.5.1 Carcinocultura sustentável

O cultivo de camarões é muito praticado no litoral do Brasil, principalmente em criatórios localizados a poucos metros da costa, em viveiros escavados em solo natural (IBAMA, 2008; BORGHETTI & SILVA, 2008).

A indústria do cultivo de camarões marinhos tem grande importância econômica e social, mas também sofre severas críticas devido aos impactos negativos associados sobre o meio ambiente, ecossistemas aquáticos e sobre a vida humana em áreas costeiras (DIANA, 2009).

Muitos destes impactos estão caracterizados pelo grande uso de recursos naturais (água e solo), eutrofização, efluentes gerados durante os cultivos, diminuição da biodiversidade local, uso de espécies potencialmente invasoras, conflitos com outros usuários locais, aquecimento global entre outros. A partir do conhecimento destes impactos sobre o meio, houve a necessidade do entendimento da dinâmica dos modelos de produção, consumo de recursos, políticas de desenvolvimento, que pudessem agir em harmonia com desenvolvimento populacional e constante avanço antrópico sobre os ecossistemas.

Ainda que atualmente o termo sustentabilidade esteja em evidência, pouco se sabe, segundo Valenti (2010), o que significa e qual o caminho para chegar até ela. Muito disso em função da perspectiva, ou seja, da importância que é dada a cada uma das dimensões a serem consideradas: o ambiente, a economia e a sociedade.

Vinatea (1999) aborda o conceito ecológico de sustentabilidade como o equilíbrio produtivo de um ecossistema onde a interação dos recursos bióticos e abióticos mantenha a população em níveis de flutuação, sem arruinar nenhum recurso, mantendo-se a população ao longo do tempo sem alterações bruscas ou repentinas. Valenti (2008) complementa este conceito ao afirmar a necessidade de que cada geração deixe à próxima, uma quantidade de recursos naturais equivalentes àquela que recebeu.

Cultivos alternativos têm surgido com vistas a promover uma carcinocultura mais sustentável. É o caso do cultivo de camarões em cercados voltados para comunidades tradicionais, com baixo custo de produção e tecnologia acessível ao pequeno produtor (CAVALLI et al., 2007).

No outro extremo, tecnologias de cultivo intensivo como são os sistemas intensivos fechados (caso dos bioflocos), que basicamente acontecem com pouca ou nenhuma troca de água e os nutrientes são ciclados dentro do próprio ambiente de cultivo, resultando em menor consumo de recursos naturais e prejuízo ambiental por unidade de camarão produzido.

Mas qual sistema de produção é mais sustentável?

É necessário medir então a sustentabilidade dos diferentes sistemas de cultivo de camarões marinhos empregados.

Para isto, diferentes metodologias podem ser empregadas atuando basicamente através da utilização de indicadores, abrangendo todas as dimensões do processo produtivo e assim auxiliar a tomada de decisões, onde, na aquicultura, isto ainda é muito raro.

Estas ferramentas poderão indicar o modelo de carcinocultura mais produtiva, lucrativa e que interaja de forma consonante e duradoura com o ambiente e a sociedade.

1.6 Indicadores de Sustentabilidade

As questões ambientais, econômicas e sociais tem aumentado a preocupação sobre os modelos de produção de camarões de forma a torná-los mais ambientalmente amigáveis, economicamente rentáveis e socialmente aceitáveis (CAO, 2012).

Alguns indicadores podem auxiliar no conhecimento e entendimento destas preocupações e de como contorná-las ou amenizá-las. Afinal, é do ambiente que vêm os insumos necessários e é para ele que volta o resultado, na forma de efluente, do processo produtivo.

Existem vários métodos capazes de medir o impacto causado por determinado processo produtivo, no âmbito ambiental, econômico e social. Isto se aplica independentemente para aqueles produtos destinados ao consumo local, bem como aqueles oriundos da produção industrial.

A aquicultura partilha de preocupações ambientais que acompanham outras práticas agrícolas tradicionais (GRIGORAKIS & RIGOS, 2011).

Exemplos de indicadores ambientais que podem ser utilizadas na aquicultura estão descritos a seguir.

1.6.1 Análise emergética

De acordo com Valenti (2010), esta metodologia foi desenvolvida por Odum em 1996, e contabiliza através de fluxos, os serviços naturais como o gasto da natureza na produção de recursos; a absorção de impactos ambientais; custos com tratamento de resíduos; os serviços médicos necessários para remediar problemas de saúde causados pelo processo produtivo e a exclusão social.

Um exemplo do uso deste indicador na aquicultura foi o estudo de Cavalett et al., (2006). Estes autores avaliaram a produção de grãos, suínos e peixes, de forma separada e integral, concluindo que o sistema integrado é o modelo de produção mais eficiente.

1.6.2 Pegada ecológica

Definida como a área requerida para manter os padrões de consumo de uma população, levando-se em conta a produção dos recursos usados e o processamento dos resíduos gerados no processo produtivo, além da área e as instalações necessárias (VALENTI, 2010).

A figura abaixo ilustra um exemplo da aplicação deste indicador ambiental na aquicultura.

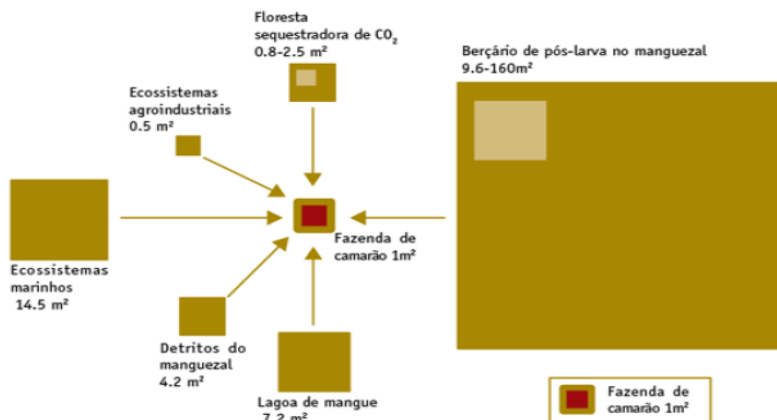


Figura 3: Áreas requeridas (m²) para a manutenção de 1m² de cultivo semi-intensivo de camarão marinho (Larsson et al., 1994), segundo Valenti (2010).

Samuel-Fitwi et al. (2012), avaliando ferramentas de suporte para o desenvolvimento sustentável da aquicultura, comentam que os resultados atribuídos à pegada ecológica usada como indicador na aquicultura, apresentam enormes diferenças entre os sistemas estudados. O aumento da intensificação nos cultivos exige uma maior quantidade de hectares globais a cada ano, devido à biocapacidade de regeneração. Isto torna a escala de produção um dos fatores mais importantes no desequilíbrio ambiental.

1.6.3 Resiliência

A resiliência pode ser entendida como a capacidade de um sistema de produção manter-se estável frente às modificações da cadeia produtiva ou a qualquer elemento do cenário produtivo onde a atividade se encontra. Normalmente é usada como um referencial teórico e devido à incerteza das atividades aquícolas, este indicador pode ser importante na manutenção dos produtores aquícolas na atividade (VALENTI, 2010).

1.6.4 Pegada de carbono (CF)

A produção e consumo de alimentos, afeta o meio ambiente e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem sido consideradas para discussão dos problemas ambientais.

Esta conscientização sobre as mudanças climáticas tem feito da pegada de carbono um indicador cada vez mais popular, onde todos os gases emitidos durante o ciclo de vida de um produto são quantificados e transformados em CO₂ equivalente e assim, definir a sua capacidade de contribuir com o aquecimento global (RÖÖS et al., 2013).

A contribuição dos gases de efeito estufa oriundos da pesca e da aquicultura ainda é pequena quando comparada com outros setores produtivos, mas identificáveis e, portanto, ações para a mitigação podem ser implementadas como, por exemplo, redução do consumo de energia usada tanto na pesca como na industrialização dos insumos e na condução dos sistemas de cultivo aquícola (FAO, 2009).

Diferentes estudos, a maioria com base nas informações obtidas a partir da análise do ciclo de vida, contendo informações a respeito da produção de gases de efeito estufa na pesca e aquicultura tem sido

realizados como, por exemplo, Boyd et al., (2010); Iribarrem et al., (2010); Ziegler et al., (2012).

1.6.5 Análise do ciclo de vida

A Análise do Ciclo de Vida (ACV ou LCA, do inglês, *Life Cycle Assessment*) é o indicador a ser utilizado neste estudo para avaliar ambientalmente os cultivo de cultivo de camarões marinhos.

Dentre as várias metodologias de gestão ambiental, a sua regulamentação no Brasil é dada pelas normas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044, atualizadas no ano de 2009 (ABNT, 2009a, 2009b).

Esta ferramenta é responsável por quantificar os fluxos de materiais e energia em todas as fases da vida de um produto (do berço ao túmulo) e o seu resultado permite identificar quais etapas apresentam desempenho e custo ambiental elevado, permitindo ações que possibilitem a mitigação destes aspectos.

A Série de Normas de Gestão Ambiental ISO 14000, estabelece segundo Chehebe (1997), quatro fases que a ACV deve contemplar de acordo com a normativa ISO 14040 (Figura 4).

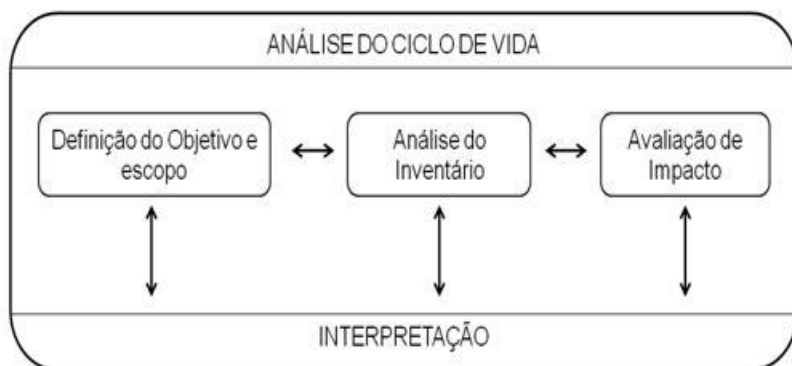


Figura 4: Fases da Análise do Ciclo de Vida - ISO 14040 (Arvanitoyiannis, 2008).

Os primeiros estudos utilizando esta ferramenta na aquicultura foram realizados por Papatryphon et al., (2004) avaliando a alimentação em salmões, segundo Henriksson et al., (2012). Este mesmo autor, em

sua revisão sobre ACV em sistemas aquícolas, coloca que a partir de 2005 surgiram estudos relacionados ao cultivo de camarões marinhos, na Tailândia, publicados por Mungkung (2005).

1.6.5.1 Definição do objetivo e do escopo

“Descrição da abrangência e limites, da unidade funcional, da metodologia e dos procedimentos necessários para a garantia da qualidade do estudo”.

A unidade funcional e o objetivo do estudo praticamente definem os limites e o inventário da análise do ciclo de vida de um produto. A unidade funcional é a referência para relacionar as entradas e saídas do sistema e, bem definida, pode ser comparada. Do contrário, diferentes unidades funcionais podem levar a diferentes resultados de ACV de um mesmo produto.

Em aquicultura, a cadeia produtiva é bastante longa e em grande parte dependente do sistema como, por exemplo, as entradas relacionadas à alimentação durante a produção de alevinos ou formas jovens adquiridas para o cultivo ou então se o produto final é comercializado a fresco, não é necessário considerar o processamento (SONESSON et al., 2005).

Estas dificuldades, segundo Pelletier e Tyedmers (2010), tem feito com que poucos estudos sejam conduzidos considerando uma fronteira além do portão da fazenda de cultivo.

1.6.5.2 Análise do inventário do ciclo de vida

“Fase de coleta e quantificação de todas as variáveis (matéria prima, energia, transporte, emissões para o ar, efluentes, resíduos sólidos, etc.) envolvidas durante o ciclo de vida de um produto”.

Etapa importante da ACV, onde problemas relacionados ao inventário são frequentes, girando especificamente em torno do fluxo de material, de energia e da modelagem dos processos.

A alocação é uma das situações mais importantes e se refere à forma adequada de alocar os encargos ambientais de um processo, ou seja, um artifício matemático para distribuir os impactos nos diferentes sistemas de produto.

A normativa ISO 14040 sobre análise de ciclo de vida orienta que a alocação deve ser evitada sempre que possível. Do contrário, deve ser feita, considerando-se os relacionamentos físicos subjacentes ou outros relacionamentos de importância durante o fluxo de um produto.

Henriksson et al. (2012), consideram que a maior parte dos inventários avaliados em modelagens de processos agrícolas, de pesca e outros, são inéditos.

Isto é lógico uma vez que o inventário está diretamente ligado à fase anterior da análise, onde os fluxos de materiais e energia, em muitos casos, não podem ser repetidos, em se tratando de organismos vivos, sendo necessárias constantes adequações da modelagem a ser aplicada.

1.6.5.3 Avaliação do impacto

“Representa um processo qualitativo/quantitativo de entendimento e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais baseado nos resultados obtidos na análise do inventário.”

Esta fase da análise do ciclo de vida compreende a escolha das categorias de impacto, dos indicadores das categorias e dos modelos de caracterização, associados ao inventário realizado na fase anterior.

Etapas mais importantes em um estudo de ACV, Supeen & Abatia (2005), citam a necessidade de avaliar a importância relativa dos diferentes aspectos ambientais (emissões, consumo de recursos, geração de resíduos), e mesmo existindo dependência de características próprias das regiões geográficas onde eles ocorrem, podem ter maiores ou menores efeitos sobre a saúde humana e sobre os ecossistemas.

Estes mesmos autores colocam que a avaliação do impacto associado ao ciclo de vida de um processo, produto ou serviço, se faz mediante a aplicação de métodos de avaliação, criados em modelos que utilizam fatores pré-definidos para cada categoria de impacto, como por exemplo, mudança climática, toxicidade humana, eco toxicidade, depleção da camada de ozônio, consumo de recursos, eutrofização, acidificação, entre outras.

Um estudo de avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV) deve conter elementos obrigatórios, utilizados para converter os resultados do inventário em categorias de impacto, enquanto que os elementos opcionais servem para normalizar, ponderar, agrupar os dados do inventário, ilustrados nas Figuras 5 e 6.

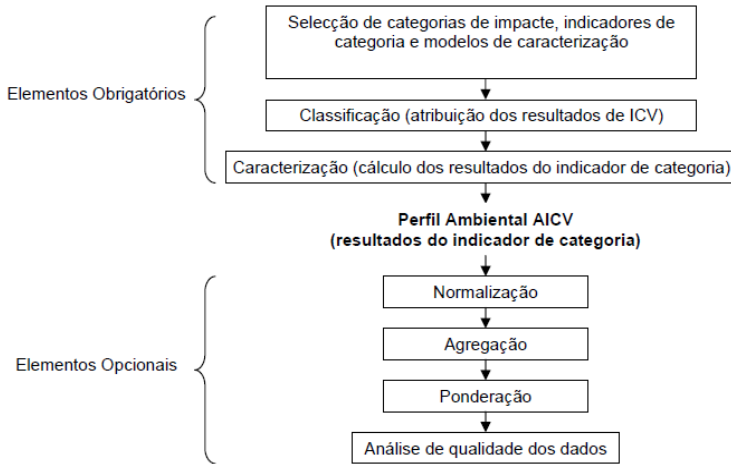


Figura 5: Elementos da análise do inventário do ciclo de vida (AICV), adaptado de ISO 14042, segundo Ferreira, (2004).

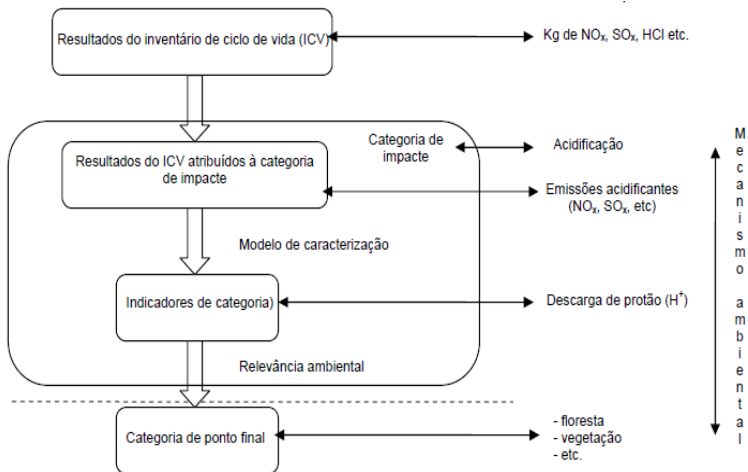


Figura 6: Estrutura geral da análise do inventário do ciclo de vida (AICV), adaptado de ISO 14042, segundo Ferreira, (2004).

No artigo: *Life cycle assessment of aquaculture systems – a review of methodologies*, Henriksson et al., (2012), mostram a frequência com que os pesquisadores orientam seus estudos em relação às diferentes categorias de impactos, usadas em estudos de ACV na aquicultura e o método de avaliação ambiental utilizado.

A maioria dos estudos usando esta metodologia teve como objetivo, quantificar o aquecimento global, acidificação e eutrofização ambiental (com 12 utilizações da metodologia cada) e o uso de energia elétrica (8 utilizações).

Estudos aplicados às categorias de impacto que causam danos a saúde humana, ainda não tem despertado o maior interesse dos pesquisadores até o momento.

Neste estudo, os dados coletados durante a análise do inventário do ciclo de vida, foram avaliados com o auxílio do programa computacional Software SIMApro PhD Pré Co 8.0.2[®] Pré consultants bv. 2014, que permite recolher, analisar e monitorar o desempenho ambiental de produtos e serviços. Este programa conta com um inventário completo na base de dados de materiais e processos, acoplados com ferramentas de cálculos de impactos.

1.6.5.4 *Interpretação dos resultados*

“Identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de inventário e/ou avaliação de impacto de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos.”

Fase final do processo de análise do ciclo de vida, nesta etapa é possível verificar a significância dos aspectos ambientais envolvidos em um processo ou produto, o quanto da camada de ozônio sofreu influência, quanto de recursos foram utilizados e o seu impacto sobre a redução dos recursos naturais e o impacto direto ao meio ambiente através da acidificação ou eutrofização do mesmo, além dos danos a saúde humana.

A correta interpretação dos resultados permite uma tomada de decisão bastante segura e eficiente, através da identificação de oportunidades de melhoria ou mesmo para comparar os sistemas de produção de um determinado produto ou processo.

1.7 Aplicação da metodologia da ACV nos cultivos de camarões marinhos estudados

A abordagem da análise do ciclo de vida é a metodologia a ser utilizada para comparar ambientalmente o sistema de cultivo de camarões marinhos, praticado nas unidades de produção da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 7), passando pelas quatro fases da ACV.

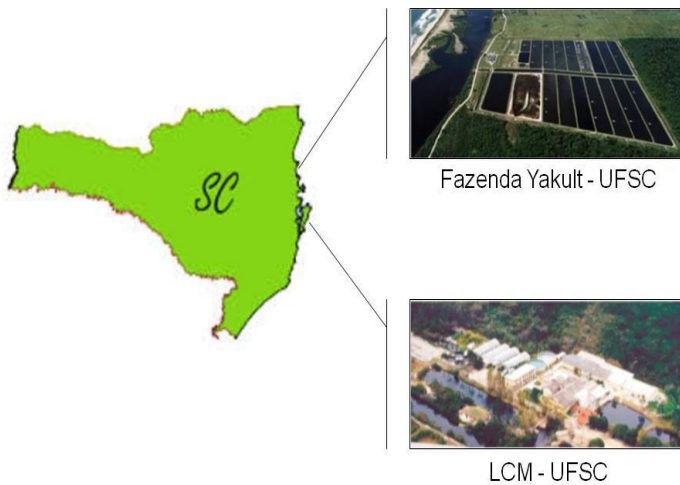


Figura 7: Localização das unidades de estudo.

A unidade funcional considerada foi: 1 kg de camarões marinhos, de tamanho médio 12 g, produzido nos sistemas de engorda, semi-intensivo e superintensivo com bioflocos, que estavam sendo realizados no momento da realização deste estudo.

O limite ou a fronteira do sistema está definido na Figura 8, considerando-se desde o preparo do viveiro até a despesca dos camarões.

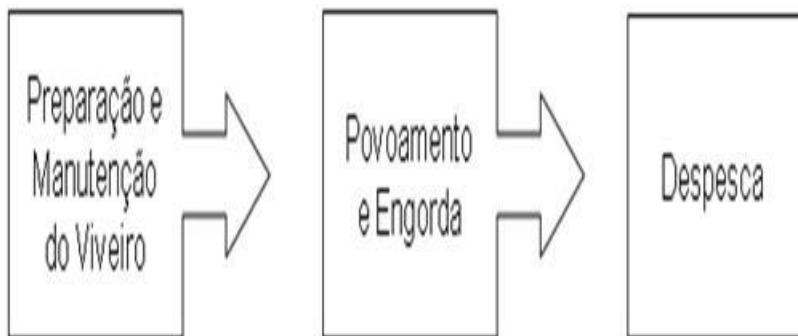


Figura 8: Fluxograma simplificado da engorda de camarões marinhos.

Na Figura 9 pode-se observar um modelo de inventário a ser praticado durante esta fase da ACV, relacionado ao cultivo de camarões marinhos, onde são identificadas todas as entradas e saídas do sistema de produção.

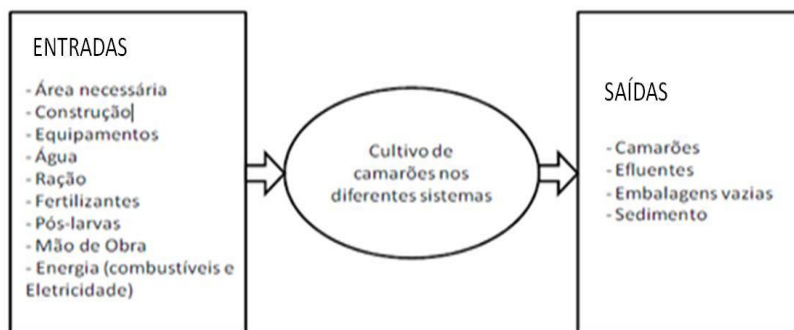


Figura 9: Exemplo de organograma dos *inputs* e *outputs* do cultivo de camarões marinhos

O inventário do ciclo de vida (ICV) do presente estudo compreendeu, desde a preparação do local onde é desenvolvido o cultivo até a despesca dos camarões, quando estes atingiram o tamanho comercial de 12 g, sendo que para cada uma das etapas anteriormente descritas, o inventário foi o seguinte:

1.7.1.1 Preparação do viveiro

A qualidade do fundo dos viveiros tem relação direta com a produtividade.

A correção do solo garante uma melhor qualidade de água e produção animal uma vez que as reações que ocorrem neste nível permitem a formação e liberação de nutrientes essenciais, que são assimilados na base da cadeia ecológica que acontece no viveiro de cultivo.

A etapa de preparação do viveiro foi definida como as atividades necessárias para correção e preparação do solo até o fechamento das comportas e enchimento do viveiro de cultivo.

Os dados inventariados durante esta fase da ACV estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos *L. vannamei*, entradas e saídas associadas à fase de preparação do viveiro, por kg de camarões produzido.

Material	Entrada
<i>Entradas conhecidas da natureza (recursos)</i>	
Água	m ³ /kg de camarões
Solo	m ² /kg de camarões
<i>Entradas conhecidas da esfera tecnológica</i>	
Madeira fechamento comportas	m ³ /kg de camarões
Fertilizante Ureia	kg/kg de camarões
Fertilizante Super Fosfato Triplo	kg/kg de camarões
Calcário	kg/kg de camarões
Energia elétrica (enchimento viveiro)	kWh/kg de camarões
Uso de maquinário agrícola *	kg/kg de camarões
Material	Saída
<i>Fluxo final de resíduo</i>	
Plástico residual (embalagens de fertilizantes)	kg/kg de camarões

* De acordo com base de dados Software SIMApro PhD Pré Co 8.0.2 Pré consultants bv. 2014

1.7.1.2 Manejo do cultivo

Na etapa de engorda dos camarões, o inventário teve início com o povoamento dos viveiros com as pós-larvas e encerrou com a despesca dos camarões ao final do cultivo. Foram inventariados dados

relacionados ao manejo alimentar dos camarões, da qualidade da água, necessidades de renovações ou reposições de água, uso de maquinário agrícola nas atividades de distribuição de alimento, biometrias e manutenção de acessos, além do consumo de energia elétrica utilizada no bombeamento de água e aquela usada nos aeradores (Tabela 3).

Tabela 3: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos, entradas e saídas associadas ao manejo durante a engorda, por kg de camarões produzido.

Material	Entrada
<i>Entradas conhecidas da natureza (recursos)</i>	
Água	m ³ /kg de camarões
<i>Entradas conhecidas da esfera tecnológica</i>	
Material biológico *	processo/ kg de camarões
Alimento para camarões	kg/kg de camarões
Energia elétrica (aeração)	kWh/kg de camarões
Energia elétrica (bombeamento de água para renovação, reposição)	kWh/kg de camarões
Uso de maquinário agrícola **	kg/kg de camarões
Material	Saída
<i>Emissões para o ar</i>	
Gases (dióxido de carbono e sulfeto)	kg/kg de camarões
<i>Emissões para a água</i>	
Água residual	m ³ /kg de camarões
Sólidos suspensos totais	kg/kg de camarões
Nitrogênio total	kg/kg de camarões
Fósforo total	kg/kg de camarões
<i>Emissões para o solo</i>	
Fósforo	kg/kg de camarões
<i>Fluxo final de resíduo</i>	
Plástico residual (embalagens de ração)	kg/kg de camarões

* Processo de produção de pós-larvas de camarões marinhos.

**De acordo com base de dados Software SIMApro PhD Pré Co 8.0.2 Pré consultants bv. 2014.

A quantificação e caracterização do afluente e efluente gerado também foram realizadas nesta etapa da análise do ciclo de vida, através dos dados de monitoramento da qualidade da água durante os cultivos.

Amostras de água coletadas periodicamente foram analisadas conforme metodologia descrita abaixo, na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros e frequência de monitoramento da qualidade da água durante a engorda, nos cultivos do camarão marinho submetidos à análise do ciclo de vida.

Parâmetro	Frequência	Método
Oxigênio dissolvido	Diário	Oxímetro polarográfico YSI 55
Temperatura	Diário	Oxímetro polarográfico YSI 55
pH	Diário	pH-metro digital
Salinidade	Diário	Refratômetro
Transparência	Quinzenal	Disco de secchi
Sólidos totais e voláteis	Quinzenal	APHA 2540 B.
DBO	Quinzenal	APHA (1998)
N-NH ₄ ⁺ / N-NH ₃	Quinzenal	GRASSHOFF et al.,(1983)
N-NO ₂ ⁻	Quinzenal	GRASSHOFF et al.,(1983)
N-NO ₃ ⁻	Quinzenal	GRASSHOFF et al.,(1983)
Fósforo total	Quinzenal	GRASSHOFF et al., 1983
Sulfeto	Quinzenal	GRASSHOFF et al.,(1983)
Gás Carbônico	Quinzenal	APHA (1998)
Alcalinidade	Quinzenal	APHA (1998)
Quantidade de água utilizada	Diário	Cálculo de vazão

A quantidade do alimento utilizado foi inventariada pelo somatório final do alimento ofertado durante a engorda até a despesca dos camarões com 12 g.

1.7.1.3 Despesca dos camarões

Os dados inventariados nesta etapa da análise do inventário do ciclo de vida foram obtidos a partir da despesca dos camarões, nos viveiros de engorda, onde as entradas estão associadas aos utensílios utilizados para capturar e armazenar os camarões e as saídas, ao efluente liberado, como pode ser observado na Tabela 5:

Tabela 5: Inventário do ciclo de vida do cultivo de camarões marinhos, entradas e saídas associadas à despesca por kg de camarões produzido.

Material	Entrada
<i>Entradas conhecidas da esfera tecnológica</i>	
Escorredor em fibra de vidro	kg/kg de camarões
Balaios de pesagem (plástico)	kg/kg de camarões
Caixas para banho de gelo (plástico)	kg/kg de camarões
Rede de despesca (nylon)	kg/kg de camarões
Material	Saída
<i>Emissões para o ar</i>	
Gases (dióxido de carbono e sulfeto)	kg/kg de camarões
<i>Emissões para a água</i>	
Água residual	m ³ /kg de camarões
Sólidos suspensos totais	kg/kg de camarões
Nitrogênio total	kg/kg de camarões
Fósforo total	kg/kg de camarões
<i>Emissões para o solo</i>	
Fósforo	kg/kg de camarões

1.8 Índices de Desempenho Zootécnico

Os índices de desempenho zootécnicos comumente utilizados para avaliar o crescimento durante a engorda dos camarões cultivados são a conversão alimentar (FCA), a taxa de crescimento específico diário (TCE), a sobrevivência e a produtividade.

Estes índices são avaliados somente após a despesca dos camarões, ou seja, ao final do cultivo, onde, a partir dos números obtidos é possível tomar decisões sobre as oportunidades de melhorias evidenciadas.

Durante o cultivo, o índice que auxilia o gestor na tomada de decisões em relação ao manejo durante a engorda é o crescimento dos camarões, que nada mais é do que o incremento em biomassa observado entre as biometrias realizadas semanal ou quinzenalmente, para determinar o peso médio dos camarões. Desta forma, é possível corrigir a quantidade de alimento ofertado, uma vez que o custo do alimento é o item mais oneroso durante a engorda.

1.8.1 Conversão alimentar (CA)

Relação entre o alimento ofertado durante a engorda e a biomassa final obtida. Dada pela fórmula:

$$FCA = \frac{\text{alimento ofertado (kg)}}{\text{biomassa final obtida(kg)}}$$

1.8.2 Taxa de crescimento específico (TCE%)

Dada pela fórmula:

$$TEC \% = \frac{100 \times (\text{Ln Pf} - \text{Ln Pi})}{\text{Dias de cultivo}}$$

Onde:

Ln: logaritmo natural;

Pf: peso final;

Pi: peso inicial.

1.8.3 Sobrevivência (S%)

Corresponde ao número de camarões (indivíduos) despescados, dado pela fórmula:

$$S\% = \frac{\text{população final}}{\text{população inicial}} \times 100$$

1.8.4 Produtividade (quilogramas por m²)

Obtida pela relação entre a biomassa final despesada em kg pela área de cultivo em m², dado pela fórmula:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{biomassa despesada (kg)}}{\text{área cultivada (m}^2\text{)}}$$

2 JUSTIFICATIVA

Todas as atividades produtivas são impactantes ao meio e na aquicultura esses impactos podem ser classificados em 03 conjuntos: aqueles oriundos do meio ambiente (exógenos); os resultantes da própria aquicultura (endógenos) e os causados pela aquicultura sobre o meio ambiente, podendo ser positivos ou negativos (VALENTI et al., 2000).

Atualmente, a segurança alimentar e a produção sustentável, são temas que tem alavancado uma grande quantidade de pesquisas que envolvem a produção e distribuição dos alimentos (ROY et al. 2009; RUVIARO et al., 2012). Na aquicultura, este também tem sido a tônica dos processos de produção.

A aquicultura se caracteriza pela grande necessidade de recursos, nutrientes e energia para manutenção da produtividade, tendo como consequência, produção de resíduos e efluentes que necessitam ser gerenciados durante a produção, ou seja, o manejo ambiental dos cultivos, a retirada dos poluentes, são ações essenciais para a sustentabilidade das atividades próprias da aquicultura (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).

Promissor no cultivo de camarões marinhos, o estado de Santa Catarina sofre desde o final de 2004 com problemas sanitários associados ao cultivo.

O emprego incorreto das tecnologias de cultivo favoreceu o aparecimento de doenças que acarretaram grande prejuízo econômico, social e principalmente ambiental ao setor produtivo, uma vez que, com a presença de partículas virais no ambiente natural, existe a necessidade de cultivar camarões empregando outras tecnologias de produção, em substituição ao tradicional sistema semi-intensivo.

Nesta linha de pensamentos, os sistemas de cultivo intensivo fechado são considerados uma alternativa biossegura à carcinicultura tradicional, pois se baseiam na troca zero ou mínima de água, risco sanitário menor durante o cultivo a para o ambiente externo, (AVNIMELECH, 1999; LIGHTNER, 2003; HARGREAVES, 2006), além da redução ou ausência de efluentes, o que diminui a poluição orgânica e seus efeitos adversos sobre as áreas naturais (EBELING et al., 2004).

A utilização de práticas de manejo ambientalmente mais adequadas e o estabelecimento de níveis críticos para parâmetros considerados limitantes ao desempenho do sistema são passos necessários para a consolidação dessa tecnologia.

Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia eficiente para avaliar os indicadores de impactos ambientais em diferentes áreas produtivas, identificando e quantificando o uso dos recursos e o impacto ambiental nos processos de produção (SAMUEL-FITWI et al., 2012).

A definição de critérios ambientais confiáveis faz da ACV uma ferramenta importante para o agronegócio, como uma forma de apoiar os processos de tomada de decisão sobre as tecnologias de produção (RUVIARO et al., 2012).

A existência de poucas referências em relação à aplicação desta metodologia na aquicultura, sobretudo no cultivo de camarões marinhos, traz relevância ao tema proposto para o estudo nesta tese.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Contribuir com desenvolvimento sustentável da carcinocultura marinha, por meio da aplicação da metodologia de avaliação ambiental Análise do Ciclo de Vida, na produção de camarões marinhos em diferentes sistemas de cultivo.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Avaliar ambientalmente o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema semi-intensivo, alimentado com rações contendo dois diferentes teores de proteína bruta;

3.2.2 Avaliar ambientalmente o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de cultivo superintensivo fechado com bioflocos, com diferença na relação carbono:nitrogênio;

3.2.3 Comparar a pegada de carbono, calculada através da metodologia da análise do ciclo de vida, nos sistemas de cultivo de camarões avaliados.

4 FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS

A tese está dividida em quatro capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à introdução geral e os demais correspondem cada um a um artigo científico.

Os artigos estão formatados de acordo com as normas da revista PAB - Pesquisa Agropecuária Brasileira.

CAPÍTULO II

Avaliação do ciclo de vida do camarão marinho cultivado em sistema semi-intensivo

Frank Belettini¹, Felipe do Nascimento Vieira¹, Edivan Cherubini², Guilherme Zanghelini², Sebastião Roberto Soares², Luis Vinatea Arana¹

¹ Laboratório de Camarões Marinhos - LCM, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, SC. E-mail: frank.belettini@posgrad.ufsc.br, luis.vinatea@ufsc.br, felipe.vieira@ufsc.br

² CICLOG – Grupo de Pesquisa em Análise do Ciclo de Vida, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Caixa postal 476, CEP 88040-970, Florianópolis, SC. E-mail: edivan.cherubini@posgrad.ufsc.br, guilherme.zanghelini@posgrad.ufsc.br, sr.soares@ufsc.br

Resumo – O cultivo semi-intensivo de camarões marinhos, utilizando teores de proteína bruta (PB) na dieta de 24,3 (cenário R24) e 36,7% (cenário R36), foi avaliado usando da metodologia da análise do ciclo de vida, nas etapas de preparação dos viveiros, engorda e despesca dos camarões. Os cultivos foram conduzidos durante 110 dias, e a densidade praticada foi de 15,5 camarões por m². O crescimento dos camarões seguiu o padrão de cultivos comerciais neste sistema de engorda. Os dados do inventário do ciclo de vida foram avaliados no software SimaPro®, para as categorias de impacto aquecimento global, depleção da camada de ozônio, depleção abiótica, eutrofização e acidificação ambiental. O cenário R36 apresentou melhor desempenho ambiental para o potencial de depleção abiótica (1,18E-06 kg Sb eq.); aquecimento global (1,0048 kg CO₂ eq.); depleção da camada de ozônio (3,02E-08 kg CFC-11 eq.); acidificação ambiental (0,0031 kg SO₂ eq.) e eutrofização ambiental (0,0724 kg PO₄ eq.). A energia elétrica e a água usada durante os cultivos foram os fatores que mais contribuíram com o resultado observado.

Termos para indexação: *Litopenaeus vannamei*, análise do ciclo de vida, impacto ambiental, engorda, gestão ambiental.

Introdução

O cultivo mundial de camarões marinhos foi superior a 3,9 milhões de toneladas em 2012 e a espécie *L. vannamei* a mais cultivada (FAO, 2014).

Este crescimento está pautado na diminuição do volume capturado pela pesca comercial e na crescente necessidade de produzir alimentos, capazes de suportar o crescimento populacional, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Todavia, a expansão da atividade, principalmente o cultivo de camarões marinhos, é limitada por barreiras ambientais, que a consideram potencialmente poluidora.

Vários métodos podem ser empregados no cultivo de organismos aquáticos, cuja prática afeta ambientalmente a região em que está inserido. É necessário identificar e mitigar estes impactos através do planejamento adequado da produção, do emprego de melhores tecnologias de cultivo e práticas de gestão, além do controle eficiente.

A aquicultura partilha de preocupações ambientais que acompanham outras práticas agrícolas (Grigorakis & Rigos, 2011) e tem buscando, aperfeiçoar o processo produtivo para evitar o impacto ambiental associado.

Existem várias metodologias e ferramentas utilizadas para avaliar os impactos ambientais de diferentes sistemas, tais como: Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), Estudos de Impacto Ambiental (EIA), Avaliação de Risco Ambiental (ARA), Análises de Custo-Benefício, Análises de Fluxo Material, Pegada Ecológica e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (Finnveden et al., 2009).

A metodologia de ACV realiza uma compilação das entradas e saídas (aspectos) de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. Com abordagem abrangente, a ACV considera os impactos de todos os aspectos ambientais do ciclo de vida de diferentes sistemas de produto, evita a transferência

de impactos na avaliação de um cenário padrão e suas alternativas, garantindo maior confiabilidade na tomada de decisão.

Esta é, portanto, a metodologia usada para avaliar o desempenho ambiental do camarão marinho cultivado em sistema semi-intensivo, alimentado com rações contendo dois diferentes teores de proteína bruta em sua composição.

Materiais e Métodos

Descrição do sistema

O sistema de produto avaliado é o camarão marinho *L. vannamei*. Os dados foram coletados no sistema de cultivo comercial semi-intensivo, com densidade de 15,5 camarões por m², conduzidos na Fazenda Experimental Yakult - UFSC, localizada no município de Barra do Sul, litoral norte do estado de Santa Catarina.

O solo dos viveiros foi previamente preparado, com a aplicação de calcário na quantidade de 2000 kg/ha. Depois de abastecidos com água estuarina, antes do povoamento, os viveiros foram fertilizados com aplicação de ureia (15 kg/ha) e superfosfato triplo (1,5 kg/ha) para favorecer a produtividade primária.

Durante os cultivos, os camarões foram alimentados com dois diferentes tipos de ração comercial, contendo 24,3% e 36,7% de proteína bruta (PB) (Tabela 6), oferecidas duas vezes ao dia em comedouros tipo bandejas. A quantidade de ração ofertada foi corrigida semanalmente (3% da biomassa), em função do peso médio verificado a cada biometria realizada.

Tabela 6: Composição das dietas usadas na alimentação dos camarões cultivados em sistema semi-intensivo (LABTEC – Lab. de análises químicas Ltda.).

Composição (g/100 g)	Ração (24,3 %PB)	Ração (36,7 %PB)
Proteína bruta	24,29	36,68
Gordura (via hidrólise ác)	7,66	11,24
Fibra bruta	3,91	3,27
Umidade	5,12	5,60
Matéria mineral	11,48	15,39
Cálcio	2,40	3,20
Fósforo total	1,65	2,13
Índice de gelatinização	90,28	88,76
Alanina	1,31	1,91
Arginina	1,64	2,49
Ácido aspártico	1,48	2,35
Glicina	1,51	2,44
Isoleucina	0,91	1,37
Leucina	1,63	2,48
Ácido glutâmico	3,29	4,83
Lisina	1,77	3,38
Cistina	0,36	0,48
Metionina	0,94	1,53
Fenilalanina	1,00	1,52
Tirosina	0,62	1,00
Treonina	0,84	1,35
Prolina	1,27	1,94
Valina	1,04	1,57
Histidina	0,57	0,90
Serina	1,02	1,51

O oxigênio dissolvido e a temperatura foram medidos diariamente, por meio de um oxímetro YSI 550 A, enquanto a salinidade foi medida semanalmente usando um refratômetro. Os parâmetros de transparência (disco de Secchi) e pH (eletrodo de Goulton) foram monitorados quinzenalmente.

Amostras de água foram coletadas quinzenalmente e previamente filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,45 µm, no laboratório de qualidade de água do Laboratório de Camarões Marinhos – UFSC, para monitoramento dos sólidos

suspensos totais (SST), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) e alcalinidade segundo a metodologia APHA (1998); e do nitrogênio total, fósforo total, amônia, nitrito, nitrato e sulfeto, conforme Grasshoff et al., (1983). O CO_2 foi determinado conforme metodologia da empresa Alfakit, com reagentes e kits fornecidos pela empresa.

O desempenho zootécnico foi verificado ao final dos cultivos, avaliando-se a Taxa de Crescimento Específico (TCE = $100 \times (\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{tempo de cultivo}$); a Conversão Alimentar (CA); Sobrevivência (S%) e Produtividade (kg de camarões/ m^2).

Definições da análise do ciclo de vida (ACV)

A produção semi-intensiva de camarões marinhos foi avaliada com auxílio da metodologia de gestão ambiental Análise do Ciclo de Vida, regulamentada pelas normas NBR ISO 1440 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009a e 2009b).

A fronteira do sistema foi definida como sendo: da preparação dos viveiros até a despesca dos camarões, em dois cenários de produção, R24 e R37, caracterizados pelo teor de proteína presente na ração ofertada (Figura 10).

A unidade funcional foi definida como 1 quilograma de camarões, de tamanho comercial na despesca de 12g, cultivado em sistema semi-intensivo.

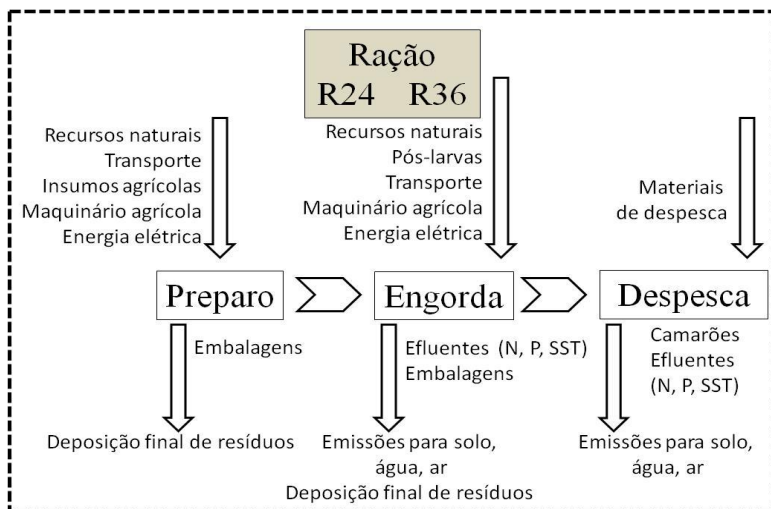


Figura 10: Entradas, saídas e fronteira do sistema da produção de camarão marinho em sistema semi-intensivo.

Inventário do ciclo de vida (ICV)

Os dados primários levantados para o inventário foram obtidos diretamente do sistema de cultivo e posteriormente ajustados à unidade funcional, em relação à necessidade dos insumos utilizados: calcário, fertilizantes e ração (kg); do uso de recursos naturais: água, madeira para comportas (m^3), ocupação do solo (m^2); e da energia elétrica (kWh) usada no bombeamento de água e àquela utilizada pelos aeradores no incremento do oxigênio nos cultivos.

Em relação ao maquinário agrícola, foram utilizados dados secundários da base de dados Ecoinvent[®], que considera a fabricação e utilização de um trator agrícola em unidade de massa (kg), em função da sua vida útil e da quantidade de horas utilizadas durante o cultivo dos camarões.

Para o transporte, considerou-se a distância de 650 km entre a unidade de produção de ração; de 200 km em relação

aos demais insumos; com a localização da unidade de produção dos camarões.

Dados secundários relacionados ao uso de gerador elétrico e dos materiais de despesca, foram utilizados da base de dados Ecoinvent[®] e adaptados às condições do estudo.

A quantidade de nutrientes, emissões atmosféricas e sólidos suspensos liberados do sistema foi determinada a partir da concentração (mg/L) destes elementos na água residual, a partir das análises do efluente liberado.

Processos de fabricação de 1000 kg de ração (com diferentes teores de proteína), a partir das entradas e saídas descritas por Sun (2009), foram construídos por meio do Software SimaPro[®] 8.0.2, específico para modelagem e gestão de dados de ICV.

Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

O impacto do ciclo de vida foi calculado por meio do método CML-1A baseline, V3.01 EU25, Software SimaPro[®] 8.0.2.

A caracterização do impacto por este método é feita a partir da identificação e caracterização das substâncias causadoras de impacto, em relação às categorias de impacto.

As categorias selecionadas para avaliação do impacto foram: depleção abiótica, aquecimento global depleção da camada de ozônio, acidificação e eutrofização.

Resultados e Discussão

Desempenho zootécnico

Os resultados demonstraram semelhança no desempenho zootécnico dos camarões (Tabela 7), nos cenários de cultivo avaliados. A biomassa final obtida foi de 1888 kg no cenário R24 e 2088 kg no cenário R36.

Tabela 7: Desempenho zootécnico do camarão marinho *L. vannamei*, cultivado em sistema semi-intensivo, alimentados com dois teores de PB na ração.

Parâmetro	R24	R36
Tempo médio de cultivo (dias)	112	
Peso médio (g)	12,5	12,0
CA	1,51	1,55
Sobrevivência (%)	82,96	88,98
TCE (%)	1,79	1,91
Produtividade (kg/m ²)	0,166	0,160

Estes resultados são aceitáveis para engorda em sistemas semi-intensivos, conforme Santos & Mendes (2007), que obtiveram uma biomassa mínima de 1677 kg, a uma densidade de 14,5 kg de camarões/m².

Os parâmetros de qualidade de água ficaram próximos à referência, exceto os valores de N total, P total, sólidos suspensos e sulfeto, que ficaram acima (Tabela 8), mas sem comprometer o desempenho dos camarões durante a engorda.

Tabela 8: Média \pm desvio padrão, das variáveis de qualidade de água, do afluente e do efluente durante a engorda de camarão marinho em sistema semi-intensivo, alimentados com dois teores de PB na ração.

Parâmetro	Afluente	R24 engorda	R36 engorda	R24 efluente	R36 efluente	Referência
OD (mg/L)	NA	6,3 ($\pm 1,9$)	6,7 ($\pm 3,6$)	NA	NA	> 5,0 (Alves e Mello, 2007)
Temp. (°C)	NA	25,4 ($\pm 3,5$)	25,6 ($\pm 3,6$)	24,7 ($\pm 2,9$)	23,4 ($\pm 2,4$)	22 a 32 (Nunes et al., 2005)
pH	7,4 ($\pm 0,3$)	6,3 ($\pm 1,9$)	8,00 ($\pm 0,9$)	7,7 ($\pm 0,2$)	7,7 ($\pm 0,5$)	6 a 9 (Nunes et al., 2005)
Salinidade (‰)	16,2 ($\pm 4,2$)	16,3 ($\pm 2,5$)	16,5 ($\pm 3,2$)	11,7 ($\pm 5,1$)	13,4 ($\pm 5,2$)	15 a 25 (Nunes et al., 2005)
Secchi (cm)	NA	29,5 ($\pm 4,9$)	27,9 ($\pm 2,3$)	NA	NA	35 a 50 (Nunes et al., 2005)
SST (mg/L)	109,6 ($\pm 48,6$)	159,1 ($\pm 38,0$)	174,3 ($\pm 38,2$)	364,4 ($\pm 241,3$)	444,5 ($\pm 533,7$)	< 50 (Boyd e Gautier, 2000)
DBO ₅ (mg/L)	3,92 ($\pm 1,6$)	7,21 ($\pm 2,6$)	12,4 ($\pm 5,9$)	8,00 ($\pm 2,7$)	21,6 ($\pm 7,9$)	< 30 (Boyd e Gautier, 2000)
N total (mg/L)	2,65 ($\pm 1,89$)	2,05 ($\pm 2,27$)	3,63 ($\pm 2,70$)	3,04 ($\pm 2,26$)	3,69 ($\pm 6,08$)	0,515 (FRAGA, 2002)
Amônia (mg/L)	0,16 ($\pm 0,06$)	0,23 ($\pm 0,20$)	0,25 ($\pm 0,18$)	0,17 ($\pm 0,14$)	0,38 ($\pm 0,05$)	< 3,0 (Boyd e Gautier, 2000)
P total (mg/L)	0,13 ($\pm 0,17$)	0,45 ($\pm 0,38$)	0,52 ($\pm 0,25$)	1,34 ($\pm 1,14$)	1,78 ($\pm 1,91$)	< 0,3 (Boyd e Gautier, 2000)
Sulfeto (mg/L)	NA	0,05 ($\pm 0,14$)	0,06 ($\pm 0,01$)	ND	ND	0,002 (CONAMA 357)
CO ₂ (mg/L)	2,38 ($\pm 0,74$)	2,37 ($\pm 0,51$)	2,86 ($\pm 0,38$)	7,5 ($\pm 6,36$)	3,0 ($\pm 0,0$)	5 a 10 (Boyd, 2008)
Alcalinidade (mg/L)	86,4 ($\pm 13,1$)	102,7 ($\pm 31,5$)	90,0 ($\pm 33,4$)	78,0 ($\pm 18,6$)	57,0 ($\pm 26,2$)	> 100 (Nunes et al., 2005)

NA: não avaliado; ND: não detectado.

Isto se deve a contribuição do afluente e do efluente, em função da concentração de nitrogênio total (principalmente), observada na água estuarina usada no enchimento, renovação e manutenção do volume dos cultivos e, dos valores de sólidos suspensos, relacionados ao transporte de partículas pela água, por ocasião da despesca.

Desempenho ambiental

O resultado do inventário do ciclo de vida contendo as entradas e saídas do sistema de produção semi-intensivo de camarões marinhos estudados está descrito na Tabela 9, para a unidade funcional definida.

Tabela 9: Entradas e saídas para a produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema semi-intensivo, alimentado com dois teores de PB na ração.

Materiais	R24	R36
<i>Entradas infraestrutura (preparo)</i>		
Uso de área (m ²)	6,25	6,03
Uso de água (m ³)	10,22	7,21
Madeira (m ³)	9,009E-06	7,543E-06
Calcário (kg)	1,25	1,21
Ureia (kg)	0,0094	0,0091
Super fosfato triplo (kg)	0,0009	0,0009
Maq. agrícola (kg)	0,0026	0,0023
Transp. rodoviário (tkm)	0.2523	0.2442
<i>Saídas infraestrutura (preparo)</i>		
Embalagens plásticas (kg)	0,000021	0,000019
<i>Entradas operacional (engorda)</i>		
Uso de água (m ³)	20,44	11,54
Maq. agrícola (kg)	0,0006	0,0006
Energia elétrica aerador (kWh)	0,2088	0,1967
Energia elétrica gerador (kWh)	0,0011	0,0010
Pós-larvas – juvenis	0,0965	0,0936
Ração – alimento	0,0015	0,0015
<i>Saídas operacional (engorda)</i>		
Água residual (m ³)	12,26	5,77
Dióxido de carbono – CO ₂ (kg)	0,092	0,017
Nitrogênio total – N (kg)	0,0158	0,0007

Fósforo total – P (kg)	0,0046	0,0022
Sólidos suspensos totais - SST (kg)	2,318	1,218
Sulfeto (kg)	0,0006	0,0003
Embalagens plásticas (kg)	0,0031	0,0031
<i>Entradas despesca</i>		
Equipamentos despesca (rede, caixas pesagem, balaios) (kg)	0,0009	0,0008
<i>Saídas despesca</i>		
Água residual (m ³)	10,22	7,21
Dióxido de carbono – CO ₂ (kg)	0,077	0,022
Nitrogênio total – N (kg)	0,0393	0,0329
Fósforo total – P (kg)	0,0192	0,0153
Sólidos suspensos totais - SST (kg)	4,919	3,768
Sulfeto (kg)	0,010	0,006

Avaliando os impactos gerados, percebe-se que a influência da etapa de preparação dos viveiros e engorda dos camarões foi mais evidente em relação às categorias de impacto: depleção abiótica, aquecimento global, depleção da camada de ozônio e acidificação. Enquanto a despesca foi à etapa mais impactante para a eutrofização (Figura 11).

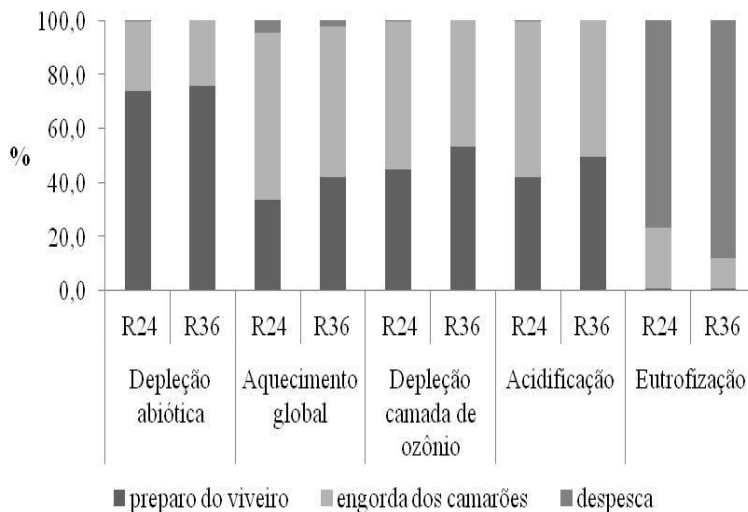


Figura 11: Impacto ambiental associado à etapa de produção, de 1 kg de camarão marinho cultivado em sistema semi-intensivo.

Os resultados da avaliação dos impactos do ciclo de vida posicionam o cenário R36 com desempenho ambiental favorável em todas as categorias de impacto avaliadas (Tabela 10).

Tabela 10: Impacto do ciclo de vida associado à produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema semi-intensivo, alimentado com dois diferentes teores de PB na ração.

Categoria de impacto	R24	R36	CAO et al., (2011)*	SUN (2009)*
Depleção abiótica (kg Sb eq.)	1,35E-06	1,18E-06		
Aquec. global (kg CO ₂ eq.)	1,6462	1,0046	5,25	0,0059
Dep. camada de ozônio (kg CFC-11 eq.)	4,37E-08	3,02E-08		1,66E-06
Acidificação (kg SO ₂ eq.)	0,0046	0,0031		0,0506
Eutrofização (kg PO ₄ eq.)	0,1030	0,0724	0,3230	

* adaptado para a unidade funcional de 1 kg de camarões marinhos.

O potencial de impacto ambiental calculado em cada um dos cenários avaliados difere dos valores reportados por Cao et al., (2011) e Sun (2009).

O resultado obtido para a categoria de impacto aquecimento global ficou abaixo do valor obtido por Cao et al., (2011), porém, acima do observado por Sun (2009). Em relação à depleção da camada de ozônio e acidificação ambiental, o potencial de impacto calculado está abaixo dos valores descritos por Sun (2009). Na categoria de impacto eutrofização ambiental, os valores de impacto calculados ficaram abaixo do obtido por Cao et al., (2011).

Embora os valores obtidos por estes autores tenham sido adaptados à mesma unidade funcional deste estudo, a fronteira do sistema foi mais abrangente, envolvendo a produção de larvas e alimentos, a engorda, o processamento pós-despesca, transporte e venda dos camarões em diferentes de comercialização.

Fronteiras de sistema mais abrangentes podem, no entanto, dificultar a realização do inventário do ciclo de vida preciso e com isto, o valor do impacto calculado pode não representar a unidade funcional definida.

Em cada etapa do sistema de produto estudado, o resultado final está definido em função da contribuição dos fatores de impacto ambientais (Figura 11).

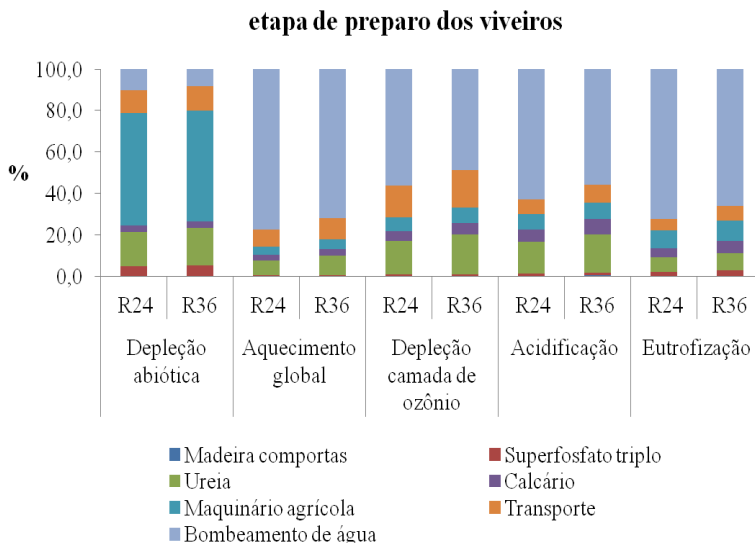


Figura 12: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na etapa de preparação dos viveiros de cultivo semi-intensivo.

Na preparação dos viveiros, a maior contribuição ao resultado final, está relacionada ao uso de maquinário agrícola (50% a 55% nos dois cenários), na categoria de impacto depleção abiótica e ao bombeamento da água necessária ao enchimento dos viveiros, nas demais categorias de impacto avaliadas (49% a 79% nos dois cenários).

Por ser uma categoria caracterizada pelas taxas de extração das reservas de recursos naturais (Ferreira, 2004), o resultado final verificado para a depleção abiótica tem relação com os processos de fabricação (entradas e saídas) do trator agrícola usado nas atividades durante os cultivos, em relação a sua vida útil.

Os sistemas de cultivo semi-intensivo demandam grandes volumes de água, usada no abastecimento dos viveiros de engorda, que por sua vez, necessita de energia elétrica para o seu bombeamento.

A matriz energética brasileira é predominantemente de origem hidráulica, mas também de outras fontes como, por exemplo, a térmica, a nuclear e a de derivados do petróleo. O setor emite cerca de 115 kg CO₂ MWh⁻¹ (EPE, 2014) e segundo Piekarski et al., (2013), a maior contribuição ao potencial de aquecimento global, por exemplo, é referente à produção de energia em hidroelétricas (60,03%), por gás natural (17,41%), a partir de derivados de petróleo (13,21%) e por carvão e derivados (8,40%).

O uso de maquinário agrícola (37,5 a 56%) e energia elétrica (39% a 92%) foram os fatores de impacto mais significativos durante a etapa de engorda dos camarões, nos cenários estudados (Figura 13).

Em relação ao maquinário agrícola o percentual de impacto atribuído nesta etapa, se refere à necessidade de uso para a manutenção dos taludes e das vias de acesso aos viveiros, ao transporte de ração e a realização das biometrias.

A contribuição da energia elétrica está relacionada ao bombeamento de água durante as renovações e reposições de volume, necessários a manutenção do equilíbrio dos cultivos.

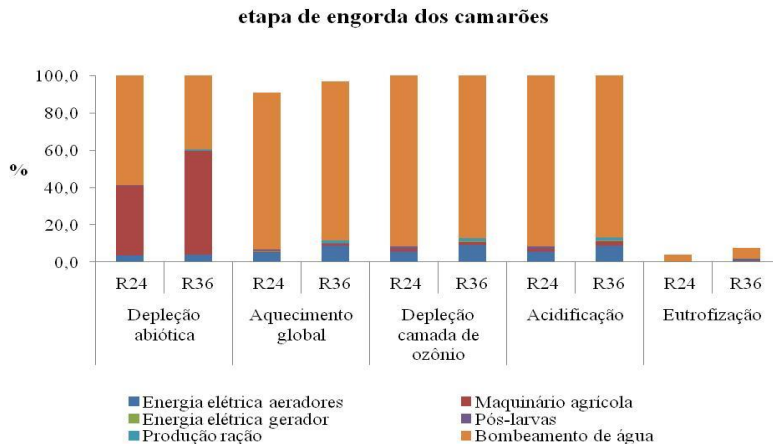


Figura 13: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na etapa de engorda dos camarões em cultivo semi-intensivo.

Os fatores que mais contribuíram ao resultado observado na etapa de despesca estão mostrados na Figura 14.

A contribuição dos materiais utilizados na despesca: redes de captura, escorredores, balaios e caixas para acondicionamento dos camarões, está relacionada ao processo de fabricação destes materiais, a partir da base de dados Ecoinvent[®] e adaptados à unidade funcional deste estudo.

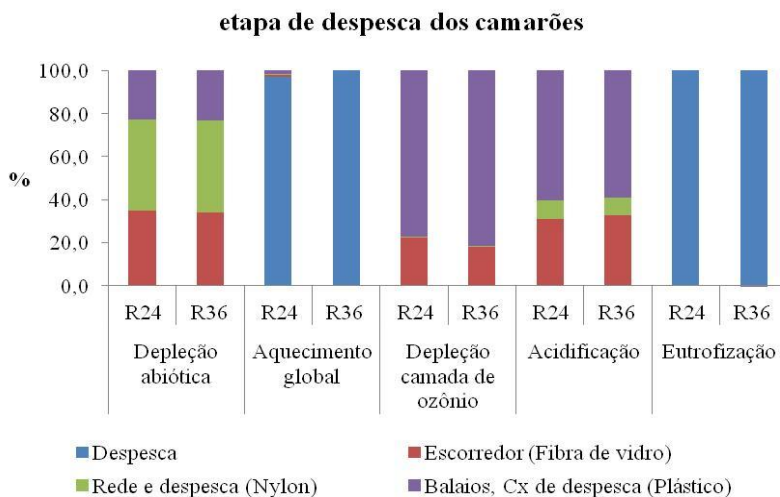


Figura 14: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental avaliadas na despesca dos camarões cultivados em semi-intensivo.

A contribuição mais significativa nesta etapa é referente ao aquecimento global e a eutrofização ambiental, variando de 97% a 100%, nos cenários avaliados.

Em relação ao aquecimento global, relacionado ao lançamento de gases de efeito estufa, os valores calculados tem relação com a liberação dos efluentes, principalmente o nitrogênio.

Segundo Paez-Osuna et al., (2009), em cada tonelada de camarão produzido no sistema semi-intensivo, 28,6 kg de

nitrogênio são perdidos para o ambiente além da perda de aproximadamente 65,7% deste elemento por volatilização.

O nitrogênio é um dos constituintes do óxido nitroso (N_2O), um dos gases que causam o efeito estufa, formado a partir de processos biológicos como a nitrificação e desnitrificação, ou ainda, em processos não biológicos como a quimiodesnitrificação (Signor, 2010).

O lançamento dos efluentes na despesca caracterizou a totalidade do impacto associado à eutrofização ambiental.

Isto se deve a presença de nutrientes no meio aquático, causado pela emissão de nitrogenados e fosfatados, seja pelo excesso de N no solo ou através da lixiviação de nitrato para água (De Boer, 2003).

A principal fonte de proteína animal nas rações para camarões é a farinha de peixe e o teor de proteína bruta influencia na concentração de nitrogênio disponibilizado ao meio de cultivo nos processos metabólicos a partir do arraçoamento dos camarões.

Embora o menor impacto ambiental tenha sido observado no tratamento R36, o uso de rações com elevados teores proteicos tende a ser insustentável devido à pressão sobre os estoques pesqueiros naturais (Scopel et al., 2011).

Esta pressão sobre os estoques pesqueiros é alarmante. Segundo os dados da FAO (2014), o percentual de espécies exploradas em um nível biologicamente sustentável foi de 28,8% em 2011.

Em relação às espécies totalmente exploradas, este índice é ainda maior, acima de 61%.

A concentração de nitrogênio total presente no afluente, associada a maior quantidade de água usada durante a engorda dos camarões, influenciou na concentração deste nutriente no efluente e por consequência, um maior impacto ambiental foi observado no cultivo R24.

As observações feitas a partir da análise do inventário do ciclo de vida mostram que a água é o principal insumo neste

sistema de cultivo, transportada predominantemente por equipamentos que utilizam energia elétrica.

O gasto de energia elétrica (bombeamento + aeração) para a produção do camarão foi superior aos valores observados por Cao et al., (2011) e Sun (2009), ajustados a produção de 1 kg de camarões (Figura 15).

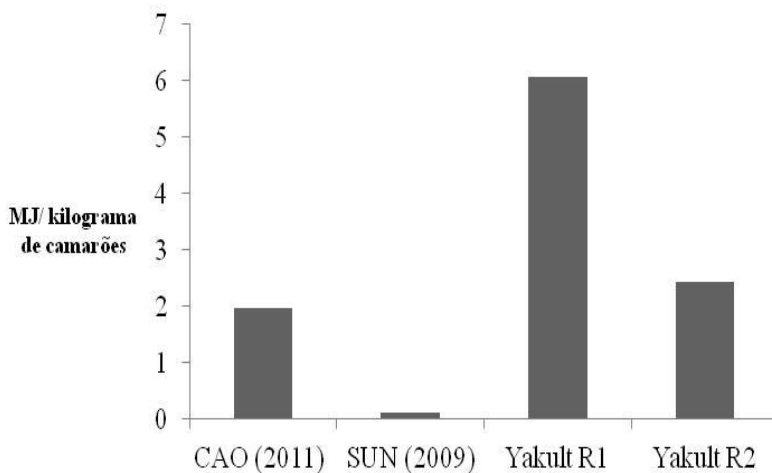


Figura 15: Energia elétrica necessária para produção de 1 kg de camarões marinhos, cultivado em sistema semi-intensivo.

Este insumo, segundo Wan Alwi et al., (2009) deve ser gerenciado no processo de produção dos camarões.

Conclusão

O teor de proteína na ração não influenciou no desempenho zootécnico dos camarões.

A energia elétrica necessária ao bombeamento da água usada nos cultivos foi o fator de impacto de maior contribuição ao resultado obtido.

O grande volume de efluentes gerados influenciou diretamente no resultado verificado nas categorias de impacto aquecimento global e eutrofização ambiental.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Camarões Marinhos, Fazenda Experimental Yakult e CICLOG (Grupo de Pesquisa em Análise do Ciclo de Vida) da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo apoio na condução deste estudo.

À FAPESC pelo apoio financeiro na execução das atividades.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040. (2009a). Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21. Rio de Janeiro.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –NBR ISO 14044. (2009b). Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 46. Rio de Janeiro.

ALVES, C.S.; MELLO, G.L. **Manual para o monitoramento hidrológico em fazendas de cultivo de camarão**. Recife, 2007. 58p. Federação da Agricultura do Estado de Pernambuco.

APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American

Water Works Association. Water Environmental federation, 20th ed. Washington, 1998.

BOYD, C.E.; GAUTIER, D. Effluent composition and water quality standards. **Global Aquaculture Advocate**, 3 (5), p. 61-66. 2000.

BOYD, C.E. Carbon Dioxide: Waste, Nutrient. **Global Aquaculture Advocate**. Julho/agosto, p. 62-65, 2008.

CAO, L., DIANA J.S., KOELEIAN, G.A. Life cycle assessment of chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. **Environmental science & technology**. v. 45(15), p. 6531-6538, 2011.

DE BOER, I.J. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. **Livestock Production Science**. v 80, p. 69-77, 2003.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **BEN – Balanço Energético Nacional 2014: Relatório síntese 2013**. EPE. 2013. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads>. Acesso em: 13 ago. 2014.

FAO – **El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA)**, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/es> . Acesso: 01 nov.2014.

FERREIRA, J.V.R. **Análise do ciclo de vida de produtos**. Gestão Ambiental, Instituto Politécnico de Viseu, p.80. 2004.

FINNVEDEN, G. R., HAUSCHILD, M. Z., EKVALL, T., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., KOEHLER, A., PENNINGTON, D., SUH, S. R. Recent developments in life

cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91(1), p. 1–21, 2009.

FRAGA, A de P C. **Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinocultura marinha, em duas fazendas no estado de Santa Catarina - Brasil**. 2002. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2002.

GRASSHOFF, K. M., M. EHRHARDT, et al., Eds. **Methods of sea water analysis**. Weinheim: Verlag. Chemie, p.417, 2 nd ed. 1983.

GRIGORAKIS, K. & RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of mediterranean mariculture. **Chemosphere**. v 85(6), 899 p, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, **Resolução 357/2005**. CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso: 11 abr. 2014.

NUNES, A.J.P.; GESTEIRA, T.C.V.; OLIVEIRA, G.G.; LIMA, R.C.; MIRANDA, P.T.C.; MADRID, R.M. **Princípios para boas práticas de manejo (BPM) na engorda de camarão marinho no Estado do Ceará**. 2005, 109p. Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Programa de zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará, Fortaleza, Ceará.

PÁEZ-OSUNA, F; GUERRERO-GALVÁN, S. R. e RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C. Discharge of nutrients from shirimp farming to coastal waters of the Gulf of California, **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n.7, p. 585-592, 1999.

PIEKARSKI, C. M., FRANCISCO A, C., LUZ, L. M., BASTIANI, J. A., ZOCHE, L. Aplicação da ACV na matriz elétrica Brasileira: uma análise multi cenários em termos de mudança climática, qualidade de ecossistema, saúde humana e recursos. **Espacios**, v. 34(4), p. 9, 2013.

SANTOS, B.L da S. & MENDES P de P. Análise estatística das variáveis de cultivo do camarão-cinza *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931). **Rev. Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 2(1), p. 128-142, janeiro, 2007.

SCOPEL, B.R., SCHVEITZER, R., SEIFFERT, W.Q., PIERRI, V., ARANTES, R., VIEIRA, F.N., ARANA, L. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 8, p. 928-934, agosto, 2011.

SIGNOR, D. **Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. 2010. 119p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

SUN, W. **Life cycle assessment of indoor recirculating shrimp aquaculture system**. Dissertação (Mestrado) – University of Michigan, Ann Arbor. 58p. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu>. Acesso: 10 jun. 2014.

WAN ALWI, S.R.; MAMAN, Z.A.; SAMINGIN, M.H.; MISRAN, N. A holistic framework for design of costeffective minimum water utilization network. **Journal of Environmental Management**. v.88(2), p. 219-252, 2008.

CAPÍTULO III

Impacto ambiental de dois diferentes meios de cultivo superintensivo, durante a engorda de camarões marinhos com bioflocos

Frank Belettini¹, Rafael da Fonseca Arantes¹, Luis Vinatea Arana¹

¹ Laboratório de Camarões Marinhos - LCM, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, SC. E-mail: belettini@posgrad.ufsc.br, arantes75@yahoo.com.br, luis.vinatea@ufsc.br

Resumo - O cultivo superintensivo de camarões marinhos em sistema fechado com bioflocos, realizado em meio de cultivo com fertilização controlada, (FC) e fertilização total (FT), foi avaliado com o auxílio da metodologia da análise do ciclo de vida, nas etapas de preparação, engorda e despesca dos camarões. Os cultivos foram conduzidos durante 78 dias, e a densidade praticada foi de 184 camarões/m². O crescimento dos camarões seguiu o padrão de cultivos superintensivos neste sistema de engorda. Os dados do inventário do ciclo de vida foram avaliados no software SimaPro®, para as categorias de impacto aquecimento global, depleção da camada de ozônio, depleção abiótica, eutrofização e acidificação ambiental. O cenário FC apresentou melhor desempenho ambiental para o potencial de depleção abiótica (1,90E-06 kg Sb eq.); aquecimento global (40,997 kg CO₂ eq.); depleção da camada de ozônio (1,38E-06 kg CFC-11 eq.) e acidificação ambiental (0,140 kg SO₂ eq.) e eutrofização ambiental (0,120 kg PO₄ eq.). Energia elétrica e a água de cultivo foram os fatores que mais contribuíram com o resultado observado.

Termos para indexação: *Litopenaeus vannamei*, análise do ciclo de vida, gestão ambiental, engorda, relação carbono:nitrogênio.

Introdução

A carcinocultura tem alcançado grande destaque devido ao alto valor e aceitação dos camarões no mercado consumidor.

Da mesma forma que novas tecnologias surgem para atender a crescente demanda por produtos aquícolas, devido à diminuição do volume obtido pela pesca de captura, conflitos relacionados ao impacto ambiental provocado pela atividade têm alcançado a mesma proporção e segundo Boyd (2003), a destruição dos recursos naturais e lançamentos de efluentes surgem como fatores de caracterização importante dos impactos associados à atividade.

Cultivos fechados surgem como opção sanitária e de mitigação dos impactos ambientais associados ao cultivo de camarões marinhos. Por apresentarem troca zero, ou troca mínima de água, proporcionam a redução dos riscos de introdução de patógenos no ambiente de cultivo associados à renovação de água, bem como a exportação destes para o meio circundante (Avnimelech, 1999; Lightner, 2003; Hargreaves, 2006). Outro aspecto importante desse sistema é a redução ou ausência de efluentes, o que diminui a poluição orgânica e seus efeitos adversos sobre as áreas naturais (Ebeling et al., 2004).

Dentre os sistemas fechados de cultivo destaca-se o uso de agregados microbianos ou bioflocos conhecido como Tecnologia de Bioflocos (do inglês, BFT: Biofloc Technology) (De Schryver et al., 2008). Esse sistema baseia-se no tratamento da água dentro do próprio ambiente de cultivo.

A qualidade da água é mantida com o crescimento de densas colônias de bactérias heterotróficas responsáveis pelo consumo dos compostos nitrogenados (Avnimelech, 2007). O crescimento destes microrganismos é estimulado pelo aumento da relação C:N. Uma fertilização com compostos ricos em carbono assegura que esta relação se mantenha alta, induzindo

a incorporação de nitrogênio amoniacal sob a forma de biomassa bacteriana (Avnimelech, 1999).

A utilização de carbono é necessário para o estabelecimento da nitrificação, processo onde a microbiota utiliza amônia como alimento natural e por consequência, melhora os índices de qualidade de água. No entanto, o resultado deste processo é o aparecimento de nitrato que acumula à medida que o cultivo avança.

Uma forma de controle do nitrato é a continuada fertilização com carbono, porém esta prática leva a maior formação de sólidos devido a maior produção de biomassa microbiana. O excesso desta biomassa deve ser retirado, gerando maior quantidade de efluente produzido durante a engorda.

O objetivo deste estudo é caracterizar ambientalmente por meio da análise do ciclo de vida, o cultivo de camarões marinhos em sistema superintensivo com biofoco, com fertilização controlada e fertilização contínua, usando o melaço como fonte principal de carbono.

Materiais e Métodos

O sistema de produto avaliado é o camarão marinho *L. vannamei*, cultivado em sistema superintensivo fechado com biofocos.

Os cultivos foram realizados no Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando seis tanques circulares medindo 50 m² de área de fundo e volume de trabalho entre 42 e 45 m³.

A aeração foi mantida por meio de um compressor radial de 7.5 cv, conservando as partículas (biofocos) em suspensão, além de uso de air-lifts para promover movimento horizontal da coluna de água.

A temperatura foi mantida por meio de dois trocadores térmicos (FT – 160 Fromtherm, Florianópolis, SC, Brasil; 0.75 cv cada), ligados somente durante a noite.

Cultivo, qualidade de água e desempenho zootécnico

Os tanques foram abastecidos com água a 20‰, sem fertilização inicial. Em cada tanque foi inoculado 3 m³ de água do berçário de pré-engorda em BFT.

O povoamento ocorreu com pós-larvas da linhagem SPF, oriundas da empresa Aquatec Ltda., mantidas em fase de pré engorda por 40 dias e peso médio inicial de 0,87 g. A densidade de povoamento foi de 184 camarões/m², totalizando 9.200 animais por tanque de cultivo.

Os camarões foram alimentados com rações comerciais contendo 40 e 35% de PB (Guabi[®]), diariamente, três vezes ao dia, fornecida em função da taxa de crescimento semanal e o ganho de biomassa, considerando uma conversão alimentar estimada (Samocha et al., 2011). O ajuste da biomassa foi realizado a cada quatro dias, de acordo com o peso médio dos camarões, a partir de biometrias realizadas (n = 60 camarões por tanque) e da taxa de mortalidade estimada de 0,14% ao dia.

O controle da alimentação foi feito com o uso de dois comedouros tipo bandeja em cada tanque. Em cada um deles foi ofertado 50% do peso diário do alimento a ser oferecido em cada evento de alimentação, com verificação de sobras após 1 hora e 30 minutos.

A relação C:N nos tanques foi mantida próxima a 12:1. A mistura de melaço de cana de açúcar e farelo de arroz foi preparada anteriormente em quantidades estoques de 25 kg e adicionada após cada alimentação.

Esta mistura foi usada até a observação do início do processo de nitrificação em todos os tanques de cultivo. A taxa de fertilização com melaço e farelo de arroz foi então reduzida no tratamento FC (fertilização controlada), enquanto que, no

tratamento FT (fertilização total), a mistura continuou sendo fornecida até o final do cultivo.

A concentração de sólidos suspensos totais (SST) foi mantida entre 350 a 450 mg/L (Ray et al., 2010; Vinatea et al., 2010), usando um decantador acoplado em cada tanque de cultivo, para remoção do excesso de sedimentos.

Com uma bomba submersa de vazão de 600 L/h, a água do tanque foi bombeada para os decantadores, onde o material em suspensão ficava retido, voltando à água para o tanque de cultivo.

Os decantadores foram drenados diariamente e quantificado o volume de água residual contendo sólidos (lodo) a ser descartado.

A aferição dos decantadores foi feita medindo-se a concentração dos sólidos sedimentáveis remanescentes nos tanques de cultivo (em cones de Imhof), estabelecida em 10 mL/L.

Diariamente foi medido o oxigênio dissolvido e temperatura (oxímetro YSI 550^a); a salinidade (refratômetro); o pH (eletrodo de Goulton) e a transparência (disco de secchi). Amostras de água foram coletadas semanalmente e previamente filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,45 µm, no laboratório de qualidade de água do Laboratório de Camarões Marinhos – UFSC, para monitoramento dos sólidos suspensos totais (SST), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e alcalinidade segundo metodologia APHA (1998); e do nitrogênio total, fósforo total, amônia, nitrito, nitrato, segundo Grasshoff et al., (1983).

Os cultivos foram conduzidos por 78 dias, quando os camarões atingiram o peso comercial a despesa de 12g. Os índices de desempenho zootécnico verificados foram a Taxa de Crescimento Diário (TCE = $100 \times (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo de cultivo}$); Conversão Alimentar (CA); Sobrevivência (S%) e da Produtividade (kg de camarão/m²).

Análise do Ciclo de Vida

A produção superintensiva de camarões marinhos foi avaliada usando a metodologia de gestão ambiental Análise do Ciclo de Vida, regulamentada pelas normas NBR ISO 1440 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009a e 2009b).

A fronteira do sistema foi definida como sendo: da preparação dos cultivos até a despesca dos camarões, em dois cenários de produção FC – controle da fertilização com melão e FT – fertilização total com melão (Figura 15).

A unidade funcional foi definida como 1 quilograma de camarões, de tamanho comercial na despesca de 12g, cultivado no sistema superintensivo.

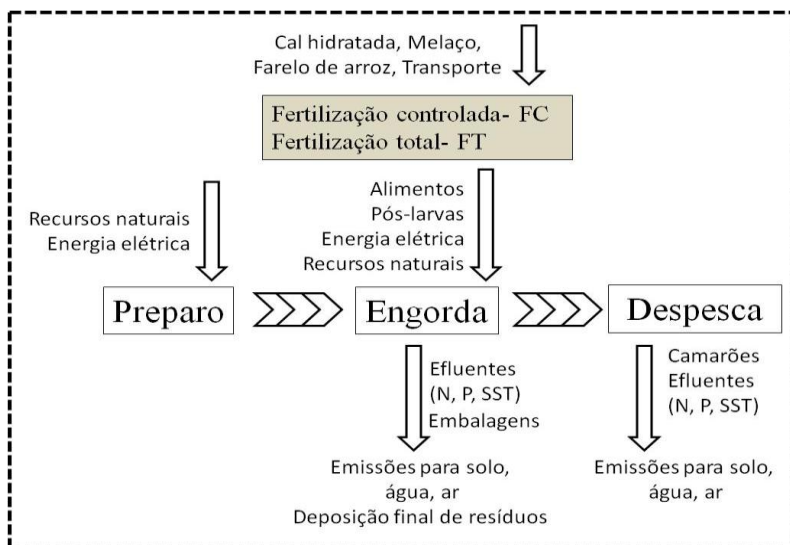


Figura 16: Entradas, saídas e fronteiras do sistema da produção de camarão marinho em sistema de cultivo superintensivo com bioflocos.

Inventário da Análise do Ciclo de Vida

Os dados primários levantados para o inventário foram obtidos diretamente do sistema de cultivo e posteriormente ajustados à unidade funcional, em relação à necessidade dos insumos utilizados: ração, cal hidratada, melação de cana de açúcar, farelo de arroz (kg); do uso de recursos naturais: água, (m³), ocupação do solo (m²) e da energia elétrica (kWh) usada no bombeamento de água, dos aeradores, caldeiras de aquecimento, bomba de sólidos e àquela utilizada pelos aeradores na manutenção do oxigênio nos cultivos e dos bioflocos em suspensão.

Para as entradas do sistema relacionadas aos insumos cal hidratada, o farelo de arroz e o melação de cana, foram construídos processos de fabricação por meio do Software SimaPro[®] 8.0.2, modificados apropriadamente às condições do local de estudo.

Na quantificação do melação, usado no ICV, foi aplicado o índice de conversão do açúcar a melação (Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool, PE, Brasil). Em relação à quantidade do farelo de arroz, foi aplicado o índice da produção de subprodutos da industrialização do arroz (Kunrath, 2010).

Para o transporte, considerou-se a distância de 650 km (ração), 1000 km (melação), 350 km (cal hidratada) e 200 km para o farelo de arroz, entre a localização das unidades de fabricação dos insumos e o local de produção dos camarões.

Dados secundários relacionados ao uso de gerador elétrico e dos materiais de despesa, foram utilizados da base de dados Ecoinvent[®] e adaptados às condições do estudo.

A quantidade de nutrientes, gases e sólidos suspensos liberados do sistema foi determinada em função da concentração (mg/L) destes elementos na água residual, a partir das análises do efluente liberado.

Processos de fabricação de 1000 kg de ração (com diferentes teores de proteína), a partir das entradas e saídas descritas por Sun (2009), foram construídos por meio do Software SimaPro[®] 8.0.2, específico para modelagem e gestão de dados de ICV.

Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

O impacto do ciclo de vida foi calculado através do método CML-1A baseline, V3.01 EU25, Software SimaPro[®] 8.0.2, para as categorias: depleção abiótica, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, acidificação e eutrofização ambiental.

Resultados e Discussão

Os camarões foram despendados com 78 dias de cultivo, quando os camarões cultivados em meio com controle da fertilização com carbono (FC), atingiram o peso médio de 12,5g (Tabela 11).

O peso médio final e a conversão alimentar ficaram abaixo do obtido por Maia et al. (2012), avaliando cultivos em sistemas intensivos, 13,2g e 1,37 respectivamente.

Em relação à sobrevivência, o resultado obtido por estes autores (54,9%), ficou abaixo do observado nos cultivos com fertilização total.

Tabela 11: Desempenho zootécnico (média \pm DP) do camarão marinho *L. vannamei*, em sistema superintensivo com bioflocos, controlando a fertilização com carbono.

Parâmetro	FC	FT
Tempo médio de cultivo (dias)	78	
Peso médio (g)	12,5 \pm 1,3	8,0 \pm 1,2
CA	1,5 \pm 0,1	2,4 \pm 0,0
Sobrevivência (%)	76,9 \pm 6,7	57,0 \pm 8,6
TCE (%)	3,44 \pm 0,13	2,83 \pm 0,19
Produtividade (kg/m ²)	1,8 \pm 0,3	0,80 \pm 0,00

* adaptado para a unidade funcional de 1 kg de camarões marinhos.

Sobrevivência mais alta foi reportada por Fróes et al. (2012), 96,27%, em cultivos conduzidos com adição de carbono orgânico. No entanto, a produtividade verificada foi de 0,87 kg/m², semelhante à produtividade obtida neste estudo, no tratamento com fertilização total.

Diferente do observado por estes autores, a fertilização continuada com carbono orgânico, influenciou negativamente na produtividade observada, reflexo da menor sobrevivência obtida neste sistema de cultivo.

A produtividade final (1,8 kg/m²), obtida no cultivo com fertilização controlada, foi semelhante ao verificado por Scopel et al. (2011), em estudo realizado utilizando as mesmas unidades de produção.

A taxa de crescimento específico calculada foi de 3,44% ao dia no cultivo realizado com controle da fertilização e 2,83% por dia, no tratamento com fertilização total.

As variáveis químicas estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Parâmetros químicos da qualidade da água durante o cultivo superintensivo do camarão marinho *L. vannamei* em bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT).

Parâmetro	Fertilização controlada (FC)	Fertilização total (FT)
Nitrogênio Total (mg/L)	48,70 ± 4,4	34,18 ± 7,5
Amônia (mg/L)	0,23 ± 0,1	0,23 ± 0,0
Nitrito (mg/L)	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0
Nitrato (mg/L)	37,9 ± 2,8	31,8 ± 1,4
Fósforo Total (mg/L)	5,1 ± 0,3	4,1 ± 0,1
Alcalinidade (mg/L)	125,4 ± 8,3	164,9 ± 4,8
DBO ₅ ((mg/L)	19,6 ± 0,8	27,8 ± 3,8
Sólidos suspensos totais (mg/L)	325,8 ± 7,7	342,2 ± 3,2

O nitrogênio total (TN) elevado nos dois meios de cultivo, quando relacionado à unidade funcional definida pela metodologia da ACV, (0,038 kg TN – meio FT; 0,024 kg TN – meio FC), estão abaixo do obtido por Cao et al., (2011), de 0,066 kg TN, avaliando cultivos intensivos.

Em relação ao fósforo total (TP), os mesmos autores obtiveram o valor de 0.009 kg, enquanto que, neste estudo, o melhor resultado encontrado foi o de 0,011 kg no meio FC.

As diferenças observadas são resultantes da aplicação da metodologia da ACV, em diferentes fronteiras do sistema de produto por estes autores, como por exemplo, a produção de larvas e alimentos, a engorda, o processamento pós-despesca, transporte e venda dos camarões em diferentes de comercialização.

Os valores médios do oxigênio dissolvido, temperatura, pH, salinidade e transparência, estiveram dentro dos limites adequados ao desenvolvimento dos camarões (Scopel et al., 2011; Maia et al., 2012).

O resultado do inventário do ciclo de vida da produção superintensivo de camarões marinhos estudados está descrito na Tabela 13.

Tabela 13: Entradas e saídas para a produção de 1 kg de camarão marinho *L. vannamei*, em sistema superintensivo em bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT).

Materiais	FC	FT
<i>Entradas infraestrutura (preparo)</i>		
Uso de área (m ²)	0,5634	1,2272
Uso de água (m ³)	0,4594	1,0003
<i>Entradas operacional (engorda)</i>		
Uso de água (m ³)	0,0363	0,0796
Energia elétrica sistema (kWh)	175,4876	382,2478
Energia elétrica gerador (kWh)	0,0908	0,1978
Pós-larvas – juvenis	0,1036	0,2258
Ração – alimento	0,0265	0,0454
Cal (kg)	0,1063	0,1816
Melaço de cana (kg)	0,1667	1,2923
Farelo de arroz (kg)	0,0607	0,2442
Transporte insumos (tkm)	0,0620	0,0710
<i>Saídas operacional (engorda)</i>		
Água residual/lodo (m ³)	0,0117	0,0397
DBO (kg)	0,0166	0,0710
Nitrogênio total – N (kg)	0,0089	0,0307
Fósforo total – P (kg)	0,0070	0,0201
Sólidos suspensos totais - SST (kg)	0,1526	0,4980
Embalagens plásticas (kg)	0,0043	0,0121
<i>Saídas despesca</i>		
Água residual (m ³)	0,508	1,120
DBO (kg)	0,0165	0,0710
Nitrogênio total – N (kg)	0,0230	0,0357
Fósforo total – P (kg)	0,0107	0,0144
Sólidos suspensos totais - SST (kg)	0,1999	0,4980

Grande parte do impacto ambiental calculado está relacionado à etapa de engorda dos camarões, independente do meio tipo de fertilização empregado, exceto para a categoria eutrofização ambiental.

Isto se deve à utilização de alimentos ricos em proteína na alimentação dos camarões, dos insumos necessários à formação dos flocos microbianos e como fonte de nutrientes para as bactérias que se estabelecem ao longo do cultivo, além dos efluentes liberados no final deste (Figura 18).

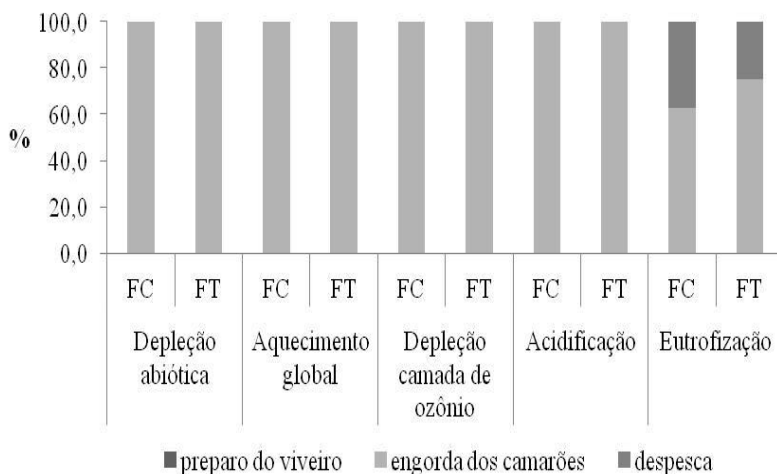


Figura 17: Potencial de impacto ambiental associado à etapa de cultivo do camarão marinho *L. vannamei* em sistema superintensivo de bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT).

Os resultados da avaliação dos impactos do ciclo de vida posicionam o cenário FC com desempenho ambiental favorável em todas as categorias avaliadas (Tabela 14).

O melhor desempenho ambiental obtido no cultivo com fertilização controlada corrobora o descrito por Sun (2009).

Este autor observou que a maioria dos impactos

ambientais está associada à engorda, durante avaliação da produção de camarões marinhos em sistema fechado com recirculação.

Tabela 14: Impacto do ciclo de vida associado à produção de 1 kg de camarão, cultivado em sistema superintensivo com bioflocos e com fertilização controlada (FC) e total (FT).

Categoria de impacto	FC	FT	CAO et al., (2011)*	SUN (2009)*
Depleção abiótica (kg Sb eq.)	1,90E-05	4,82E-05		
Aquec. global (GWP100a) (kg CO ₂ eq.)	40,997	107,240	5,280	0,006
Dep. camada de ozônio (ODP) (kg CFC-11 eq.)	1,38E-06	3,20-06		1,66E-06
Acidificação (kg SO ₂ eq.)	0,140	0,313	0,043	0,050
Eutrofização (kg PO ₄ eq.)	0,120	0,248	0,063	

* adaptado à unidade funcional de 1 kg de camarões.

O valor do impacto ambiental calculado difere do valor observado por Cao et al. (2011) e Sun (2009), em função das diferenças entre as fronteiras dos sistema de produto avaliados.

Fronteiras de sistema diferentes, necessariamente implicam em diferenças entre os fatores de impacto que contribuem para a quantificação do impacto ambiental.

Independente do tipo de fertilização realizada, a energia elétrica e o transporte de insumos foram os fatores que mais influenciaram no resultado obtido (Figura 18).

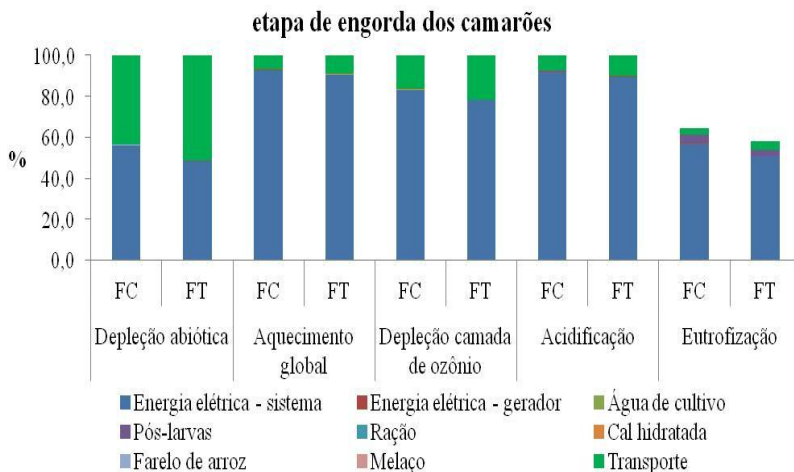


Figura 18: Relação entre os fatores e as categorias de impacto ambiental, na etapa de engorda do camarão marinho *L. vannamei* em sistema de bioflocos, com fertilização controlada (FC) e total (FT).

Em relação ao transporte, o resultado está associado principalmente, a queima de combustíveis fósseis nos veículos de transporte de cargas, onde esta atividade contribui com emissões na ordem de 200×10^6 t de CO_2 (MMA, 2011).

A maior contribuição deste fator em relação à categoria de impacto depleção abiótica, também está relacionada ao processo de industrialização dos veículos de carga, a partir da base de dados do Ecoinvent®.

Nos cultivos intensivos, a energia elétrica é primordial na manutenção dos sistemas de produção. A maior parte é usada para manter as partículas (bioflocos) em suspensão, além da manutenção dos níveis adequados de oxigênio dissolvido. Este foi o fator de impacto que mais representa o potencial de impacto ambiental, entre as categorias de impacto avaliadas pela ACV.

Segundo Piekarski et al., (2013), a maior contribuição ao potencial de aquecimento global, por exemplo, é referente à

produção de energia em hidroelétricas (60,03%), por gás natural (17,41%), a partir de derivados de petróleo (13,21%) e por carvão e derivados (8,40%).

A matriz energética brasileira responde pela emissão de 115 kg CO₂ MWh⁻¹ segundo EPE, (2014).

Em termos quantitativos, neste estudo, a energia elétrica necessária para a produção de 1 kg de camarão nos sistema superintensivo controlando a fertilização com melaço foi muito superior ao cultivo onde esta prática não foi realizada (Figura 19).

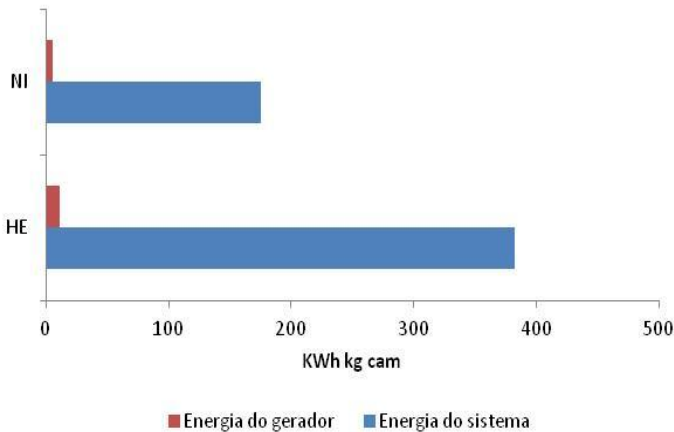


Figura 19: Demanda de energia elétrica para a produção de 1 kg de camarão *L. vannamei* em sistema superintensivo com bioflocos, cultivado em meio nitrificante e heterotrófico.

Um dos fatores que também contribuiu para este resultado foi à baixa sobrevivência observada neste tipo de cultivo.

O descarte de efluentes durante os cultivos ocorreu durante as fases de engorda e despesca dos camarões.

A decomposição do alimento não digerido e a excreção dos animais cultivados são alguns dos fatores que caracterizam o efluente durante os cultivos (Pereira & Mercante, 2005).

No cultivo onde foi realizado o controle da fertilização (FC), a contribuição da etapa de engorda, ao potencial de impacto ambiental relacionado à eutrofização ambiental, foi de 62,62%. No cultivo com fertilização total (FT), este percentual foi de 74,85%.

Na despesa, estes percentuais foram de 37,26% no cultivo com controle da fertilização e 25,09%, onde foi praticada a fertilização total.

O descarte de efluentes ocorreu nestas duas etapas, com a remoção dos sólidos suspensos nos decantadores (água residual/lodo) e da água do cultivo, ricos em compostos nitrogenados e fosfatados.

Assim como nos estudos de Cao et al., (2011), o resultado final está relacionado aos fatores de impacto contribuintes de cada categoria.

Uma forma de mitigar este impacto da utilização de energia elétrica, por exemplo, é buscar fontes alternativas para este fator como, por exemplo, a energia eólica.

Conclusão

O controle da fertilização auxiliou na diminuição do impacto associado ao cultivo superintensivo de camarões marinhos em bioflocos.

A energia elétrica e o transporte de insumos foram os fatores de impacto que mais contribuíram com os resultados finais, em relação às categorias de impacto estudadas.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Camarões Marinhos, Fazenda Experimental Yakult e CICLOG (Grupo de Pesquisa em Análise do Ciclo de Vida) da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo apoio na condução deste estudo.

À FAPESC pelo apoio financeiro na execução das atividades.

Referências

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140 - 147, 2007.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p. 227 - 235, 1999.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040. (2009a). Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21. Rio de Janeiro.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –NBR ISO 14044. (2009b). Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 46. Rio de Janeiro.

APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association. Water Environmental federation, 20th ed. Washington, 1998.

BOYD, C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farms-level. **Aquaculture**, v. 226, p. 101-112, 2003.

CAO, L., DIANA J.S., KOELEIAN, G.A. Life cycle assessment of chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. **Environmental science & technology**, v. 45(15), p.6 531-6538, 2011.

DE SCHRYVER, P., CRAB, R., DEFOIRDT, T., BOON, N., VERSTRAETE, W., The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture, **Aquaculture**, v. 277, p. 125–137, 2008.

EBELING, J.M.; RISHEL, K.L.; WELSH, C.F.; TIMMONS, M.B. Impact of the Carbon/Nitrogen Ratio on Water Quality in Zero-Exchange Shrimp Production Systems. In: **Proceedings o the 5th International conference Recirculating Aquaculture** p. 1- 5. Virginia Tech University, Blacksburg, 2004.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **BEN – Balanço Energético Nacional 2014: Relatório síntese 2013**. EPE. 2013. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads>. Acesso em: 13 ago. 2014.

FRÓES, C., FÓES, G., KRUMMENAUER, D., BALLESTER, E., POERSCH, L.H., WASIELESKI, W.Jr. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Revista Atlântica**, v. 34(1), p.31 - 39, 2012.

GRASSHOFF, K.M., M. EHRHARDT, et al., Eds. **Methods of sea water analysis**. . Weinhein: Verlag. Chemie, p.417, 2 nd ed. 1983.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquaculture Engineering**, v.34, p. 344 - 363, 2006.

KUNRATH, M.A. **Avaliação nutricional do farelo de arroz desengordurado em suínos nas fases de crescimento e terminação utilizando o método de substituição e a análise de regressão.** 2010. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIGHTNER, D.V. Exclusion of Specific Pathogens for Disease Prevention in a Penaeid Shrimp Biosecurity Program. In: Lee, C-S., O'Bryen, P. J. editors. Biosecurity in Aquaculture Production Systems: Exclusion of Pathogens and Other Undesirables. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana 70803. United States, 2003.

MAIA E.P., MODESTO A.M., BRITO L.O., GALVEZ, A.O. Crescimento, sobrevivência e produção do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.17, nº 1, p. 15-19, 2012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários.** 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/.../163_publicacao27072011055200. Acesso em: 17 ago. 2014.

PEREIRA, L.P.F., & MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **B. Inst. Pesca**, v. 31 (1), p. 81 – 88, 2005.

PIEKARSKI, C. M., FRANCISCO A, C., LUZ, L. M., BASTIANI, J. A., ZOCHE, L. Aplicação da ACV na matriz

elétrica Brasileira: uma análise multi cenários em termos de mudança climática, qualidade de ecossistema, saúde humana e recursos. **Espacios**, v. 34(4), p. 9, 2013.

RAY, A.J, LEWIS, B.L, BROWDY, C.L, LEFFLER, J.W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an avaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, p. 89-98, 2010.

SAMOCHA, T,M, et al. Recent advances In Super-intensive Raceway Systems for Production of Markatable-Size *Litopenaeus vannamei* Under No Water Exchange. **The Practical Asian Aquaculture**, p. 20-23, 2011.

SCOPEL, B.R., SCHVEITZER, R., SEIFFERT, W.Q., PIERRI, V., ARANTES, R., VIEIRA, F.N., ARANA, L. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 8, p. 928-934, agosto, 2011.

Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool no Estado de Pernambuco. **INFORMAÇÕES TÉCNICAS: Tabela de Fatores de Conversão entre os Principais Produtos da Agro-Indústria da Cana-de-Açúcar**. Disponível em: http://www.sindicucar.com.br/produtos_cana_info_tecnicas.html, Acesso em: 28 mai. 2014.

SUN, W. **Life cycle assessment of indoor recirculating shrimp aquaculture system**. Dissertação (Mestrado) – University of Michigan, Ann Arbor. 2009, 58p. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu>. Acesso: 10 jun. 2014.

VINATEA, L., GALVEZ, A.O., BROWDY, C.L., STOKES, A., VENERO, J., HAVEMAN, J., LEWIS, B.L., LAWSON,

A., LEFFLER, J.W.. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero exchange: Interaction of water quality variables. **Aquac. Eng.**, v. 42 (1), p. 17-24, 2010.

CAPÍTULO IV

Pegada de carbono durante o cultivo de camarões marinhos

Frank Belettini¹, Luis Vinatea Arana¹

¹ Laboratório de Camarões Marinhos - LCM, Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, SC. E-mail: belettini@posgrad.ufsc.br, luis.vinatea@ufsc.br

Resumo – Um inventário do ciclo de vida foi realizado durante o cultivo comercial semi-intensivo e superintensivo de camarões marinhos, desde a preparação do viveiro até a despesca dos camarões, para determinar a pegada de carbono, utilizando a metodologia da análise do ciclo de vida. Entradas e saídas associadas à produção de 1 kg de camarões, foram avaliadas pelo método CML-1A baseline, V3.01 EU25, Software SimaPro[®] 8.0.2, para a categoria de impacto aquecimento global, medido em kg de CO₂ eq. Durante os cultivos, a etapa de engorda foi a que mais contribuiu ao resultado final, sendo o cultivo superintensivo, o que apresentou a maior pegada de carbono, 47,9967 kg de CO₂ eq., enquanto que no cultivo semi-intensivo este valor foi de 1,002 kg de CO₂ eq. Os fatores de impacto mais expressivos foram o uso de energia elétrica (93%) e o uso de recursos naturais (86%), respectivamente.

Termos para indexação: *Litopenaeus vannamei*, análise do ciclo de vida, impacto ambiental, cultivo semi-intensivo, cultivo superintensivo.

Introdução

A pesca e a aquicultura, dentre outros fatores, são atividades que interferem na gestão dos recursos naturais no âmbito local e regional (FAO 2013).

Segundo a FAO (2009), os alimentos aquáticos tem alto valor nutricional, são importantes para a alimentação, abastecimento, segurança alimentar e geração de renda, ao mesmo tempo em que contribuem para emissões de gases de efeito estufa, ainda que, muitas vezes, isto seja subestimado.

As mudanças climáticas tem se mostrado um desafio sem precedentes, devido ao aumento das concentrações de CO₂ e de outros gases de efeito estufa, resultantes da atividade humana (FAO, 2013).

Os impactos ambientais globais causados pelos sistemas de produção aquícola, tem despertado interesse cada vez maior, a nível mundial, dos consumidores, de organizações ambientais e da própria indústria (Ziegler et al., 2012).

Os viveiros de aquicultura podem funcionar como mitigadores deste impacto, sequestrando carbono, mas, segundo Boyd (2010), isto não é considerado.

Conceitualmente, “pegada de carbono” mede a quantidade total das emissões de gases de efeito estufa causadas diretamente e indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto (Sykes, 2011).

Uma forma de calcular a pegada de carbono é através da metodologia de análise do ciclo de vida, que mede o potencial de aquecimento global, em kg de CO₂ equivalente.

Indicadores agro ambientais são ferramentas quantitativas que ajudam a avaliar o estado e as tendências ambientais, facilitando a identificação de medidas eficazes e soluções gerenciais, evitando danos ao solo, água, degradação do ar e perda de biodiversidade (FAO, 2013).

Este estudo foi conduzido para avaliar a pegada de carbono, durante as etapas de cultivo de camarões marinhos,

nos sistemas de produção semi-intensivo e superintensivo com bioflocos.

Materiais e Métodos

Cultivos comerciais semi-intensivos e superintensivos de camarões marinhos com a espécie *Litopenaeus vannamei*, foram realizados na Fazenda Experimental Yakult e no Laboratório de Camarões Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina.

A densidade praticada foi de 15,5 camarões/m² no sistema semi-intensivo e 184 camarões/m² no cultivo superintensivo.

Os cultivos foram conduzidos até que os camarões atingissem o tamanho comercial na despesca de 12g.

Análise do Ciclo de Vida

O sistema de produto camarões marinhos, foi avaliado em dois cenários de produção: superintensivo e semi-intensivo, aplicando-se a metodologia de gestão ambiental Análise do Ciclo de Vida, regulamentada pelas normas NBR ISO 1440 e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009a e 2009b).

A fronteira do sistema compreendeu todas as entradas e saídas, desde a etapa de preparação dos cultivos até a despesca dos camarões.

A unidade funcional definida para a análise do ciclo de vida, nos sistemas de produto, corresponde à produção de 1 kg de camarões marinhos, com peso médio na despesca de 12g.

Inventário da Análise do Ciclo de Vida

Os dados primários levantados para o inventário foram obtidos diretamente dos sistemas de cultivo e posteriormente ajustados à unidade funcional, considerando-se à necessidade dos insumos utilizados, o uso de recursos naturais e a energia elétrica utilizada.

Em relação ao maquinário agrícola usado na preparação dos viveiros do cultivo semi-intensivo, foram utilizados dados secundários da base de dados Ecoinvent[®], que considera a fabricação e utilização de um trator agrícola em unidade de massa (kg), em função da sua vida útil e da quantidade de horas utilizadas durante o cultivo dos camarões.

Entradas do sistema relacionadas aos insumos cal hidratada, o farelo de arroz e o melaço de cana, no sistema superintensivo, foram calculados a partir da base de dados disponível no Software SimaPro[®] 8.0.2, modificados apropriadamente às condições do local de estudo.

A quantidade de melaço usada no ICV se deu pela da aplicação do índice de conversão do açúcar a melaço (Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool, PE, Brasil); em relação à quantidade do farelo de arroz, foi aplicado o índice da produção de subprodutos da industrialização do arroz (Kunrath, 2010).

Para o transporte, considerou-se a distância (km) entre a localização das unidades produtoras dos insumos e a unidade onde os cultivos de camarões foram conduzidos.

Dados secundários relacionados ao uso de gerador elétrico e dos materiais de despesca, foram utilizados da base de dados Ecoinvent[®] e adaptados às condições do estudo.

A quantidade de nutrientes, gases e sólidos suspensos liberados do sistema foi determinada a partir da concentração (mg/L) destes elementos na água residual, em função das análises do efluente liberado.

Processos de fabricação de 1000 kg de ração (com diferentes teores de proteína), a partir das entradas e saídas descritas por Sun (2009), foram construídos por meio do Software SimaPro[®] 8.0.2, específico para modelagem e gestão de dados de ICV.

Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

A pegada de carbono foi determinada a partir do cálculo do potencial de aquecimento global, utilizando o método CML-1A baseline, V3.01 EU25, Software SimaPro[®] 8.0.2, medido em kg de CO₂ eq.

A caracterização do impacto neste método é feita a partir da identificação e caracterização das substâncias causadoras de impacto, em relação às categorias de impacto.

Resultados e Discussão

O tamanho comercial na despesca foi obtido com 114 dias no cultivo semi-intensivo (12,5g) e 78 dias no cultivo superintensivo (12 g).

Os parâmetros de qualidade de água e o desempenho zootécnico dos camarões estiveram de acordo com os padrões descritos para a espécie (Maia et al., 2012; Scopel et al., 2011; Santos & Mendes, 2007).

As quantidades calculadas de CO₂ equivalentes, emitidas durante as etapas de preparação dos viveiros, engorda e despesca dos camarões, podem ser vistas na Tabela 13.

Tabela 15: Kg de CO₂ eq. durante o cultivo de camarões marinhos em sistema semi-intensivo e superintensivo com bioflocos.

Materiais	Superintensivo	Semi-intensivo
<i>Entradas infraestrutura (preparo)</i>		
Uso de água	0,0041	0,3019
Madeira	-	0,0009
Calcário	-	0,0141
Ureia	-	0,0386
Super fosfato triplo	-	0,0014
Maq. agrícola	-	0,0197
Transporte	-	0,0425
<i>Entradas operacional (engorda)</i>		
Camarão cultivado	-	0,0170
Uso de água	3,6906E-06	0,4832
Energia elétrica superintensivo	44,5268	-
Energia elétrica gerador	0,0875	0,0009
Energia elétrica aerador	-	0,0499
Pós-larvas – juvenis	0,0093	0,0084
Ração – alimento	3,1683E-05	1,7429E-06
Cal hidratada	0,0234	-
Melaço de cana	3,1828E-06	-
Farelo de arroz	0,0096	-
Transporte	3,3360	-
Maquinário agrícola	-	0,0055
<i>Entradas despesca</i>		
Camarão despescado		0,022
Equipamentos despesca (rede, caixas despesca, balaios)	-	- 0,0018
kg CO₂ equivalente total	47,9967	1,0042

Neste estudo, o maior valor em relação à pegada de carbono foi verificado no cultivo de camarões em sistema superintensivo.

Cao et al., (2011) observou valores para pegada de carbono no cultivo intensivo de camarões marinhos, de 5,28 kg de CO₂ eq. e 2,75 kg de CO₂ eq. em sistema semi-intensivo.

Embora a pegada de carbono calculada esteja abaixo do reportado por estes autores em relação ao cultivo semi-

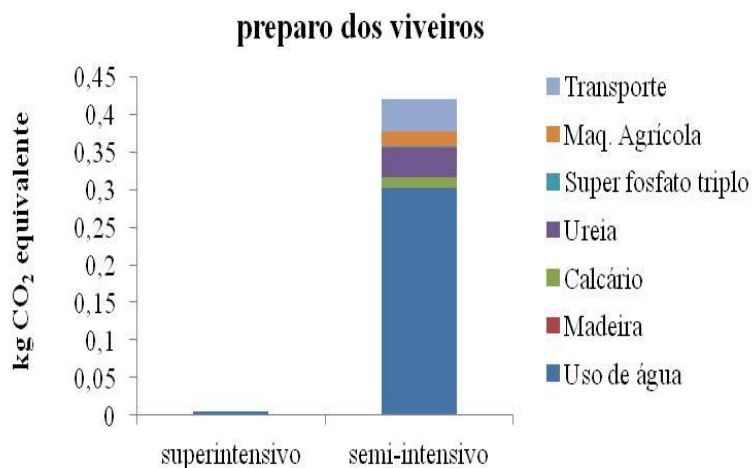
intensivo (1,0042 kg de CO₂ eq.), no cultivo superintensivo, o valor foi muito superior (47,9967 kg de CO₂ eq.).

As contribuições mais expressivas ao resultado final na avaliação de Cao et al., (2011) ficaram por conta do uso de energia elétrica, fertilizantes e produção das pós-larvas usadas no sistema semi-intensivo.

No cultivo intensivo, segundo estes mesmos autores, os fatores de impacto que mais contribuíram foram à produção de alimentos, produção de pós-larvas e fertilizantes (burnt lime) no cultivo intensivo.

Diferente do observado por estes autores, no presente estudo, a contribuição mais expressiva foi relacionada à energia elétrica (92,77%) e ao transporte (6,95%), no sistema superintensivo; e ao uso da água e da energia elétrica, necessária aeração dos viveiros no cultivo semi-intensivo (Figura 19).

A necessidade de energia elétrica para bombear os grandes volumes necessários no cultivo semi-intensivo e para aerar os cultivos (93,15%), fazem deste fator de impacto, um aspecto importante na caracterização do resultado, devido as emissões oriundas da produção de energia elétrica no Brasil.



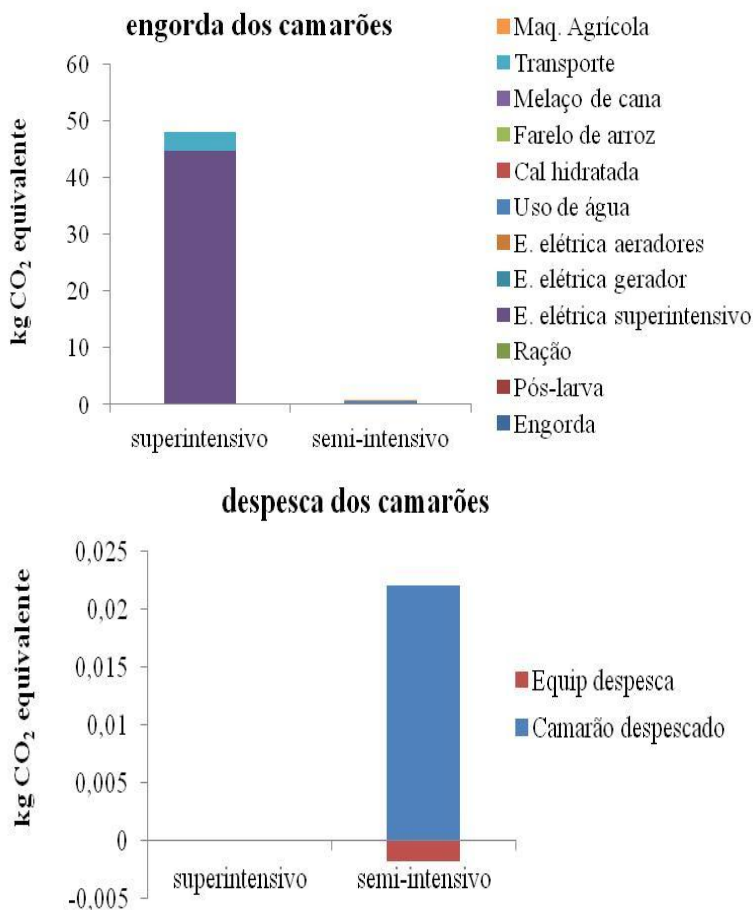


Figura 20: Contribuição dos fatores de impacto ao resultado da emissão de gases de efeito estufa, da produção de 1 kg de camarões marinhos durante a engorda em sistema semi-intensivo e superintensivo.

Menores contribuições também foram verificadas no cultivo semi-intensivo: transporte (4,23%) e uso de fertilizantes (5,39%).

Nos cultivos superintensivos a energia elétrica, durante a engorda, está associada à oxigenação da água e manutenção das partículas em suspensão, durante os cultivos com bioflocos.

A maior participação da energia nos sistemas estudados é corroborada pelos estudos de Sun (2009), sobretudo nos cultivos intensificados, onde somente o bombeamento de água foi responsável por 59% do consumo de energia necessária a produção dos camarões, nos sistemas com recirculação por ele avaliados e de Mungkung et al., (2006) que também observou a maior contribuição da energia elétrica, na engorda dos camarões.

Grande parte do resultado obtido, independente do sistema de produção avaliado, deve ser atribuída aos processos de produção e fornecimento da energia elétrica da matriz energética brasileira, responsável pela emissão de 115 kg CO₂ MWh⁻¹ (EPE, 2014).

Segundo Piekarski et al., (2013), a maior contribuição ao potencial de aquecimento global é referente à produção de energia em hidroelétricas (60,03%), por gás natural (17,41%), a partir de derivados de petróleo (13,21%) e por carvão e derivados (8,40%).

Este fator, em outras espécies de cultivo, como o salmão em sistema fechado (Ayer & Tyedmers, 2009) e de truta em recirculação (Roque d'Orbcastel et al., 2009), também desempenha papel importante no potencial de aquecimento global calculado.

Em relação ao transporte, o resultado está associado principalmente, a queima de combustíveis fósseis nos veículos de transporte de cargas, onde esta atividade contribui com emissões na ordem de 200 x10⁶ t de CO₂ (MMA, 2011).

Quando comparado a outras fontes de produção de gases de efeito estufa, por exemplo, a produção de alimentos vindos da aquicultura: 3-15 kg CO₂ eq./kg (Nidjan et al., 2012), ou relacionados à pesca do atum: 3,830 kg CO₂ eq./ton de atum (Tyedmers & Parker, 2012), sejam hora próximos ou muito

distantes, estudos nesta área são necessários, a fim de melhor entender a metodologia de análise do ciclo de vida na aquicultura, sobretudo, que envolvam a carcinocultura.

Conclusão

O fator de impacto que mais contribuiu ao resultado foi o uso de energia elétrica, necessária para a manutenção dos bioflocos em suspensão e do oxigênio em níveis aceitáveis para a engorda de camarões nos cultivos intensivos e no bombeamento do grande volume de água usado nos sistemas semi-intensivos.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Camarões Marinhos e da Fazenda Experimental Yakult, da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo apoio na condução deste estudo.

À FAPESC pelo apoio financeiro na execução das atividades.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040. (2009a). Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21. Rio de Janeiro.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -NBR ISO 14044. (2009b). Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 46. Rio de Janeiro.

AYER, N.W., & TYEDMERS, P.H. Assessment alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canad. **Journal of Cleaner Production**, v.17, p. 362 – 373, 2009.

BOYD, C.E.; WOOD, C.W.; CHANEY P.L.; QUEIROZ J.F. Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. **Environmental Pollution**, v.158, p 2537-2540, 2010.

CAO, L., DIANA J.S., KOELEIAN, G.A. Life cycle assessment of chinese shrimp farming systems targeted for export and domestic sales. **Environmental science & technology**, v. 45(15), p.6 531-6538, 2011.

d'ORBCASTEL, E.R., BLANCHETON, J-P., AUBIN, J. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming using Life Cicle Assessment. **Aquaculture Engineering**, v. 40, p. 113 – 119, 2009.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **BEN – Balanço Energético Nacional 2014: Relatório síntese 2013**. EPE. 2013. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads>. Acesso em: 13 ago. 2014.

FAO – Climate change implications for fisheries and aquaculture. 2009. Technical paper, n°530. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0994e/i0994e00.htm>. Acesso em: 12 ago. 2014.

FAO – World food and agriculture. FAO Statistical Yearbook, Roma, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>. Acesso em 05 nov. 2014.

KUNRATH, M.A. **Avaliação nutricional do farelo de arroz desengordurado em suínos nas fases de crescimento e terminação utilizando o método de substituição e a análise de regressão.** 2010. 72p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MAIA E.P., MODESTO A.M., BRITO L.O., GALVEZ, A.O. Crescimento, sobrevivência e produção do *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.17, nº 1, p. 15-19, 2012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários.** 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/.../163_publicacao27072011055200. Acesso em: 17 ago. 2014.

MUNGKUNG, R. T.; UDO de HAES, H. A.; CLIFT, R. Potentials and limitations of life cycle assessment in setting ecolabelling criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. **International Journal of Life-Cycle Assessment**, v. 11, p. 55–59, 2006.

NIJDAM, D., ROOD, T., WESTHOEK, H. The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. **Food Policy**, v. 37 (6), p. 760-770, 2012.

PIEKARSKI, C. M., FRANCISCO A, C., LUZ, L. M., BASTIANI, J. A., ZOCHE, L. Aplicação da ACV na matriz elétrica Brasileira: uma análise multi cenários em termos de mudança climática, qualidade de ecossistema, saúde humana e recursos. **Espacios**, v. 34(4), p. 9, 2013.

SANTOS, B.L da S. & MENDES P de P. Análise estatística das variáveis de cultivo do camarão-cinza *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931). **Rev. Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 2(1), p. 128-142, janeiro, 2007.

SCOPEL, B.R., SCHVEITZER, R., SEIFFERT, W.Q., PIERRI, V., ARANTES, R., VIEIRA, F.N., ARANA, L. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 8, p. 928-934, agosto, 2011.

Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Pernambuco. **INFORMAÇÕES TÉCNICAS: Tabela de Fatores de Conversão entre os Principais Produtos da Agro-Indústria da Cana-de-Açúcar**. Disponível em: http://www.sindicucar.com.br/produtos_cana_info_tecnicas.html, Acesso em: 28 mai. 2014.

SUN, W. **Life cycle assessment of indoor recirculating shrimp aquaculture system**. Dissertação (Mestrado) – University of Michigan, Ann Arbor. 58p. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu>. Acesso: 10 jun. 2014.

SYKES, J. **Introdução à pegada de carbono**. 2011. MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br/.../3_introduction_to_carbon_footprinting_255pdf. Acesso: 18 ago. 2014.

TYEDMERS, P.H. & PARKER, R. **Fuel consumption and greenhouse gas emissions from global tuna fisheries: A preliminary assessment**. ISFF, Technical Report, 2012-03. International Seafood Sustainability Foundation, McLean, Virginia, USA, 2012.

ZIEGLER, F.; WINTHER, U.; HOGNES, E.S.; EMANUELSON, A.; SUND, V.; ELLINGSEN, H. The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17 (1), p. 103-116, 2012

5 CONCLUSÃO GERAL

a) A metodologia da análise do ciclo de vida é uma ferramenta importante na avaliação ambiental dos sistemas de produção estudados, capaz de identificar e quantificar situações problemáticas durante os processos, auxiliando na tomada de decisões por parte dos gestores do processo produtivo;

b) Os resultados oriundos da aplicação desta metodologia podem ser utilizados para comparar diferentes tecnologias de produção, produtos, ou áreas de produção;

c) Nos cultivos de camarões marinhos em sistema semi-intensivo, o consumo de recursos naturais, no caso a água, e o efluente liberado na despesca, caracterizaram de forma mais evidente o impacto ambiental. Nos cultivos superintensivos, isto ficou mais evidente em relação à energia elétrica e também em relação ao efluente liberado;

d) A intensificação do processo de produção aumentou de forma considerável o impacto ambiental associado, sobretudo em relação à pegada de carbono;

e) A adoção de boas práticas de manejo durante os cultivos e utilização de produtos oriundos de tecnologias de produção mais limpa, são estratégias que podem reduzir o impacto ambiental associado ao cultivo de camarões marinhos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de análise do ciclo de vida é ferramenta ainda pouco usada para avaliar sistemas de produção aquícolas. A grande maioria dos poucos estudos relacionados ao tema, a partir do ano 2000, e em relação ao cultivo de camarões marinhos, isto é ainda mais evidente.

Os resultados da aplicação desta metodologia são definidos a partir da delimitação das fronteiras do sistema a ser avaliado, que muitas vezes, por falta de informações ou metodologias adequadas a execução de um inventário do ciclo de vida mais abrangente, inibe as pesquisas e a caracterização do impacto ambiental atribuída à unidade funcional, limitada ao critério do pesquisador.

Além disto, a caracterização ambiental é definida a partir de uma base de dados mundial, constantemente atualizada, mas que muitas vezes não se adéquam a realidade local ou regional de produção de alguns sistemas de produto.

Estas situações geográficas regionais ou locais não permitem a padronização da metodologia e o impacto ambiental resultante é dependente do impacto, muitas vezes, oriundos da produção de energia elétrica, da queima de combustíveis fósseis, da própria extração de recursos que somados a diversidade de espécies e tecnologias de cultivo, levam a interpretações não muito conclusivas.

É certo, porém, que a análise do ciclo de vida promove uma observação mais detalhada de todo o processo de produção e os pontos críticos, através de uma visão sistêmica, capaz de integrar todas estas diversidades.

7 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040. (2009a). Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21. Rio de Janeiro.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR ISO 14044. (2009b). Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 46. Rio de Janeiro.

APHA (American Public Health Association). **American Public Health Association, and Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th ed.** American Public Health Association, Washington DC, USA, 1998.

ARVANITOYANNIS, I.S. ISO 14040. Life Cycle Assessment (LCA) – Principles and Guidelines. In: **Waste Management for the Food Industries**, p. 98-132, 2008.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, United States, 2009.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p. 227 - 235, 1999.

BELETTINI, Frank et al. Uso de pós-larvas de camarões marinhos SPF em Santa Catarina: primeiros resultados positivos. **Panorama da Aquicultura**, Botafogo, RJ, v.20, n.118, p. 42-45, mar. 2010.

BORGHETTI, J. R. & SILVA, U. A. T. Principais Sistemas produtivos empregados comercialmente. In: Ostrensky, A.; Borghetti, J. R.; Soto, D. (Orgs.) **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília. (2) 73-94 pp. 2008.

BOYD, C. E.; & MASSAUT, L. Risk associated with the use of chemicals in pond aquaculture. **Aquaculture Engineering**, v.20, p. 113-132, 1999.

BOYD, C. E.; WOOD, C. W.; CHANEY P. L.; QUEIROZ J. F. Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. **Environmental Pollution**, v.158, p 2537-2540, 2010.

CAO, L. **Farming shrimp for the future: a sustainability analysis of shrimp farming in China**. Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Natural Resource and Environment) University of Michigan, EUA. 159 p. 2012.

CAMARGO, S. G. O. & POULEY, J. L. O. F. Aquicultura - um mercado em expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.11, n.4, p. 393-396, 2005.

CAVALETT, O., de QUEIROZ, J. F. and ORTEGA, E. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. **Ecol. Mod.**, v. 193, p. 205-224, 2006.

CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H.; PEIXOTO, S. Sistemas de cultivo aquícolas costeiros no Grande do Sul. In: BARROSO, G. F.; POERSCH, L. H.; CAVALLI, R. O. (Orgs). **Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e socioeconômicos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 316 p. 2007.

CHAMBERLAIN, G. History of shrimp farming. In: ALDAY-SANZ, V. (Ed). **The Shrimp Book**. Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 1-34.

CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial ISO 14040**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., CNI, 1997.120p.

COSTA, S. W. et al. Caracterização do cultivo de camarões no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAq (CD Room). Florianópolis, 2000.

COSTA, S.W. **Aquicultura no estado de Santa Catarina: situação atual e perspectivas**. Revista da ABCC, v 12, p. 49-50, 2010.

DAVIDSON, J. e S. T. SUMMERFELT. Solids removal from a coldwater recirculating system--comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. **Aquacultural Engineering**, v.33, n.1, p.47-61. 2005.

DIANA, J.S. 2009. Aquaculture production and biodiversity conservation. **BioScience**, v. 59, p. 27-38. 2009.

EBELING, J. M.; RISHEL, K. L.; WELSH, C. F.; TIMMONS, M. B. Impact of the Carbon/Nitrogen Ratio on Water Quality in Zero-Exchange Shrimp Production Systems. In: **Proceedings o the 5th International conference Recirculating Aquaculture** p. 1- 5. Virginia Tech University, Blacksburg, 2004.

FAO – **El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA)**, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/es>. Acesso: 01 nov.2014.

FAO – Climate change implications for fisheries and aquaculture. 2009. Technical paper, n°530. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0994e/i0994e00.htm>. Acesso: 12 ago. 2014.

FAO. **FishStat Plus: Universal software for fishery statistical time series**, 2010. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en>. Acesso: 03 abr. 2011.

FERREIRA, J.V.R. Análise do ciclo de vida de produtos. 2004. Disponível em: <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/jvf/>. Acesso: 20 fev. 2014.

FROTA, I. L. N. Desenvolvimento regional por meio dos clusters: o caso da indústria do camarão no nordeste. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA E PRODUÇÃO, 13., 2006. Bauru. **Anais...** Bauru, Brasil, 2006.

GRASSHOFF, K. M., M. EHRHARDT, et al., Eds. **Methods of sea water analysis**. Weinhein: Verlag. Chemie, p.417, 2nd ed. 1983.

GRIGORAKIS, K. & RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of mediterranean mariculture. **Chemosphere**, v.85 (6), 899, 2011.

HARDY, R., W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770-776, 2010.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquaculture Engineering**, v. 34, p.344 -363, 2006.

HENRIKSSON, P.J.G.; GUINNÉ, J.B.; KLEIJN, R.; SNOO, G. R de. Life cycle assessment of aquaculture systems - a review of methodologies. **Int J Life Cycle Assess.** March, vol 17, pp 304–313, 2012.

HENRY-SILVA, G.G. and CAMARGO, A.F.M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, v.63(5), p. 417-513, 2006.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 174 p. 2008.

IRIBARREM, D.; VÁZQUEZ-ROWE I.; HOSPIDO A.; MOREIRA M.T.; FEIJOO G. Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). **Science of the Total Environmental**, v 408, p. 5284-5294, 2010.

LIGHTNER, D. V. Exclusion of Specific Pathogens for Disease Prevention in a Penaeid Shrimp Biosecurity Program. In: LEE, C-S., O'BRYEN, P. J. editors. Biosecurity in Aquaculture Production Systems: Exclusion of Pathogens and Other Undesirables. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana 70803. United States, 2003.

MAGALHÃES, M.E.S., **Cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em sistema multifásico**. 2004. 58 f.

Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura), Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2004.

McABEE, B.; BROWDY, C.; RHODES, R.; STOKES, A. The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the super-intensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. **Global Aquaculture Advocate**, v. 6, n. 3, p. 40-43, 2003.

MENDES, P de P. **O agronegócio do camarão**. Associação Brasileira de Zootecnistas, 2008. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/palestras/4178-Agronegocio-Camaro.html>, Acesso: 24 fev. 2012.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da pesca e Aquicultura**. 2011.

MUNGKUNG, R. T.; UDO de HAES, H. A.; CLIFT, R. Potentials and limitations of life cycle assessment in setting ecolabelling criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. **International Journal of Life-Cycle Assessment**, v. 11, p. 55–59, 2006.

MUNGKUNG, R. T. **Shrimp aquaculture in Thailand: application of life cycle assessment to support sustainable development**. 2005. Tese. Center for Environmental Strategy, University of Surrey. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.107%2F11367-011-0369-4#page-1>. Acesso: 07 nov. 2014

NAYLOR, L.; GOLDBURG, R.B., PRIMAVERA, J.H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H. & TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v.405, p. 1017-1024, 2000.

NEW, M. B. Responsible aquaculture is this a special challenge for developing countries? **World Aquaculture**, v. 34 (3), p. 26, 2003.

PAPATRYPHON E, PETIT J, KAUSHIK S.J, van der Werf H.M.G. Environmental impact assessment of salmonid feeds using life cycle assessment (LCA). **Ambio**, v. 33, p.316–323, 2004.

PAZ, M.F.; De LUCA, S. J.; SHINMA, E. A. Desenvolvimento sustentável e a qualidade das águas de efluentes de sistemas aquícolas. **In:** 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, MS, 2005.

PELLETIER, N. TYEDMERS, P.H. A life cycle assessment of frozen Indonesian tilapia fillets from lake and pond-based production systems. **J. Ind. Ecol.**, v. 14, p. 467-481, 2010.

PEREZ-FARFANTE, I., KENSLEY, B. Penaeid and Sergestoid shrimps prawns of the world. Keys and diagnoses for the Families and Genera. **Mem. Mus. Natu. Hist. Nat.**, v. 175, p. 1-123, 1997.

PRÉ CONSULTANTS (Product ecology consultants). **About Simapro.** 2011. Disponível em: <http://www.pre.nl/content/simapro-Ica-software>. Acesso: 14 abr. 2011.

ROCHA, I. P. Carcinicultura Brasileira: Realidade, Desafios e Perspectivas. **Panorama da Aquicultura.** Rio de Janeiro, vol. 100, mar/abr, 2007.

RÖÖS, E.; SUNDBERG, C.; TIDAKER, P.; HANSSON Per-Anders. Can carbon footprint serve as an indicator of environmental impact of meat production? **Ecological Indicators**, v. 24, p 573-581, 2013.

ROY, P., DAISUKE, N., ORIKASA, T., X.U, Q., OKADOME, H., NAKAMURA, N., SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of Food Engineering**, v.90, p.1-10, 2009.

RUVIARO, C.F., GIANEZINI, M., BRANDÃO, F.S., WINCK, C.A., DEWES, H. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **J Clean Prod**, v. 28, p. 9-24, 2012.

SAMOCHA, T.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A.; BURGER, J.; ALMEIDA, R.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. Use of molasses as a carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *L. vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, p. 184-191, 2007.

SAMUEL-FITWI B., WUERTZ, S., SCHROEDER, J.P., SCHULTZ, C. Sustainability assessment tools to support aquaculture development. **Journal of Clear Production**, v.32(1), p. 183-192, 2012.

SCOPEL, B.R., SCHVEITZER, R., SEIFFERT, W.Q., PIERRI, V., ARANTES, R., VIEIRA, F.N., ARANA, L. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 8, p. 928-934, agosto, 2011.

SEIFFERT, W.; COSTA, S. W.; MAGGIONI, D. A mancha branca em Santa Catarina. **Revista panorama da Aquicultura**, v. 15, p. 51-53, 2005.

ShEST, Shrimp EST Genome Project. **O cultivo do camarão marinho**. 2007. Disponível em: <http://www.shrimp.ufscar.br/historico/cultivo.php>. Acesso: 13 abr.2011.

SONESSON U, MATTSSON B, NYBRANT T, OHLSSON T. Industrial processing versus home cooking: an environmental comparison between three ways to prepare a meal. **Ambio**, v. 34, p. 414-421, 2005.

SUPPEN, N.; ABITIA, A.R. Evaluación del impacto del ciclo de vida: Elementos de guía y algunas consideraciones metodológicas para México. In: CALDEIRAS-PIRES, A; SOUZA -PAULA, M. C. de; VILLAS BÔAS, R. C.(Org.). **Avaliação do ciclo de vida: A ISO 14040 na América Latina**. Brasília: Abipti, 2005. Cap. 3. p. 89 -117, 337 p. ISBN 85-89263-04-5.

TRAN, L.; NUNAN, L.; REDMAN, R.M.; MOHNEY, L.L.; PANTOJA, C.R.; FITZSIMMONS, K.; LIGHTNER, D.V. Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. **Diseases of Aquatic Organisms**, v.105, p. 45-55, 2013.

VALENTI, W. C. et al. **Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável**. Editor: Wagner Cotroni Valenti. Brasília: CNPq/ Ministério da Ciência e Tecnologia. 399p. 2000.

VALENTI, W.C. A aquicultura Brasileira é sustentável? **Aquicultura & Pesca**, v.34(4), p.36-44, 2008.

VALENTI, W.C. Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura. Revista Panorama da Aquicultura. Disponível em: [HTTP://www.panoramadaaquicultura.com.br.../MetodosMedirSustentabilidade](http://www.panoramadaaquicultura.com.br.../MetodosMedirSustentabilidade) , pp. 8. 2010.

VINATEA, L V. Aquicultura e desenvolvimento sustentável - subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

VINATEA, L. A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. rev. e amp. - Florianópolis: Editora da UFSC, 2004. 231 p.

ZIEGLER, F.; WINTHER, U.; HOGNES, E.S.; EMANUELSON, A.; SUND, V.; ELLINGSEN, H. The carbon footprint of Norwegian seafood products on the global seafood market. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17 (1), p. 103-116, 2012.